



LPPM

PROSIDING

Seminar Nasional Sains dan Teknologi
Volume 6 (2024)

“Inovasi Riset Sains dan Teknologi
Menuju Indonesia Emas 2045”

**LEMBAGA PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT**

UNIVERSITAS MATARAM

lppm.unram.ac.id

Jl. Pendidikan No.37,
Mataram, NTB.
Tlp. (0370) 641552, 638265.
Fax. (0370) 638365.
E-mail: lppm@unram.ac.id

RANCANG BANGUN SISTEM START UP PESANTREN ALAM SAYANG IBU (PAMSI) SEBAGAI PENUNJANG WIRAUSAHA MANDIRI BAGI SANTRI

Nadiyahari Agitha, Budi Irmawati, Royana Afwani, Sri Endang Anjarwani, Dwi Ratnasari
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: nadiya@unram.ac.id

ABSTRAK

Start-up adalah teknologi inkubasi yang didirikan oleh beberapa orang atau lebih untuk mendapatkan keuntungan. Perkembangan start-up di Indonesia berkembang dengan pesat. Perkembangan start-up juga memasuki ranah Pondok Pesantren Begitu pula yang terjadi pada Pondok Pesantren Alam Sayang Ibu (PAMSI), Dasan Geriya, Lingsar Lombok Barat. PAMSI memiliki visi menjadi salah satu pesantren yang islami, professional, unggul, berwawasan lingkungan dengan kultur riset kewirausahaan secara menyeluruh dan berkelanjutan. Hal ini terbukti dengan adanya lebih dari 23 (dua puluh tiga) jenis barang dan jasa yang telah diwujudkan oleh para santri PAMSI. Jenis usaha santri yang mencakup barang dan jasa terbagi lagi menjadi beberapa kategori yaitu usaha makanan, minuman dan kreasi santri. Salah satu contohnya adalah Kopi dari Kacang hijau, Masker Kefir, Yoghurt dari bunga Telang, Abon ares (pelepeh pisang), Kaktus hampers, Kotak mewarnai dan masih banyak produk yang dihasilkan serta dapat berdaya saing nasional maupun internasional. Berdasarkan hal tersebut diatas, diperlukan sebuah sistem berbasis website untuk dapat memfasilitasi santri untuk dapat berjualan dan memulai start-up berbasis pesantren. Website dipilih karena penggunaannya yang mudah, cepat dan terintegrasi dengan platform yang lain. Pembangunan sistem start-up menggunakan metode extreme programming (XP). XP juga memudahkan komunikasi antara user dengan pembuat sistem sehingga didapatkan user requirement yang memadai. Hasil pengujian menghasilkan kepuasan pengguna dalam menggunakan sistem start-up PAMSI.

Keyword: start-up, sistem, extreme programming, XP, Marketplace

1. PENDAHULUAN

Start-up adalah teknologi inkubasi yang didirikan oleh beberapa orang atau lebih untuk mendapatkan keuntungan (Lutfiani et al., 2020). Perkembangan start-up di Indonesia berkembang dengan pesat. Banyaknya perusahaan start up yang menjadi perusahaan unicorn start-up juga mendukung berkembangnya start-up di Indonesia. Perusahaan tersebut diantaranya adalah Gojek, Tokopedia dan Traveloka (Jaya et al., 2017). Perkembangan start-up ini membawa dampak baik bagi perekonomian Indonesia (Saputra et al., 2020).

Perkembangan start-up juga memasuki ranah Pondok Pesantren. Pondok pesantren menjadi salah satu tempat berkembangnya start-up atau perusahaan rintisan (Abdullah et al., 2020). Berkembangnya start-up dikarenakan pada Pondok pesantren terdapat berbagai kegiatan yang melatih para santri untuk dapat berwirausaha (Amalia & Faizah, 2022). Begitu pula yang terjadi pada Pondok Pesantren Alam Sayang Ibu (PAMSI), Dasan Geriya, Lingsar Lombok Barat. PAMSI memiliki visi menjadi salah satu pesantren yang islami, professional, unggul, berwawasan lingkungan dengan kultur riset kewirausahaan secara menyeluruh dan berkelanjutan. Berdasarkan visi tersebut, PAMSI menjadikan bakat dan minat dari

santri untuk disebar luaskan dengan menggunakan kewirausahaan. Hal ini terbukti dengan adanya lebih dari 23 (dua puluh tiga) jenis barang dan jasa yang telah diwujudkan oleh para santri PAMSI.

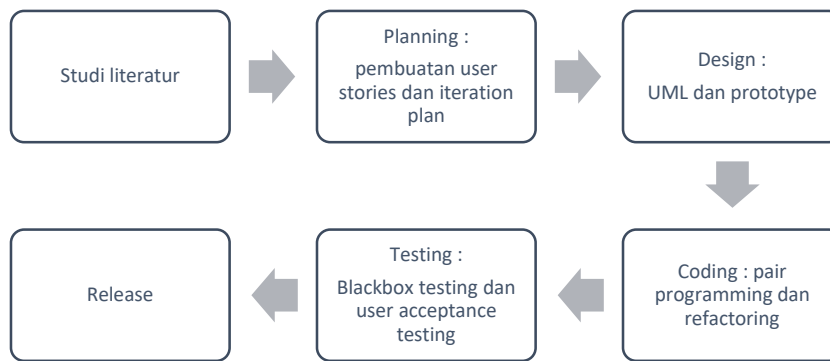
Jenis usaha santri yang mencakup barang dan jasa terbagi lagi menjadi beberapa kategori yaitu usaha makanan, minuman dan kreasi santri. Jenis-jenis barang tersebut telah dikombinasikan dengan berbagai riset yang juga dilakukan secara mandiri oleh santri melalui kurikulum PAMSI yang mengacu pada Project Based Learning. Barang dan jasa yang siap jual biasanya akan ditawarkan oleh para guru melalui grup whatsapp para wali santri. Para wali santri biasanya akan melakukan pembelian melalui grup tersebut atau datang langsung ke PAMSI. Wirausaha week juga menjadi salah satu ajang untuk berjualan para santri. Wirausaha week diadakan setiap bulan sekali. Pembeli dari usaha para santri biasanya hanyalah wali santri atau warga sekitar Pesantren. Padahal, jenis usaha yang telah diberikan sentuhan inovasi banyak yang layak untuk dijual kepada masyarakat luas. Salah satu contohnya adalah Kopi dari Kacang hijau, Masker Kefir, Yoghurt dari bunga Telang, Abon ares (pelepeh pisang), Kaktus hampers, Kotak mewarnai dan masih banyak produk yang dihasilkan serta dapat berdaya saing nasional maupun internasional.

Berdasarkan hal tersebut diatas, diperlukan sebuah sistem berbasis website untuk dapat memfasilitasi santri untuk dapat berjualan dan memulai start-up berbasis pesantren. Website dipilih karena penggunaannya yang mudah, cepat dan terintegrasi dengan platform yang lain (Kurniawan et al., 2020). Para santri yang masih tergolong belia pun akan dengan mudah mengoperasikan sistem ini (Junaedi--et.al, 2021). Pembangunan sistem start-up direncanakan menggunakan metode extreme programming (XP). Alasan penggunaan XP dikarenakan XP merupakan metode yang memfokuskan antara user dengan pembuat sistem. XP akan membantu meminimalisir kesalahan yang dibuat dalam pengembangan maupun pengujian sistem. XP juga memudahkan komunikasi antara user dengan pembuat sistem sehingga didapatkan user requirement yang memadai (Armiady, 2022).

Dengan menggunakan sistem start-up yang dibuat, diharapkan akan memudahkan para santri untuk mendapatkan pasar dengan jangkauan yang lebih luas. Santri juga dapat mengelola start up dan belajar menjadi wirausaha sesungguhnya sesuai dengan visi dan misi yang digalakkan oleh PAMSI. Pihak pengelola PAMSI juga akan mendapatkan pelaporan pada terkait dengan kegiatan yang dilakukan oleh santri yang terkait dengan penjualan dan keuntungan yang didapatkan. Sehingga nantinya akan membuat lulusan PAMSI mempunyai branding menjadi pengusaha yang berinovasi, mudah menggunakan teknologi dan berdaya saing nasional maupun internasional.

2. METODE

Metode penelitian menggunakan metode Extreme Programming. Metode ini dipilih karena merupakan metode yang banyak digunakan untuk membangun sebuah software (Pardo et al., 2021). Alur penelitian juga dipengaruhi oleh metode ini. Untuk lebih jelasnya, alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca berbagai pustaka yang menjadi bahan acuan selama penelitian dilakukan. Literatur yang dibaca adalah jurnal terkait penelitian sebelumnya yang telah selesai dilaksanakan dan buku yang berkaitan dengan metode extreme programming dan pembangunan start-up pada beberapa tempat di Indonesia maupun dunia.

Tahapan eXtreme Programming

a. Planning

Planning dilakukan untuk dapat mengetahui existing sistem yang terdapat pada PAMSI. Planning dilakukan agar pembuatan sistem nantinya sesuai dengan kebutuhan user (Febrian & Agitha, 2020). Tahapan ini terbagi lagi menjadi 2 (dua) tahap, yaitu tahap wawancara dan observasi. Hasil dari tahapan wawancara yang dilakukan adalah menemukan sejumlah 23 (dua puluh tiga) hasil karya para santri yang telah dijual kepada masyarakat sekitar PAMSI dan para wali santri. Hasil karya tersebut biasanya telah diberikan inovasi dan melalui hasil percobaan yang dilakukan oleh santri. Sedangkan hasil untuk tahapan observasi adalah barang dan jasa yang dihasilkan oleh santri memiliki banyak manfaat dan membutuhkan wadah untuk dapat terus berkembang. Permasalahan sedikitnya pembeli karena hanya terbatas pada warga sekitar PAMSI dan wali santri saja menyebabkan kurang berkembangnya produk dan jasa yang ditawarkan. Selain itu, keuntungan yang didapat juga tidak terdata dan tidak diketahui berapa banyak dan bagaimana pengelolaannya.

b. Design

Tahapan design adalah tahapan yang berfokus untuk membuat perancangan sistem dan untuk mengetahui interaksi antar objek yang ada pada sistem (Husodo et al., 2022). Pada penelitian ini, sistem dirancang dengan konsep berorientasi objek menggunakan Unified Modelling Language(UML), penggambaran Design database menggunakan Relationship Diagram dan penggambaran wireframe prototyping.

c. Coding

Pada tahapan coding terdapat implementasi sistem. Implementasi sistem akan berbasis pada desain yang telah dibuat sebelumnya. Proses coding dilakukan dengan menggunakan framework Laravel dan membutuhkan beberapa tools tambahan seperti bootstrap, visual studio code dan code editor(B et al., 2022).

d. Testing

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan Blackbox Testing fungsinya untuk menguji bagaimana jalannya sistem. Selain menggunakan Blackbox Testing pengujian juga dilakukan oleh pengguna yang terlibat, yaitu para stakeholder (pengelola dari PAMSI) dan beberapa santri yang terlibat dalam memasarkan barang dan jasa. Masyarakat luas yang akan menjadi pembeli potensial juga akan diuji coba untuk dapat menggunakan sistem. Pengujian akan menggunakan metode User Acceptance Testing (UAT) dengan memberikan kuesioner kepada end-user yang terlibat (Agitha et al., 2023).

e. Release

Pada tahap release yang dilakukan adalah mengaplikasikan sistem yang telah dibuat pada kehidupan sehari-hari. Release dilakukan setelah testing yang diberikan dan mengakomodir semua permintaan dari user (Alamsyah et al., 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan akan dijelaskan tahapan eXtreme Programming yang telah dilakukan. Tahapan tersebut terbagi menjadi 4 tahapan yaitu Planning (user stories dan iteration plan), Design (diagram UML dan spike solution prototype), Coding (programming dan refactoring) dan Testing (acceptance testing)..

Planning

Pada tahapan planning dibagi menjadi 2 yaitu penjelasan mengenai user stories dan iteration plan. Penjelasannya sebagai berikut :

a. User stories

User stories adalah tahapan dalam pembuatan kebutuhan dari user terhadap sistem. Pada user stories dibagi menjadi beberapa penjelasan didalam table, yaitu adanya kode user stories yang akan dikerjakan, judul, acceptance criteria dan estimasi hari yang akan dikerjakan.

Tabel 1 User stories dari kebutuhan pengguna

Kode User Story	Deskripsi	Acceptance Kriteria	Estimasi hari
US01	Halaman utama, login dan logout	Dapat menampilkan halaman utama, login dan logout	8
US02	Memilih produk, melakukan transaksi dan mencari produk	Dapat menampilkan produk, melakukan transaksi jual beli dan mencari produk	10
US03	Mengelola profil akun, menghapus akun penjual, mengelola penjualan,	Dapat mengelola profil akun pengguna,	16

menerima pesanan dan melihat statistic penjualan

mengelola penjualan yang dilakukan, menerima pesanan dari pembeli dan melihat statistik penjualan

Total story point

34

b. Iteration plan

Iteration plan yang dilakukan adalah untuk memudahkan dalam menghitung dan melakukan pelaksanaan kebutuhan yang telah dijelaskan dalam user stories. Perhitungan iteration plan yang dilakukan sama dengan user stories yang telah dianalisis. Jumlah hari yang akan digunakan dalam iteration plan adalah 34 hari dengan terbagi menjadi 3 iteration plan. Hal ini untuk memudahkan dalam pembuatan fitur dalam start-up yang akan dibangun.

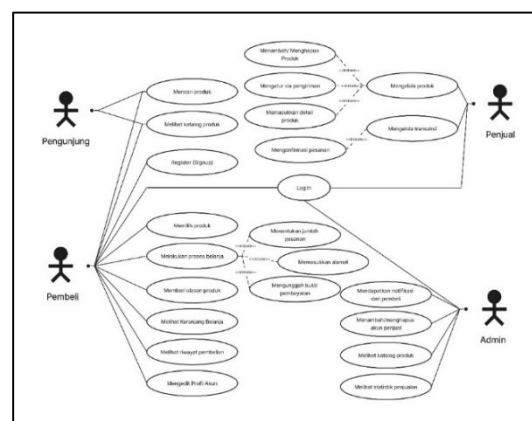
Design

Design dalam sistem start-up ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu desain UML, desain ERD dan desain prorotype. Berikut adalah penjelasan dari bagian tersebut :

a. Desain Unified Modelling Language (UML)

1) Use case diagram

Use case diagram digunakan untuk menampilkan semua fitur yang dibuat untuk memenuhi sistem ini dapat digunakan (Ayuningtyas & Janah, 2018).

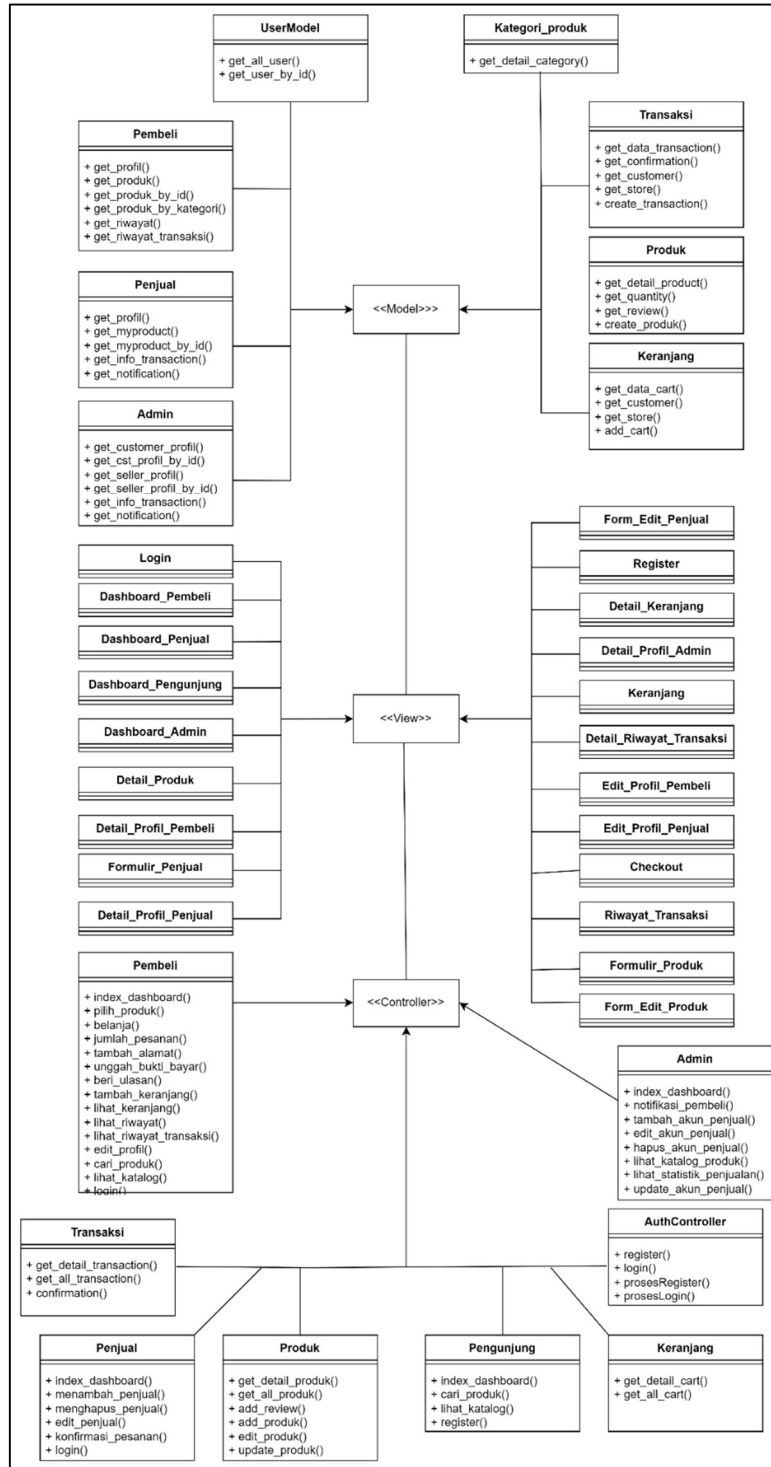


Gambar 2 Use case diagram

Diagram use case diatas dijelaskan beberapa user yang terlibat. User tersebut adalah pengunjung, pembeli, penjual dan admin. Dalam gambar telah dijelaskan bagaimana keterkaitan dan hubungan antara setiap user.

2) Class diagram

Class diagram menjelaskan tentang bagaimana sistem dapat dibangun berdasarkan class yang akan dibuat pada sistem start up PAMSI (Ignaco, 2021). Berikut adalah gambar class diagram.

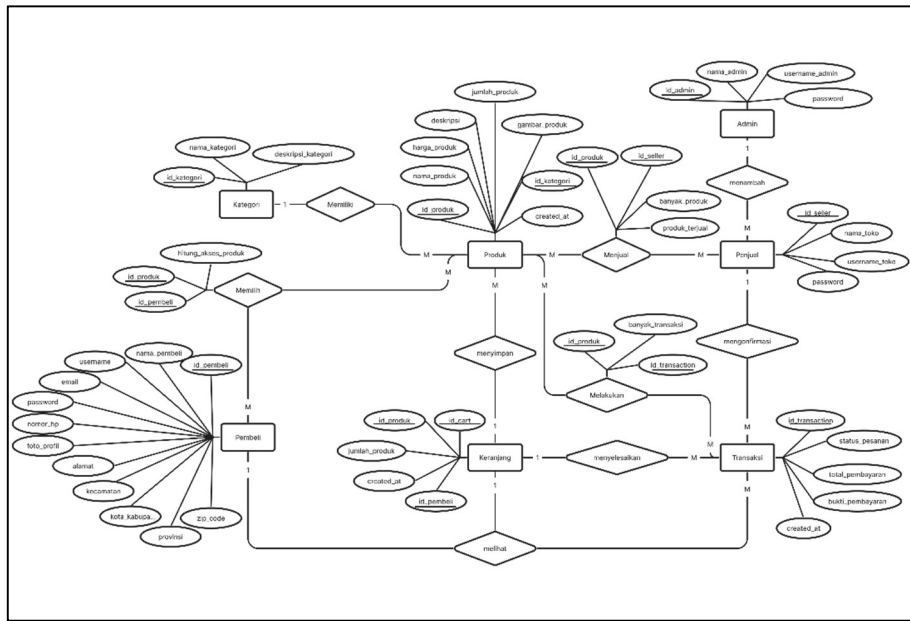


Gambar 3 Class diagram sistem start-up PAMSI

Class diagram diatas menggunakan Model, View dan Controller (MVC) untuk dapat membedakan bagaimana setiap class dibuat.

3) Desain Entity Relationship Diagram (ERD)

Desain ERD digunakan untuk dapat mengelola database dengan baik dan sesuai dengan kaidah pembuatan database. Pada gambar 4 adalah desain database menggunakan ERD.

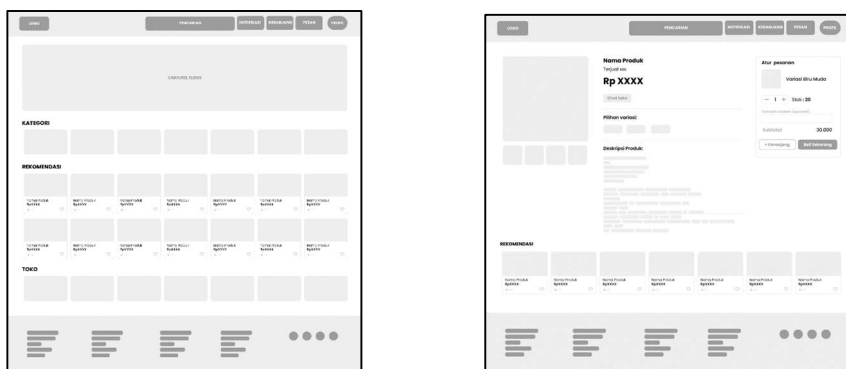


Gambar 4 ERD sistem start-up PAMSI

Pada diagram diatas terdapat beberapa entitas yang terkait, diantaranya adalah pembeli, penjual, produk, transaksi, kategori dan keranjang. Setiap entitas memiliki atribut yang disesuaikan dengan kebutuhan dalam PAMSI.

4) Desain prototype

Desain prototype digunakan untuk mengemukakan bagaimana sistem akan dikenali oleh user. Desain user interface menggunakan low fidelity prototyping seperti dibawah ini.



Gambar 5 Gambaran awal prototype dari sistem start-up PAMSI

Coding

Pembuatan coding dilakukan dengan menggunakan Laravel sebagai tools untuk membuat coding back-end. Dalam tahapan coding, dilakukan juga beberapa refactoring yang terjadi. Refactoring dilakukan dan disesuaikan dengan user stories dan iterasi yang dijalankan. Tahapan refactoring yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Tahapan refactoring pertama

Refactoring pertama adalah memperbaiki fitur sesuai dengan login dan logout user. Perbaikan tersebut membutuhkan waktu 3 hari.

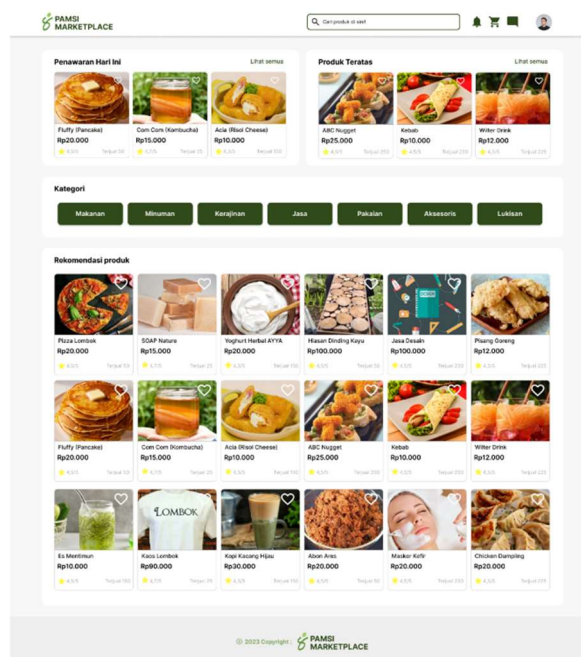
b. Tahapan refactoring kedua

Tahapan refactoring kedua adalah memperbaiki fitur terkait dengan transaksi. Perbaikan membutuhkan waktu 3 hari.

c. Tahapan refactoring ketiga

Tahapan refactoring ketiga adalah memperbaiki fitur pada penjual yang disesuaikan dengan pesanan. Perbaikan membutuhkan waktu 4 hari.

Hasil perbaikan dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6 Hasil dari refactoring sistem start-up PAMSI

Testing

Tahapan testing menggunakan 2 tahapan yaitu black box testing dan user acceptance testing. Black box testing menghasilkan semua fitur telah berjalan dengan baik. Sedangkan untuk hasil dari user acceptance testing, semua user telah dibuatkan sesuai dengan kebutuhan.

4. KESIMPULAN

Pembangunan sistem start up telah memenuhi persyaratan dari metode eXtreme programming dan dapat membantu para santri dalam berwirausaha dengan baik, hal ini dibuktikan dengan tahapan extreme programming dapat dilakukan sesuai dengan

alurnya dan memenuhi syarat. Pembuatan start-up juga telah dapat membantu santri untuk dapat melakukan penjualan produk yang dibuktikan dengan hasil pengujian blackbox dan user acceptance testing yang memenuhi dari sisi pengguna.

Sebagai Langkah kedepannya, diharapkan dapat membuat sistem yang sesuai dengan penelitian yang dapat membandingkan antara metode extreme programming dengan metode yang telah digunakan sebelumnya sehingga mendapatkan novelty yang diinginkan.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Abdullah, M. W., Haddade, A. W., & Nouruzzaman, A. (2020). EMPOWERMENT OF SANTRIPRENEUR THROUGH E-COMMERCE STARTUP (Study of Modern Islamic Boarding School Datok Sulaiman, Palopo City). *Ad-Deenar: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Islam*, 4(02), 217. <https://doi.org/10.30868/ad.v4i02.938>
2. Agitha, N., Husodo, A. Y., Afwani, R., & Al Anshary, F. M. (2023). The Design of E-Commerce System to Increase Sales Productivity of Home Industry in Indonesia. *International Journal on Informatics Visualization*, 7(1), 70–76. <https://doi.org/10.30630/joiv.7.1.1589>
3. Alamsyah, N., Afwani, R., Anjarwani, S. E., Albar, M. A., & Mardiansyah, A. Z. (2022). Desain Implementasi Service Oriented Architecture (SOA) pada pembuatan Prototype Sistem Informasi Coaching Pondok Pesantren Alam Sayang Ibu (PAMSI). *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 6(2), 159–166. <https://doi.org/10.29303/jcosine.v6i2.470>
4. Armiady, D. (2022). Pengembangan Aplikasi Berbasis Responsive Website Menggunakan Metode Extreme Programming. *Jurnal TIKA*, 7(2), 149–157. <https://doi.org/10.51179/tika.v7i2.1266>
5. Ayuningtyas, K., & Janah, N. Z. (2018). Development and UI/UX Usability Analysis of Pinjemobil Web-Based Application Using User Satisfaction Model. *Proceedings of the 2018 International Conference on Applied Engineering, ICAE 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INCAE.2018.8579391>
6. B, R. S. F., Irmawati, B., & Agitha, N. (2022). Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science). In *Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science)*. Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-084-8>
7. Febrian, D. G., & Agitha, N. (2020). Analisa Kepuasan Mahasiswa Terhadap Kegiatan Belajar Mengajar Di Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram Menggunakan Metode Importance Performance Analysis. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 4(2), 92–99. <https://doi.org/10.29303/jcosine.v4i2.85>
8. Husodo, A. Y., B, N. A., Bimantoro, F., & Irmawati, B. (2022). Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science). In *Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science) (Vol. 1)*. Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-084-8>
9. Ignaco, M. A. E. (2021). Mobile Application for Incident Reporting. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, 5(4), 388. <https://doi.org/10.30630/joiv.5.4.741>
10. Jaya, M. A., Ferdiana, R., & Fauziyati, S. (2017). Analisis Faktor Keberhasilan Startup Digital di Yogyakarta. *Jurnal Universitas Muria Kudus*, 4(1), 167–173. <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/SNA/article/view/1261>
11. Junaedi--et.al, N. (2021). Membangun Startup ARSpira Sebuah Platform E-Counseling Berbasis Website Untuk Pelajar SMA. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Bisnis (JIKB)*, XII(2), 48–58.
12. Kurniawan, H., Yanuar, T., Syah, R., Indradewa, R., & Fajarwati1, D. (2020). Human Capital Strategy Implementation for Start-up Business Over Islamic Boarding Schools Noor Halal Minimarket. *Journal of Multidisciplinary Academic*, 4(3), 194–198. <https://kemalapublisher.com/index.php/JoMA/article/view/468>
13. Lutfiani, N., Rahardja, U., & Manik, I. S. P. (2020). Peran Inkubator Bisnis dalam Membangun Startup pada Perguruan Tinggi. *Jurnal Penelitian Ekonomi Dan Bisnis*, 5(1), 77–89. <https://doi.org/10.33633/jpeb.v5i1.2727>
14. Pardo, C., Ortega, W., & Gómez, O. S. (2021). A Reference Model Based on Agile Values, Principles, and Aspects of Scrum, XP and Kanban to Foster the Adoption of Agility in Industry. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(6), 2393–2399. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.6.13667>
15. Saputra, R. H., Albar, M. A., & Agitha, N. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Pemesanan Kue Berbasis Mobile Pada Toko Kue Primadona. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTika)*, 2(1), 50–56. <https://doi.org/10.29303/jtika.v2i1.78>

USER REQUIREMENT ANALYSIS DALAM PENERAPAN METODE USER CENTERED DESIGN SEBAGAI PENDUKUNG KEBUTUHAN UI/UX DALAM APLIKASI NTB MALL

Nadiyasari Agitha, Ario Yudo Husodo, Fitri Bimantoro
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: nadiya@unram.ac.id

ABSTRAK

User requirement analysis merupakan satu hal yang penting dilakukan dalam pembuatan sebuah user interface/user experience (UI/UX) menggunakan metode User Centered Design (UCD). Hal ini dikarenakan pada tahapan ini terdapat identifikasi dan dokumentasi kebutuhan pengguna. NTB mall adalah e-commerce pertama milik pemerintah daerah NTB dengan tujuan menjual produk unggulan daerah dari Usaha Mikro, Kecil Menengah (UMKM), Pedagang Kaki Lima (PKL) dan dibantu dengan pemantauan oleh Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis). Dalam pembuatan UI/UX NTB Mall, diperlukan user requirement analysis yang kuat untuk mendapatkan penggunaan NTB Mall yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. User requirement analysis dibagi menjadi beberapa tahapan secara berurutan. Penggunaan user requirement analysis telah terbukti menghasilkan UI/UX yang menarik, dibuktikan dengan hasil pengujian SUS bernilai 72.82 yang mengartikan bahwa user telah puas dengan aplikasi NTB Mall.

Keyword: User requirement analysis, UI/UX, NTB Mall, UCD, SUS

1. PENDAHULUAN

Dalam membangun sebuah sistem informasi, diperlukan beberapa tahapan sesuai dengan siklus hidup perangkat lunak. Fase pertama adalah fase analisis. Analisis merupakan salah satu fase terpenting dalam membangun sebuah sistem informasi (Chen et al., 2020). Dalam fase analisis, terdapat fase analisis kebutuhan penggunaan atau user requirement analysis yang menjabarkan selengkap mungkin kebutuhan pengguna dalam berinteraksi dengan sistem (Wahyudin & Rahayu, 2020). Kegunaan dari fase ini adalah menyiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan kebutuhan pengguna yang akan digunakan pada tahapan desain (W. S. L. Nasution and P. Nusa, n.d.). Fase ini juga merupakan salah satu bagian dari metode User Centered Design yang digunakan untuk pengembangan sistem informasi dalam tahapan desain interaksi dan pengalaman pengguna (UI/UX) (Zorzetti et al., 2022).

NTB mall adalah sebuah situs jual beli online yang diprakarsai oleh Dinas Perdagangan Provinsi NTB yang menjual berbagai macam produk UMKM asli dari Nusa Tenggara Barat. NTB mall berjalan dalam dua platform sekaligus, yaitu platform web dan platform mobile. Dalam pengembangannya, NTBmall tidak hanya memiliki UMKM sebagai penggunanya, tetapi juga Pedagang Kaki Lima (PKL) dan Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis).

Dikarenakan pengguna yang semakin berkembang, maka dibutuhkan sebuah analisis yang membantu dalam pendefinisian kebutuhan pengguna secara menyeluruh (Ibrahim et al., 2021). Walaupun terlihat hanya terdapat penambahan dua kategori pengguna, tetapi proses bisnis yang terjadi menjadi berbeda-beda dalam pelaksanaannya. Jika tidak dilakukan analisis kebutuhan yang merata, maka tentunya

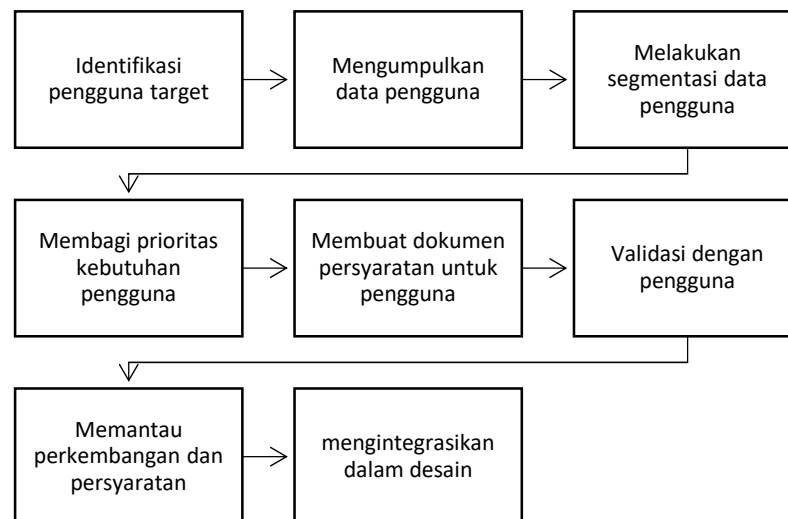
pengguna akan tidak terpenuhi kebutuhan dalam mengakses NTB Mall, membutuhkan waktu yang tidak efisien dalam menggunakan aplikasi maupun web NTB Mall, produk dan fitur yang ditawarkan tidak digunakan oleh pengguna, bahkan akan mengakibatkan frustrasi pada pengguna dalam menggunakan aplikasi maupun web NTB Mall (B et al., 2022). NTB Mall membutuhkan analisis kebutuhan yang akan mendefinisikan kebutuhan pengguna menjadi lebih spesifik. Hal ini diharapkan akan membantu dalam menjabarkan kebutuhan pengguna dengan lebih signifikan.

Berdasarkan permasalahan diatas, dibutuhkan penjelasan dari setiap tahapan analisis kebutuhan pengguna (user requirement analysis). Analisis ini sebagai bahan dasar dan terpenting untuk melangkah ke tahapan pengembangan perangkat lunak selanjutnya. Tahapan yang akan dilakukan adalah mendetailkan semua fitur dan interaksi dalam aplikasi maupun web NTB Mall sehingga nantinya pengguna dapat lebih mudah melakukan interaksi dan mendapatkan pengalaman pengguna (UI/UX) yang sesuai kebutuhan.

Pengalaman pengguna yang akan diobservasi dalam penelitian ini diharapkan akan berguna untuk mudahnya melangkah ke tahapan selanjutnya dari siklus hidup perangkat lunak yaitu fase desain. Diharapkan dengan penelitian ini dapat membuat fase desain menjadi lebih interaktif dan tentunya untuk pendefinisian kebutuhan pengguna yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan beberapa langkah yang disesuaikan dengan keadaan lapangan selama observasi. Langkah dari analisis kebutuhan tersebut ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Identifikasi Pengguna Target

Identifikasi pengguna target dilakukan dengan observasi langsung kepada pengguna target (Rahman et al., 2023). Pengguna target yang ditentukan untuk pengembangan NTB Mall selain UMKM adalah PKL dan Pokdarwis. Identifikasi pengguna target disesuaikan dengan pengembangan aplikasi yang membutuhkan analisis kebutuhan pengguna untuk Pasar Modern pada KEK Mandalika.

Mengumpulkan data pengguna

Pengumpulan data pengguna dilakukan juga dengan survei dan wawancara untuk mendapatkan identifikasi kebutuhan yang diperlukan (Triandini et al., 2019). Survei dan Wawancara dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah analisis awal dan mewawancarai mengenai kebutuhan awal dan pemahaman terhadap teknologi, sedangkan tahap kedua adalah survei tentang penggunaan teknologi.

Melakukan segmentasi data pengguna

Segmentasi data pengguna dilakukan dengan melakukan survei lebih jauh terhadap pengguna (Darmansah & Raswini, 2022). Tahapan segmentasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Memisahkan pengguna berdasarkan informasi demografis, perilaku dan preferensi.
- b. Mengidentifikasi faktor segmentasi
- c. Analisis data hasil segmentasi
- d. Mengevaluasi hasil segmentasi

Membagi prioritas kebutuhan pengguna

Pembagian prioritas kebutuhan pengguna dengan mengidentifikasi dan memprioritaskan kebutuhan pengguna berdasarkan tingkat urgensi dan dampaknya pada desain produk (Sahal et al., 2020). Hal ini membantu dalam pengambilan keputusan desain yang lebih tepat.

Membuat dokumen persyaratan untuk pengguna

Dokumen persyaratan pengguna dilakukan dengan jelas dan rinci. Persyaratan pengguna yang dimaksudkan adalah mendeskripsikan kebutuhan, siapa yang memiliki kebutuhan tersebut dan dalam konteks apa nantinya kebutuhan tersebut akan muncul.

Validasi dengan pengguna

Validasi dengan pengguna dilakukan dengan memverifikasi Kembali hasil dari analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya. Verifikasi Kembali dilakukan dengan mendatangi pengguna dan membacakan serta menunjukkan hasil yang telah dianalisis. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kebutuhan tersebut sudah sesuai.

Memantau perkembangan dan persyaratan

Memantau perkembangan dan persyaratan yang telah dilakukan dengan membiasakan pengguna menggunakan teknologi dan beberapa prototype yang telah disiapkan untuk dapat digunakan. Pengguna diberikan waktu untuk dapat menggunakan dan mengungkapkan permasalahan jika ada.

Mengintegrasikan dalam desain

Setelah semua analisis kebutuhan pengguna dijalankan, maka tahapan selanjutnya adalah mengintegrasikan dengan tahapan desain. Tahapan desain tersebut disesuaikan kembali dengan metode User-centered Design (UCD) yang telah dilakukan pengembang (Zeiss et al., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan akan dijelaskan pada bab ini. Alur penelitian telah dijelaskan pada bab metode dan hasilnya menyesuaikan dengan alur yang telah dijelaskan diatas.

Identifikasi pengguna target

Identifikasi pengguna target dilakukan dengan menggunakan metode observasi. Metode ini dilakukan sebelum terjadinya pengembangan platform NTB Mall untuk mendukung Pasar Modern KEK Mandalika. Observasi dilakukan kepada beberapa PKL yang menjadi bagian dari sistem. Gambar 1 menjelaskan tahapan observasi yang dilakukan pada PKL didepan Green Gate Sirkuit Mandalika.



Gambar 2 Observasi yang dilakukan pada PKL dikawasan sirkuit

Hasil observasi dari adalah terdapat sekitar 20 PKL yang berada pada Kawasan depan sirkuit dan terdapat 30 orang anggota Pokdarwis. Observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran berapa user yang akan berinteraksi dalam sistem.

Mengumpulkan data pengguna

Pengumpulan data pengguna dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah wawancara untuk melakukan analisis awal sedangkan tahapan kedua lebih berfokus kepada penggunaan teknologi yang digunakan. Berikut adalah pertanyaan yang diberikan dan jawaban dari pengguna untuk mendapatkan hasil data pengguna yang sesuai kebutuhan.

Tabel 1 Pertanyaan wawancara tahap 1 dan kesimpulan hasil wawancara

Pertanyaan	Kategori Pengguna	Hasil
Sudah berapa lama berjualan di depan Green Gate ?	PKL	Sejak sirkuit berdiri
Berapa jumlah pedagang yang berjualan didepan Green Gate ?	PKL	Sekitar 20 pedagang
Berapa keuntungan dalam sehari ?	PKL	IDR 50.000 – 100.000
Kapankah akan mendapatkan keuntungan lebih?	PKL	Event dan weekend
Apa sajakah produk yang dijual? Kategorinya apa saja?	PKL	Tenun, Kaos, Topi, aksesoris MotoGP,

Dari manakah mendapatkan produk yang dijual ?	PKL	Dari supplier dan distributor
Adakah produk yang diproduksi sendiri?	PKL	Hanya tenun saja, sisanya menyuplai dari supplier
Pokdarwis daerah Kuta sudah berapa lama berdiri ?	Pokdarwis	Sudah sejak 2019
Apa yang dilakukan selama berdiri untuk kesejahteraan PKL ?	Pokdarwis	Pernah mendata PKL untuk dapat bersama-sama melakukan Program Sadar Wisata
Berapa orang yang terlibat didalam Pokdarwis ?	Pokdarwis	30 orang
Bagaimana cara Pokdarwis memberdayakan para PKL ?	Pokdarwis	Memberikan penyuluhan terkait sadar wisata

Tabel 2 Pertanyaan wawancara tahap 2 dan kesimpulan hasil wawancara

Pertanyaan	Kategori Pengguna	Hasil
Apakah sudah mengetahui teknologi yang digunakan?	PKL/Pokdarwis	Belum mengetahui
Pernahkah menggunakan gadget sebelumnya ?	PKL/Pokdarwis	Sudah pernah
Gadget yang digunakan biasanya digunakan untuk apa?	PKL/Pokdarwis	Membuka social media
Pernahkah menjual barang secara online ?	PKL	Belum pernah
Apakah Pokdarwis pernah memberikan penyuluhan terkait laporan laba rugi?	Pokdarwis	Belum pernah

Melakukan segmentasi data pengguna

Tahapan segmentasi pengguna dilakukan untuk dapat mendefinisikan kebutuhan secara detail sesuai dengan pembagian segmentasinya (Mas, 2019). membuat Tahapan segmentasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Memisahkan pengguna berdasarkan informasi demografis, perilaku dan preferensi.
 - a) Pemisahan pengguna didasarkan pada demografisnya yaitu berdasarkan usia dan jenis kelamin.

b) Pemisahan dari sisi perilaku adalah dari apa yang disukai oleh masing-masing pengguna. Pada pengguna PKL dan Pokdarwis lebih menyukai menggunakan gadget untuk berselancar di social media.

2) Mengidentifikasi faktor segmentasi

Hasil dari identifikasi faktor segmentasi ditunjukkan oleh tabel 3 berikut ini :

Tabel 3 Faktor Segmentasi

Pembagian Faktor Segmentasi	Keterangan	Hasil
Demografis	Usia	25 – 45 tahun Laki-laki : 10 orang (PKL), 20 orang (Pokdarwis)
	Jenis Kelamin	Perempuan 10 orang (PKL), 10 orang (Pokdarwis)
Perilaku	Penggunaan gadget	3 jam per hari
Tujuan/kebutuhan	Penjualan online	Masih belum pernah menggunakan platform jual beli online

3) Analisis data hasil segmentasi

Analisis data menggunakan pengujian chi square. Uji Chi-Square dapat digunakan untuk menguji apakah ada hubungan atau ketergantungan antara dua variabel yang saling terkait (Al-Fraihat et al., 2020). Hasil uji ditunjukkan oleh tabel dibawah ini :

Tabel 4 Hasil uji Chi Square keseluruhan pengguna (Observasi)

Kelompok Usia	Kesulitan input data	Kesulitan mengelola data	Kesulitan penggunaan fitur	Total
20-30	6	14	1	21
30-40	8	5	6	19
>40	6	3	1	10
Total	20	22	8	50

Tabel 5 Hasil uji Chi Square keseluruhan pengguna (Expected)

Kelompok Usia	Kesulitan input data	Kesulitan mengelola data	Kesulitan penggunaan fitur	Total
20-30	8,4	9,24	3,36	21
30-40	7,6	8,36	3,04	19
>40	4	4,4	1,6	10
Total	20	22	8	50

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan hasil dari Probabilitas adalah 0,029 dan Chi hitung = 10,71 serta Chi tabel = 9,487. Dari hasil tersebut, didapatkan hasil nilai Chi hitung > Chi tabel, jadi kesimpulannya adalah H0 ditolak (Tantona, 2020). H0 yang ditentukan adalah usia tidak mempengaruhi kehandalan dalam penggunaan aplikasi. Jadi, dikarenakan H0 ditolak, maka kesimpulan dari hasil uji Chi square adalah usia dari pengguna mempengaruhi kehandalan dalam penggunaan aplikasi atau platform.

4) Mengevaluasi hasil segmentasi

Mengevaluasi hasil segmentasi dilakukan dengan membawa hasil analisis data untuk dapat diberikan dan divalidasi kembali bersama dengan pengguna.

Membagi prioritas kebutuhan pengguna

Membagi prioritas kebutuhan pengguna dengan memprioritaskan kebutuhan yang benar-benar dibutuhkan menjadi yang utama. Prioritas analisis kebutuhan dibagi berdasarkan hal berikut ini :

- 1) Prioritas berdasarkan umur. Berdasarkan hasil analisis, umur menjadi utama dalam pembagian kategori prioritas. Umur diatas 40 tahun akan lebih intens dalam pengajaran fitur aplikasi dibanding umur yang lebih muda.
- 2) Permasalahan utama yang akan difokuskan untuk pengembangan desain aplikasi adalah pengelolaan data. Jadi, pada fitur ini akan lebih banyak menghabiskan waktu untuk disosialisasikan.

Membuat dokumen persyaratan untuk pengguna

Dokumen persyaratan pengguna yang dianalisis dan dijabarkan berdasarkan beberapa hal berikut ini. Penjelasannya akan dirangkum kedalam tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Dokumen persyaratan pengguna

Kategori Pengguna	Analisis	Detail	Keterangan
PKL dan Pokdarwis	Usia	20-30	Pengelolaan fitur akan dijelaskan lebih intens dan detail
		30-40	Penginputan data akan dijelaskan lebih detail kepada kategori usia ini

>40 Penginputan data akan
dijelaskan lebih detail
kepada kategori usia ini

Tabel ini menjelaskan tentang permasalahan yang muncul setelah melakukan beberapa langkah analisis kebutuhan dan bagaimana cara untuk dapat diatur kedalam fase setelah ini.

Validasi dengan pengguna

Dalam dokumen persyaratan yang dijelaskan diatas, terdapat beberapa permasalahan dan bagaimana cara untuk menanggulangnya. Hal ini dikonfirmasi kembali kepada pengguna dengan melakukan Forum Group Discussion (FGD) yang dihadiri oleh 50 orang baik itu dari PKL maupun Pokdarwis. Hasil FGD adalah pengguna mengungkapkan permasalahan yang terjadi dan bagaimana mengatasinya. Dalam FGD tersebut juga diberikan pembekalan mengenai teknologi yang digunakan serta gambaran dari platform yang akan digunakan.

Memantau perkembangan dan persyaratan

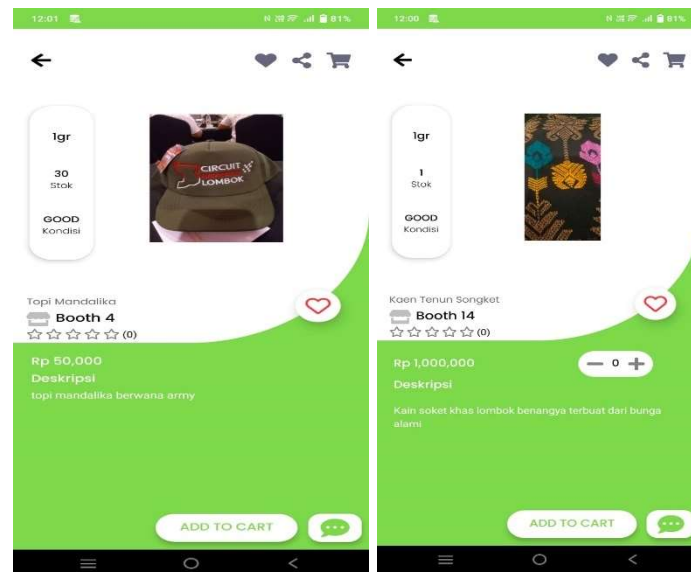
Pemantauan perkembangan dari analisis yang telah dilakukan adalah dengan memberikan waktu kepada pengguna untuk dapat berinteraksi dengan platform. Gambaran platform akan dijelaskan pada fase berikutnya yaitu pembuatan prototype dalam bentuk *high fidelity prototyping*, sehingga memudahkan pengguna untuk dapat berinteraksi langsung dan mengungkapkan permasalahannya. Dikarenakan sejumlah PKL akan diberikan booth untuk dapat berjualan, maka hal ini juga dikembangkan dalam platform NTB Mall. Para PKL akan disediakan lapak berjualan secara online pada NTB Mall seperti ditunjukkan oleh prototype berikut ini.



Gambar 3 Pembagian PKL berdasarkan booth masing-masing

Mengintegrasikan dalam desain

Integrasi dalam desain dilakukan dengan membuat dalam bentuk prototype. Prototype yang ditawarkan adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Detail prototype pengelolaan produk

Dalam prototype tersebut diberikan gambaran mengenai bagaimana penggunaan platform NTB Mall untuk dapat mulai berjualan secara online.

4. KESIMPULAN

Penelitian analisis kebutuhan pengguna pada NTB Mall untuk mendefinisikan kebutuhan platform ini secara keseluruhan telah mencapai hasil baik. Hal ini dibuktikan dengan penerimaan oleh PKL dan Pokdarwis yang turut terlibat dan berpartisipasi aktif dalam analisis kebutuhan ini. Dari hasil pembahasan didapatkan bahwa usia sangat berpengaruh dalam melakukan analisis kebutuhan pengguna, terutama yang baru saja terlibat dalam teknologi, khususnya platform aplikasi maupun web.

Dalam hasil dan pembahasan juga didapatkan pentingnya analisis kebutuhan yang tepat agar dapat menggambarkan prototype yang tepat guna pula. Analisis kebutuhan pengguna secara mendetail dapat juga berguna untuk membantu dalam penguatan metode User-centered design.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Al-Fraihat, D., Joy, M., Masa'deh, R., & Sinclair, J. (2020). Evaluating E-learning systems success: An empirical study. *Computers in Human Behavior*, 102(March 2019), 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>
2. B, R. S. F., Irmawati, B., & Agitha, N. (2022). Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science). In Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Informatics and Computer Science). Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-084-8>
3. Chen, T., Cong, G., Peng, L., Yin, X., Rong, J., & Yang, J. (2020). Analysis of user satisfaction with online education platforms in china during the covid-19 pandemic. *Healthcare (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare8030200>
4. Darmansah, & Raswini. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Data Pedagang Menggunakan Metode Prototype pada Pasar Wage. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 6(1), 340–350.
5. Ibrahim, F., Agus, T. R., & Sari, N. W. W. (2021). Identifikasi Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia: A Systematic Literature Review. *Metik Jurnal*, 5(1), 47–54. <https://doi.org/10.47002/metik.v5i1.215>

6. Mas, J. (2019). Information Systems: Research, Development, Applications, Education (SIGSAND/PLAIS 2019). In *Lecture Notes in Business Information Processing* (Vol. 359). <https://www.springer.com/gp/book/9783030296070>
7. Rahman, M. K., Agitha, N., Aranta, A., Grendis, N. W. B., & Saedudin, R. R. (2023). Covid-19 Early Detection Information System With Mobile Application-Based Forced Cough Records. *2023 International Conference on Advancement in Data Science, E-Learning and Information System (ICADEIS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS58666.2023.10270933>
8. Sahal, R., Breslin, J. G., & Ali, M. I. (2020). Big data and stream processing platforms for Industry 4.0 requirements mapping for a predictive maintenance use case. *Journal of Manufacturing Systems*, 54(March 2019), 138-151. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.11.004>
9. Tantona, M. D. (2020). Karakteristik Klinis Penyakit Coronavirus 2019. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 1(November), 89-94. <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65>
10. Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Werla Putra, G., & Iswara, B. (2019). Systematic Literature Review Method for Identifying Platforms and Methods for Information System Development in Indonesia. *Indonesian Journal of Information Systems*, 1(2), 63.
11. W. S. L. Nasution and P. Nusa. (n.d.). UI/UX Design Web-Based Learning Application Using Design Thinking Method. *ARRUS Journal of Engineering and Technology*, 1, no. <https://doi.org/doi: 10.35877/jetech532>.
12. Wahyudin, Y., & Rahayu, D. N. (2020). Analisis Metode Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Website: A Literatur Review. *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 15(3), 26-40. <https://doi.org/10.35969/interkom.v15i3.74>
13. Zeiss, R., Ixmeier, A., Recker, J., & Kranz, J. (2021). Mobilising information systems scholarship for a circular economy: Review, synthesis, and directions for future research. *Information Systems Journal*, 31(1), 148-183. <https://doi.org/10.1111/isj.12305>
14. Zorzetti, M., Signoretti, I., Salerno, L., Marczak, S., & Bastos, R. (2022). Improving Agile Software Development using User-Centered Design and Lean Startup. *Information and Software Technology*, 141, 106718. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106718>

KARAKTERISTIK GELATIN TULANG SAPI YANG DIBERI PAKAN LAMTORO DENGAN PRETREATMENT CH₃COOH YANG BERBEDA

Hasma Hasma., Muhamad Ali., Dahlanuddin., Made Sriasih., Wayan Wariata., Suharti., Widya Ningrum
Fakultas Peternakan, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: hasma@unram.ac.id

ABSTRAK

Tulang sapi yang merupakan limbah hasil ikutan yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat masih sangat melimpah. Padahal jika diolah dengan baik, maka akan menghasilkan produk yang berkualitas dan bernilai ekonomis yang tinggi. Sapi lokal (Sapi Bali) dengan pemberian pakan khusus lamtoro taramba menjadi produk pakan sapi andalan dari Fakultas Peternakan Universitas Mataram karena dengan pemberian pakan lamtoro pada sapi bali memiliki penambahan berat badan yang meningkat dan menghasilkan daging yang empuk. Khusus tulang dari sapi lokal tersebut belum dimanfaatkan bahkan menjadi limbah, padahal jika diolah dengan baik akan menjadi produk bernilai ekonomis dan berguna bagi kesehatan. Salah satu produk dari tulang sapi lokal pada penelitian kali ini dapat diolah menjadi gelatin. Penelitian yang dilakukan pembuatan gelatin dengan pretreatment asam asetat (CH₃COOH) 2; 4 dan 6% pada tulang sapi lokal diulang sebanyak 4 kali. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris. Analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data diolah menggunakan program SPSS versi 21 dan jika terdapat perbedaan maka diolah menggunakan uji DUNCAN. Adapun parameter yang diamati adalah Rendemen, pH, dan viskositas. Hasil menunjukkan konsentrasi asam asetat (CH₃COOH) berpengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap rendemen, pH dan viskositas gelatin tulang sapi yang diberi pakan lamtoro. Kesimpulan Semakin tinggi konsentrasi pretreatment asam asetat (CH₃COOH) menunjukkan karakteristik gelatin tulang sapi yang diberi pakan lamtoro semakin baik hal ini ditandai dengan semakin tingginya nilai rendemen, kenetralan pH dan viskositas.

Keyword: Gelatin, Tulang Sapi, Pakan Lamtoro, Ekstraksi

1. PENDAHULUAN

Konsumsi daging sapi lokal di Indonesia yang sangat meningkat, seiring pula dengan hasil ikutan yang kurang dimanfaatkan. Pemotongan sapi domestik di Indonesia khususnya di Nusa Tenggara Barat meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut dapat menjadi masalah apabila hasil ikutan atau limbah tersebut hanya dibuang tanpa diolah lebih lanjut, padahal hasil ikutan sapi masih memiliki kandungan protein yang dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat bagi kesehatan dan bernilai ekonomi. Salah satu hasil ikutan yang belum banyak di manfaatkan adalah tulang Sapi Bali. Hingga saat ini pemanfaatan tulang Sapi Bali masih sangat terbatas sebagai bahan penyedap makanan seperti soto dan sub.

Sapi Bali yang diberi pakan khusus lamtoro taramba, pakan leguminosa ini aman dikonsumsi dan terbukti telah meningkatkan bobot badan pada Sapi Bali dibandingkan Sapi Bali yang diberi rerumputan pada umumnya di pedesaan (Dahlanuddin, 2014). Selain itu Sapi Bali kualitas dagingnya pun lebih baik dan empuk dibanding sapi Bali lainnya. Sehingga diharapkan tulang Sapi Bali melalui pengolahan yang baik dapat menghasilkan gelatin yang berkualitas.

Gelatin adalah produk hidrokolid yang banyak diperoleh pada jaringan ikat hewan seperti tulang dan kulit melalui *pretreatment* asam, basa, dan enzim (Hasma dkk., 2020). Sifat penting dari gelatin tulang sapi lokal sebagai bahan tambahan pangan untuk meningkatkan kualitas komersial dari suatu produk seperti kekuatan gelnya (Retno, 2012). Industri gelatin di Indonesia masih jarang dijumpai dan kualitas gelatin yang dibuat pun belum diketahui sehingga kebutuhan gelatin mayoritas masih bergantung pada impor. Hal tersebut disebabkan karena pemanfaatan maupun kesadaran masyarakat akan nilai ekonomis gelatin yang tinggi belum diketahui, selain itu inovasi yang berhubungan dengan gelatin masih kurang.

Meski demikian telah banyak penelitian tentang proses isolasi gelatin. Beberapa bahan hasil ternak seperti kulit, dan tulang diolah menjadi gelatin melalui *pretreatment* asam asetat (CH_3COOH). Tetapi untuk sapi Bali dengan pemberian pakan lamtoro belum pernah dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pembuatan gelatin tulang sapi Bali dengan pemberian pakan lamtoro melalui *pretreatment* asam asetat (CH_3COOH) dan ekstraksi yang berbeda.

2. BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada pembuatan gelatin adalah oven, water bath, timbangan analitik, gelas kimia, gelas ukur, blender, talenan, cetakan, plastik anti panas, sarung tangan. Pengolahan selanjutnya adalah membuat karakterisasi gelatin dengan menggunakan gelas ukur, pipet skala, labu kjehdal, timbangan analitik dan gelas ukur. Alat yang digunakan dalam analisis kualitas adalah penjepit, gelas piala, labu kjehdal, tabung reaksi, oven, timbangan analitik, viscometer, pH meter, waterbath, stomacher, inkubator, loyan, dan plastik anti panas.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan gelatin adalah tulang sapi lokal yang sebelumnya dipeberi pakan lamtoro selama sebulan sebelum pemotongan, alkohol, larutan asam asetat (CH_3COOH), aquades, kapur sirih

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris. Untuk tahap pertama dilakukan pembersihan tulang, selanjutnya diperkecil ukurannya menjadi 2cm^2 kemudian di rendam menggunakan alkohol untuk membersihkan sisa kotoran yang menempel pada tulang selama 24 jam, selanjutnya dilakukan *pretreatment* asam asetat (CH_3COOH) pada tulang Sapi Bali 2%, 4%, dan 6% selama 48 jam. Tulang yang telah di berikan perlakuan *pretreatment* asam asetat (CH_3COOH) dicuci menggunakan air mengalir kemudian dinetralkan dengan perendaman CaCO_3 selama 24 jam, selanjutnya di cuci bersih dan tulangnya di campur dengan aquades steril dengan perbandingan 1:1 selanjutnya di ekstraksi menggunakan *water bath* dengan suhu 70°C selama 24 jam. Hasil ekstraksi selanjutnya dimasukkan dalam cetakan dan di keringkan menggunakan oven selama 24 jam.

Analisa Data

Analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), *pretreatment* CH_3COOH asam asetat 2%, 4%, dan 6%, perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Suhu ekstraksi diseragamkan sebesar 70°C . Data diolah menggunakan program SPSS versi 21. Adapun parameter yang diamati adalah rendemen, pH dan viskositas. jika terdapat pengaruh maka akan dilakukan uji lanjut Duncen. Adapun model matematikanya yaitu:

Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisis ragam sesuai dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 kali ulangan.

a. Rendemen gelatin

Rendemen merupakan jumlah gelatin kering (dry gelatin) yang dihasilkan dari sejumlah bahan baku tulang segar dalam keadaan bersih melalui proses ekstraksi Aisman *et al.*, 2022)

Rendemen dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot kering gelatin}}{\text{Bobot bahan segar}} \times 100\%$$

b. pH

Larutan gelatin dengan konsentrasi 6,67% (b/b) disiapkan dengan larutan akuades. Larutan sampel dipanaskan pada suhu 70°C dan dihomogenkan dengan magnetik stirer, diukur derajat keasamannya pada suhu kamar dengan pH meter (Aisman *et al.*, 2022).

c. Viskositas

Sampel tulang sapi masing-masing ditimbang sebanyak 6,67 g kemudian dilarutkan dalam aquades hingga volume 100 ml. Kemudian didinginkan pada suhu 20°C dan diukur viskositasnya menggunakan alat viskometer Ostwald (Aris dkk., 2020).

$$\text{Viskositas} = \frac{\text{Nilai Viskositas X Waktu Putaran rata-rata (detik)}}{\text{Waktu putar rata-rata kalibrasi (detik)}} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi CH₃COOH 2% menunjukkan pengaruh sangat nyata (P<0,01) terhadap rendemen. Pada uji pH menunjukkan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rerata Rendemen, Derajat Keasaman (pH) dan Viskositas

Parameter	Konsentrasi CH ₃ COOH		
	2%	4%	6%
Rendemen	0,53±0,06 ^a	0,67±0,03 ^b	0,87±0,03 ^c
pH	7,58±0,04 ^a	7,20±0,07 ^{bc}	7,78±0,08 ^c
Viskositas	21,75±1,30 ^a	26,75±0,83 ^b	52,00±1 ^c

Keterangan: ^{abc}superscript yang berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0,01)

Rendemen

Rendemen merupakan parameter penting dalam membuat gelatin. Rendemen dihitung dengan perbandingan gelatin yang dihasilkan pada berat sampel tulang sapi setelah degreasing. Tujuan dilakukan rendemen yaitu untuk mengetahui persentase

gelatin yang didapatkan. Semakin banyak persentase rendemen yang didapatkan maka semakin efektif dan efisien perlakuan yang digunakan (Hayyun dkk, 2021).

Nilai rendemen gelatin tertinggi pada konsentrasi 6%, sedangkan nilai rendemen gelatin terendah pada konsentrasi 2%. Rendemen yang tinggi menunjukkan semakin efisiensi perlakuan yang diterapkan dengan tidak mengesampingkan sifat-sifat yang lain (Hasma, dkk. 2018). Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan memungkinkan jaringan ikat tulang sapi akan semakin terbuka sehingga memungkinkan banyaknya larutan kolagen berupa cairan yang dihasilkan sehingga saat diekstraksi diperoleh nilai rendemen gelatin yang tinggi. Hal ini didukung oleh Hasma dkk., (2020) Menyatakan bahwa tinggi rendahnya rendemen gelatin yang diperoleh dipengaruhi oleh konsentrasi asam atau basa yang diberikan.

Nilai rendemen dipengaruhi oleh konsentrasi larutan asam yang digunakan dalam perendaman. konsentrasi larutan asam yang tinggi akan menyebabkan larutan perendaman semakin asam, sehingga ion H^+ yang menghidrolisis kolagen dari rantai triple helix menjadi rantai tunggal semakin banyak. Konsentrasi yang tinggi serta waktu perendaman yang lama diduga dapat mengurangi jumlah rendemen gelatin yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada perlakuan tersebut ossein yang dihasilkan menjadi sangat lunak dan hancur sehingga menyebabkan banyak ossein yang hilang selama proses penetralan. Menurut Pertiwi 2018, proses perendaman yang paling efektif untuk menghasilkan gelatin dengan rendemen tinggi.

Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu aspek dari parameter yang diterapkan dalam penentuan standar mutu gelatin. Pengukuran nilai pH menggunakan alat pH meter sebagaimana tampil pada Tabel 4. Menurut Pertiwi dkk., (2018), pengukuran nilai pH penting dilakukan karena pH larutan mempengaruhi sifat-sifat gelatin lainnya seperti viskositas, dan juga terhadap aplikasi gelatin dalam produk.

Nilai pH gelatin tertinggi pada konsentrasi 6% yaitu sebesar $7,78 \pm 0,08$ sedangkan nilai terendah pada konsentrasi 4% yaitu $7,20 \pm 0,07$. Konsentrasi asam asetat menunjukkan pengaruh nyata terhadap terhadap pH ($P,0,01$). Nilai yang dihasilkan menunjukkan pH netral karena berkisar 7. Sebagaimana pendapat Hasma (2020) menunjukkan pH netral Berkisar 7. Kenetralan dari pH yang dihasilkan pada gelatin menunjukkan gelatin tersebut aman dikonsumsi oleh manusia. Adanya perendaman dengan kapur setelah pretreatment $CaCO_3$ menjadikan zat asam menjadi netral ditambah lagi dengan pencucian berulang kali dengan air mengalir, akan lebih menjamin zat asam pada tulang menghilang.

Viskositas

Viskositas merupakan suatu kekentalan pada larutan. Hasma (2018). Viskositas juga dapat diartikan sebagai daya aliran molekul suatu larutan. Viskositas diuji untuk mengetahui tingkat kekentalan gelatin. Nilai viskositas yang berbeda juga bisa dipengaruhi oleh konsentrasi yang berbeda, sehingga bisa menghasilkan nilai viskositas yang berbeda juga. Viskositas gelatin yaitu interaksi hidrodinamik diantara molekul-molekul gelatin dalam larutan. Sistem koloid dalam larutan bisa meningkat melalui cara mengentalkan cairan sehingga terjadinya absorpsi dan pengembangan koloid.

Nilai viskositas gelatin tertinggi pada konsentrasi 3% yaitu $52,00 \pm 1$ menunjukkan semakin tinggi konsentarsi yang diberikan maka akan semakin tinggi viskositas atau kekentalan gelatin.

Tingginya rendahnya nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh distribusi molekul peptida gelatin dalam larutan serta berat molekul dari peptida gelatin. Semakin besar berat molekul dari gelatin maka distribusi molekul gelatin dalam larutan semakin lambat sehingga menghasilkan nilai viskositas yang tinggi (Rahmawati & Hasdar, 2017).

Proses pengeringan yang berlebihan akan dapat memutus ikatan protein gelatin sehingga mengakibatkan kualitas viskositas juga rendah dan kandungan air yang tinggi akan mengakibatkan gel dari gelatin menjadi sulit mengental.

4. KESIMPULAN

Semakin tinggi konsentrasi pretreatment CH_3COOH menunjukkan karakteristik gelatin tulang sapi yang diberi pakan lamtoro semakin baik hal ini ditandai dengan semakin tingginya nilai rendemen, kenetralan pH dan viskositas.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Universitas Mataram dibawah Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui dana Penelitian Dosen pemula Universitas Mataram, Tahun Anggaran 2022, Kontrak Penelitian Nomor: 2461/UN18.L1/PP/2023.

6. DAFTAR REFERENSI

1. Aisman, Wellyalina, Refdi C W, Syukri D, Abdi. 2022. Extraction of Gelatin from Tuna Fish Bones (*Thunnus sp*) on Variation of Acid Solution. IOP Conf. Series: Sustainability Agriculture and Biosystem : Conf. Series, 1059 (012049) 1-6. doi:10.1088/1755-1315/1059/1/012049
2. Aprilyani I.K. 2013. Aplikasi Penambahan Gelatin dari Berbagai Kulit Ikan terhadap Kualitas Pasta Ikan Tunul. Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. 2(3): 11-20
3. Aris S E., Jumiono A, Akil S. 2020. Identifikasi Titik Kritis Kehalalan Gelatin. Jurnal Pangan Halal. 2(1): 17-22
4. Dahlanuddin, O. Yanuarianto, D.P. Poppi, S.R. McLennon, and S.P Quigly. 2014. Live weight gain and feed intake of weaned bali cattle fed grass and tree legumes in West Nusa Tenggara, Indonesia. Anim. Prod. Sci. 54(7) pp: 915-921.
5. Hasma, Abustam, E., Ratmawati Malaka, R., Muhammad Irfan Said MI., & Rifqi. 2020. Pengaruh Umur Terhadap Kualitas Gelatin Tulang Kaki Kambing Melalui Pretreatment Asam Asetat (CH_3COOH), Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan, 8(2), 85-90.
6. Retno D.T. 2012. Pembuatan GELATIN Dari Tulang Sapi lokal Boiler Dengan Proses Hidrolisa Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III ISSN: 1979-911X Yogyakarta. Halaman 250-260
7. Hasma. 2018. Kualitas Gelatin Kulit Kaki Ayam Ras Pedaging Dengan Lama Perendaman Dan Konsentrasi Naoh Yang Berbeda. JITP 6 (2): 77-80
8. Pertiwi Mega., Yoni Atma1, Apon Zaenal Mustopa, Rizkia Maisarah. Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin dari Tulang Ikan Patin dengan PreTreatment Asam Sitrat Physical and Chemical Characteristics of Gelatin from Pangasius Catfish Bone with Pre-Treatment of Citric Acid. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 7(2).
9. Hayyun, Yulian dan Bhernama. 2021. Perbandingan Rendemen, Viskositas, Kekuatan Gel Gelatin Dari Ikan Air Laut Dan Ikan Air Tawar. Amina. 3(3)96-104
10. Rahmawati Yuniarti Dewi dan Muhamad Hasdar. 2017. Kualitas Viskositas dan Kekutan Gel Gelatin Kulit Domba yang Dihidrolisis Menggunakan Larutan NaOH
11. Agrisaintifika Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. 1 (1).

SIMULASI PENGUKURAN WI-FI 6 INDOOR OUTDOOR SKALA LABORATORIUM

Made Sutha Yadnya, Sayyidis Syariful Halim
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl.
Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: msyadnya@unram.ac.id

ABSTRAK

Wi-Fi 6 dapat memberikan kecepatan tinggi, latensi rendah. Jaringan tinggi fitur kepadatan yang jelas membawa banyak manfaat bagi swasta jaringan. Misalnya kasus penggunaan seperti aplikasi video streaming membutuhkan banyak koneksi perangkat. Namun ini tidak cukup untuk semua jenis aplikasi seperti mereka yang memiliki kebutuhan mobilitas tinggi seperti perangkat POS, atau aplikasi yang membutuhkan komunikasi jarak jauh. Pada jurnal ini dilakukan pengukuran serta pemodelan dari kondisi berasumsi jarak serta Access Point. Kondisi tersebut dilaksanakan pada skala laboratorium. Pemodelan ini akan memprediksi QoS dan QoE.

Keyword: Wi-Fi 6 802.11ax Qos QoE

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus meningkat telah mengakibatkan peningkatan kebutuhan manusia dalam akses informasi. Kemajuan teknologi memberikan berbagai keunggulan, seperti mempercepat proses mendapatkan informasi dan mempermudah pencarian informasi yang dibutuhkan. Salah satu sarana yang penting dalam mendapatkan informasi adalah internet, yang telah menjadi fokus utama dalam perkembangan teknologi manusia.

dengan munculnya standar baru seperti Wi-Fi 6 (802.11ax). Wi-Fi 6 merupakan teknologi yang dirancang untuk memberikan peningkatan signifikan dalam kecepatan, kapasitas, dan kinerja jaringan nirkabel. Dalam konteks perancangan dan implementasi jaringan komputer skala kecil, penggunaan teknologi Wi-Fi 6 dapat memberikan berbagai keuntungan yang signifikan. (Prakasa, Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil, 2023).

Keberadaan Wireless Communications (nirkabel) yang telah menghubungkan koneksi miliaran pengguna atau user ke jaringan Internet yang kini dapat mengambil banyak manfaat dari sisi digital ataupun dari sisi ekonomi, bahkan keberadaan nirkabel telah menjadi sebuah ketergantungan diberbagai sektor kehidupan, mulai dari pengguna jejaring sosial, pelaku perekonomian, pelaku perbankan, jasa transportasi hingga berbagai layanan – layanan dalam kebutuhan sehari – hari seperti, pembayaran ataupun belanja. Kelebihan yang kita dapatkan dari komunikasi nirkabel adalah segi mobilitas, fleksibilitas, dan dari segi kemudahan penggunaannya. Kini jaringan nirkabel telah menjadi sebuah teknologi yang bisa dipasangkan ke perangkat – perangkat seperti: Cellular Phone (smartphone), Radio Transceiver, Remote Sensing, Remote Control, Radio Receiver, TV, GPS (Global Positioning System), Wireless Modem, Microwave, atau Satellite yang bisa memungkinkan sebuah akses ke sumber informasi melalui Internet, dimana konsep sistem komunikasi jaringan nirkabel ini menggunakan Gelombang Elektromagnetik, seperti: Radio Frequency (RF), WiFi,

Bluetooth, RFID, Inframerah (IR), Microwave, atau jenis gelombang lainnya sebagai pengganti kabel untuk mengirimkan sinyal, data dan informasi. Kini jaringan nirkabel terus berkembang sejalan dengan jaringan komunikasi nirkabel, seperti 5G, Artificial Intelligence (AI atau kecerdasan buatan), dan Internet of Things (IoT). (Muhajir Syamsu, 2022)

Untuk menilai kualitas layanan yang disediakan oleh operator jaringan pada jaringan nirkabel, diperlukan penerapan standar layanan yang dikenal sebagai Quality of Service (QoS) dan Quality of Experience. QoS adalah kemampuan jaringan untuk mengatur dan menyediakan layanan data yang mengalir melaluinya. Beberapa parameter penting yang digunakan untuk mengukur kualitas jaringan WLAN termasuk Delay (keterlambatan), Packet Loss (kehilangan paket data), dan Throughput (bandwidth aktual). QoE adalah ukuran subjektif yang mencerminkan persepsi pengguna terhadap kualitas layanan atau produk, yang dapat mencakup berbagai faktor seperti kualitas jaringan, audio dan video, kinerja jaringan, kecepatan respons, ketersediaan layanan, dan banyak aspek lainnya.

Teknologi Wi-Fi 6 (802.11ax) Wi-Fi 6, juga dikenal sebagai 802.11ax, adalah standar terbaru dalam teknologi jaringan nirkabel yang mengatur komunikasi dan pertukaran data antara perangkat-perangkat yang terhubung dalam jaringan Wi-Fi. Wi-Fi 6 dirancang untuk memberikan peningkatan dalam kecepatan, kapasitas, dan efisiensi jaringan nirkabel.

Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh access point diterima langsung oleh client tanpa melalui suatu hambatan. Pada propagasi indoor terdapat 3 pemodelan yaitu tanpa penghalang, dengan penghalang dinding, dan dengan penghalang lantai (Agung Indra Prasetya, 2017).

Tabel 1. Standar Wlan (Edward J, 2021)

Features	Wi-Fi 4 (802.11n)	Wi-Fi 5 (802.11ac)	Wi-Fi 6/Wi-Fi 6 E (802.11ax)
Data rate	Up to 600 Mbps	Up to 7 Gbps	Up to 9.6 Gbps
Carrier Frequency	2.4, 5	5	2.4, 5, 6
Channel Bandwidth	20, 40	20, 40, 80, 80 + 80, 160	20, 40, 80, 80 + 80, 160
Frequency multiplexing	OFDM	OFDM	OFDM and OFDMA
OFDM symbol time (μs)	3.2	3.2	12.8
Guard interval (μs)	.04, .08	.04, .08	.08, 1.6, or 3.2
Total symbol time (μs)	3.6, 4.0	3.6, 4.0	13.6, 14.4, 16.0
Modulation	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM
MU-MIMO	N/A	DL	DL and UL
OFDMA	N/A	N/A	DL and UL
Radios	MIMO (4x4)	MU-MIMO (DL) (8x8)	MU-MIMO (DL & UL) (8x8)

Sumber: (Edward J, 2021)

WiFi 6 atau standarisasi 802.11ax adalah teknologi jaringan nirkabel terbaru yang memberikan peningkatan signifikan pada standar jaringan nirkabel. Teknologi ini diciptakan sebagai solusi untuk kebutuhan untuk meningkatkan performa dan konektivitas data serta memenuhi kebutuhan bandwidth yang besar karena saat ini lebih banyak perangkat yang perlu dihubungkan ke internet. Teknologi WiFi 6 menawarkan fitur baru seperti tersedianya pilihan penggunaan frekuensi 2.4 Ghz dan frekuensi 5 Ghz, mendukung hingga delapan transmisi MU-MIMO sekaligus dan menggunakan modulasi OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), dimana teknologi ini dapat memulihkan masalah multi-path (lintasan jamak) sehingga OFDMA ideal untuk mengatasi lingkungan banyak obstacle (penghalang sebagai pemantul) dan lingkungan jaringan nirkabel. (Vian Ardiyansyah Saputro, 2022) (Evgeny Khorov, 2019).

2. METODE PENELITIAN

Metodologi Pengukuran

Metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan Perangkat laptop sebagai user yang mendukung WiFi 6 dan juga software wireshark untuk mengcapture paket data yang Terhubung melalui jaringan Handphone WiFi 6 802.11ax. Pengukuran dilakukan dengan menjauhi dari AP di 15 titik Indoor dan Outdoor Gedung C Lab Hydro Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Metodologi Penyelesain Masalah

- a. Metode penyelesaian masalah yang digunakan adalah:

Studi Literatur

Metode ini dilakukan untuk menemukan teori-teori yang mendukung dan menambah pengetahuan yang berkaitan dengan WiFi 6 802.11ax, QoS, QoE dan wireshark.

Observasi Lapangan

Survey lokasi pengukuran pada Lab Hydro Fakultas Teknik Universitas Mataram. Identifikasi Parameter QoS dengan menghubungkan Laptop dengan AP

- b. Persamaan yang digunakan

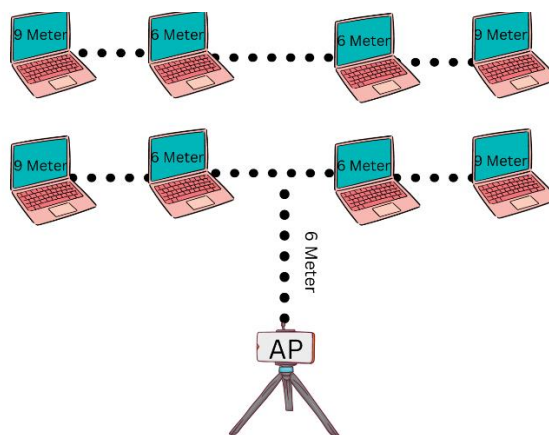
Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Througput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirm}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

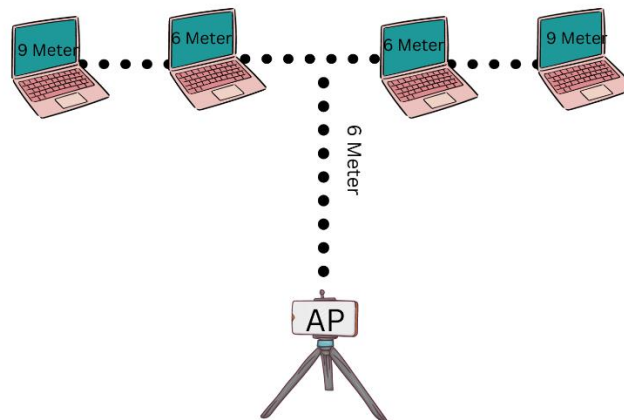
$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Paket data yang dikirm} - \text{Paket data yang diterima}}{\text{Paket data yang dikirm}} \quad (2)$$

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \quad (3)$$

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad (4)$$



Gambar 1. Layout Pengukuran Indoor



Gambar 2. Layout Pengukuran Outdoor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi *jitter* dan *delay*. Parameter QoS adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti: Redaman, Distorsi, dan *Noise*. (ETSI, 1999)

Quality of services berisi parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan. QoS didesain untuk membantu *end-user (client)* menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa user mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan. Berikut ini adalah parameter-parameter QoS sebagai berikut : (Budima, 2020)

Throughput, *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam mentransmisikan berkas. Berbeda dengan *bandwidth* walaupun satuannya sama *bits per second (bps)*, tetapi *throughput* lebih menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya pada suatu waktu dan pada kondisi dan jaringan tertentu yang digunakan untuk mengunduh suatu *file* dengan ukuran tertentu. Nilai *throughput* dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim (kbps)}}{\text{Waktu pengiriman data(s)}} \quad (1)$$

Packet loss, *Packet loss* adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan atau juga radiasi dari lingkungan sekitar. *Packet loss* merupakan parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan (Utami, 2020)

Nilai *Packet loss* dapat dihitung menggunakan Persamaan 2).

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim (kbps)}}{\text{Waktu pengiriman data(s)}} \quad (2)$$

Tabel 2 standarisasi TIPHON untuk Packet loss

Kategori	Packet loss	Indeks
Sangat Baik	0-2 %	4
Baik	3-14 %	3
Cukup	15 - 24 %	2
Buruk	>25%	1

(Sumber : TIPHON)

Delay, Delay adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay di dalam jaringan dapat digolongkan sebagai berikut:

- a) *Packetization delay* Delay yang disebabkan oleh waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan paket IP dari informasi *user*. Delay ini hanya terjadi sekali saja, yaitu di sumber informasi.
- b) *Queuing delay* Delay ini disebabkan oleh waktu proses yang diperlukan oleh router dalam menangani transmisi paket di jaringan.
- c) *Delay propagasi* Proses perjalanan informasi selama di dalam media transmisi, misalnya kabel SDH, *coaxial* atau tembaga, menyebabkan *delay* yang disebut dengan *delay propagasi* (Budima, 2020) (Made Sutha Yadnya, 2020) Nilai *Packet loss* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3).

$$Delay \text{ rata-rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total Packet yang diterima}} \quad (3)$$

Tabel 3 standarisasi TIPHON untuk Delay

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Baik	<150 ms	4
Baik	150 - 300 ms	3
Cukup	300 - 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

(Sumber : TIPHON)

Jitter. *Jitter* merupakan variasi *delay* antara paket yang terjadi pada jaringan. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter* akan semakin besar.

Tabel 4. Standarisasi TIPHON untuk Jitter

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	1 s/d 75 ms	3
Cukup	76 s/d 125 ms	2
Buruk	>225 ms	1

(Sumber : TIPHON)

Wireshark. *Wireshark* adalah sebuah *Network Packet Analyzer*. *Network Packet Analyzer* akan mencoba “menangkap” paket-paket jaringan dan berusaha untuk menampilkan semua informasi di paket tersebut sedetail mungkin. Kita bisa mengumpamakan sebuah *Network Packet Analyzer* sebagai alat untuk memeriksa apa yang sebenarnya sedang terjadi di dalam kabel jaringan, seperti halnya voltmeter atau tespen yang digunakan untuk memeriksa apa yang sebenarnya sedang terjadi di dalam sebuah kabel listrik. Dulunya, tooltool semacam ini sangatlah mahal harganya, dan biasanya dengan embel-embel hak cipta. Namun dengan adanya *Wireshark*, kita akan sangat dimudahkan. Oleh karena itu tidak sedikit yang bilang bahwa *Wireshark* adalah salah satu tool gratis (dan bahkan *open source*) terbaik untuk menganalisa paket jaringan (Anggita Nindya Wisnu Wardhana, 2017).

Tabel 5. 5G and Wi-Fi 6

Comparing key 3GPP 5G and Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) features.

Category	Variable	3GPP 5G	Wi-Fi 6/Wi-Fi 6 E
Technical	Peak data rate	2 Gbps (DL), 1 Gbps (UL)	10 Gbps 8x8 (DL), 5 Gbps (UL)
Technical	MU-MIMO	128x128	8x8
Technical	Coverage range	100-300 m for small cells, up to tens of km for macro cells	<50 m indoor, up to 300 m outdoor
Technical	Carrier aggregation	Yes	Yes, 40, 80, 160 (or 80 + 80)
Technical	Inter-cell interference	Controlled	Mainly uncontrolled
Technical	Channel Access Scheme	OFDMA	OFDMA
Spectrum	License type	Mostly licensed	Unlicensed
Spectrum	General bands	Low, mid and high	Low and mid
Spectrum	Specific frequencies	Low-band (<1 GHz), mid-band (1-7 GHz) and high-band (~24-29 GHz)	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz, 60 GHz
Spectrum	Channel Bandwidth	20, 40, 80, 100 MHz	20, 40, 80, 160 MHz
Business model and cost	Revenue model	Pre- or post-pay billing for data services	Either a service, 'free', amenity, or pure WLAN without external connection
Business model and cost	User equipment price	High	Low
Business model and cost	Public versus private	Traditionally publicly provided by an MNO	Traditionally privately provided
Business model and cost	Chip/modem cost	High	Low
Business model and cost	Data cost	Monthly subscription (\$5-20)	Free ('piggybacks' on fixed broadband)
Installation and skills	Deployment approach	Controlled and managed	Uncontrolled and mostly unmanaged
Installation and skills	Installation skill level	High	Low
Installation and skills	Development skill level	High	Low

Sumber: (Edward J, 2021)

Tabel 6. Main Features OF 802.11AX

Legacy feature	PHY	New 802.11ax features
Spectrum	up to 40 MHz at 2.4 (11n), up to 160 MHz at 5 GHz (11ac), or up to 16 MHz at 0.9 GHz (11ah)	up to 40 MHz at 2.4, up to 160 MHz at 5 GHz
OFDM Constellation Order	256-QAM (11ac)	1024-QAM
OFDM Symbol duration	3.2 μs	12.8 μs
OFDM Guard Interval	0.4 or 0.8 μs (10 or 20% overhead)	0.8, 1.6 or 3.2 μs (5, 10 or 20% overhead)
MIMO Order	4 (11n), 8 (11ac)	8
Maximal Data Rate	≈ 7 Gbps	≈ 9.6 Gbps
Channel Access		
Basic channel access	CSMA/CA	OFDMA on top of CSMA/CA
Random Channel Access	DCF, EDCA	UL OFDMA Random Access on top of CSMA/CA
Contention-free Access	PCF, HCCA (not implemented in real devices), RAW (11ah)	Trigger-based UL OFDMA
MU Technology	MU-MIMO (11ac)	MU-MIMO, OFDMA
MU transmission direction	DL (11ac)	DL and UL
Fragmentation	Static	Flexible
Aggregation	A-MSDU, A-MPDU (11n) without fragmentation	A-MPDU, A-MSDU with Fragmentation
HE/Legacy Fairness		2 EDCA Parameter Sets
OBSS Management		
Interference Mitigation	NAV, RTC/CTS, HCCA TXOP Negotiation	Two NAVs, Quiet Period
Spatial Reuse	Sectorization (11ah)	Adaptive Power and Sensitivity Thresholds, Color
Power Management		
Power Management	Many	Enhanced TWT, Enhanced Microsleep

Sumber: (Evgeny Khorov, 2019)

Perhitungan Parameter QoS

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Througput} &= \frac{\text{Jumlah data yang dikirm}}{\text{Waktu pengiriman data}} = \frac{747036}{8,170} = 91,436 \text{ bytes/s} \times 8 \\
 &= 731 \text{ Kb} \\
 &= 0,731 \text{ Mbps} \\
 2. \text{ Packet Loss} &= \frac{\text{Paket data dikirm} - \text{Paket data Diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100\% \\
 &= \frac{632 - 632}{632} \times 100\% \\
 &= 0\% \\
 3. \text{ Delay} &= \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \\
 &= \frac{8,170053}{632} = 0,012927 \text{ s} = 12,93 \text{ ms} \\
 4. \text{ Jitter} &= \frac{\text{Total variasi Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \\
 &= \frac{6,043811}{632} = 0,009563 \text{ s} = 9,56 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Pengukuran ini dilakukan sebanyak 2 kali pada *indoor* dan *Outdoor*, dengan 10 titik dimana tiap titik diambil data sebanyak 30 data. Dari Pengukuran nilai *Indoor* didapatkan nilai rata rata.

Tabel 7. Pengukuran Indoor Lt 1 Indoor WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
Rata-rata	0,700	0,08	13,08	9,5
Skor Indeks	1	4	4	4

Tabel 8. Pengukuran Indoor Lt 2 WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
6 Meter	1,192	0,11	3,84	6,54
Skor Indeks	4	4	4	4

Tabel 9. Pengukuran Outdoor WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
Rata-rata	0,596033	0,16	5,204	4,885193
Skor Indeks	4	4	4	4

Hasil dari data pengukuran QoS sebanyak 30 data didapatkan nilai rata – rata untuk masing masing throughput, packet loss, delay dan juga jitter pada kondisi indoor dan outdoor.

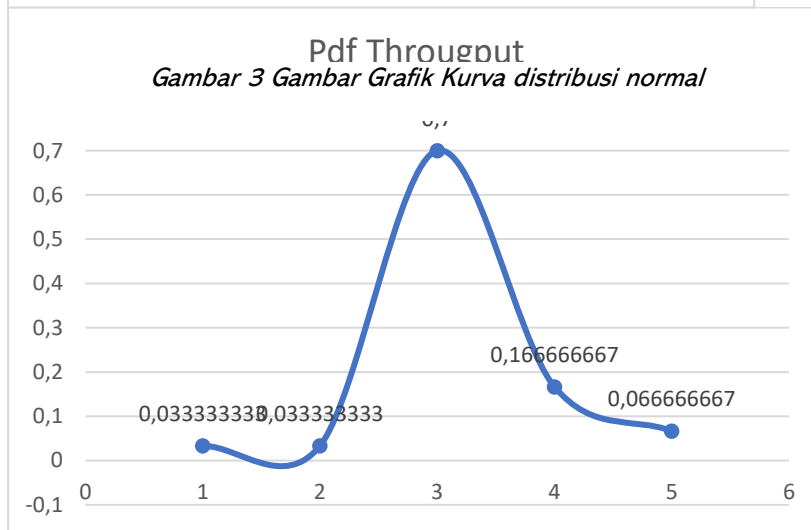
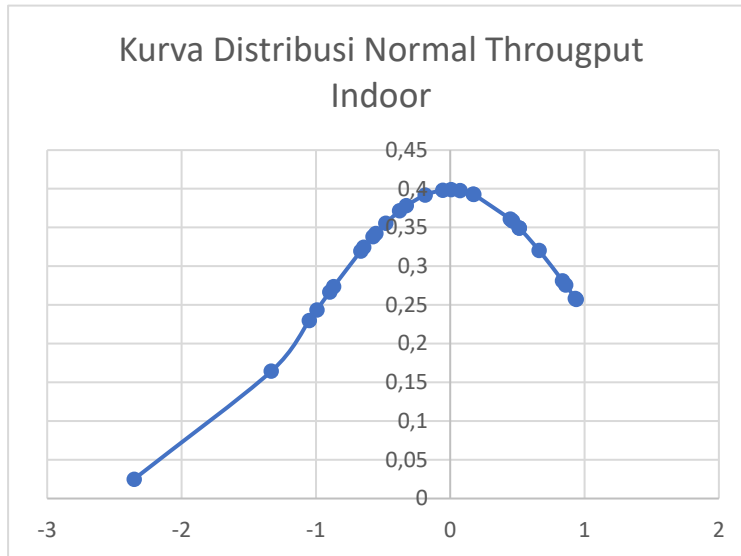
Mengacu pada tabel standarisasi TIPHON, maka dapat dikategorikan nilai QoS Wi-Fi 6 pada kondisi indoor dan Outdoor tergolong sangat baik, akan tetapi pada nilai rata rata throughput indoor didapatkan nilai skor indeks cukup, hal tersebut bisa disebabkan beberapa factor seperti propgasi ruangan dan waktu pengukuran dilakukan pada jam sibuk,

Througput Indoor : 0,283 – 1,156 Mbps *Delay Indoor* : 6,26 – 27,28 ms

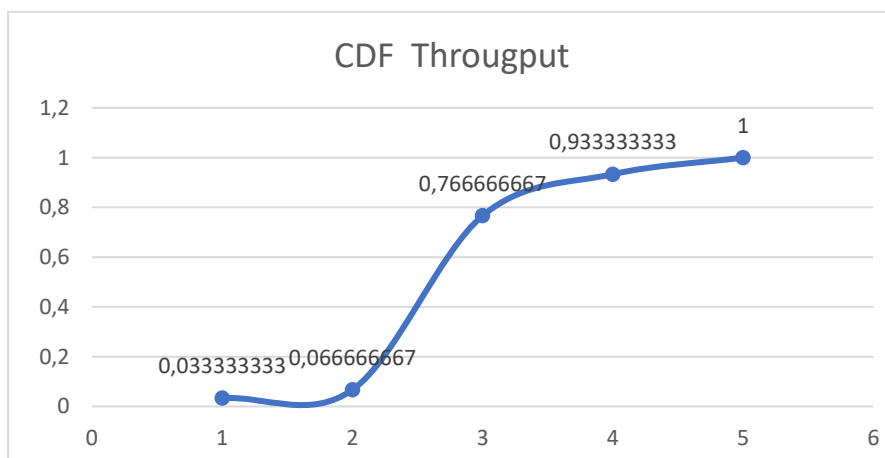
Througput Outdoor: 0,742 – 11,00 Mbps *Delay Indoor* : 0 – 12,4 ms

Packet loss Indoor : 0 – 1 % *Jitter Outdoor* : 0 – 42,9 ms

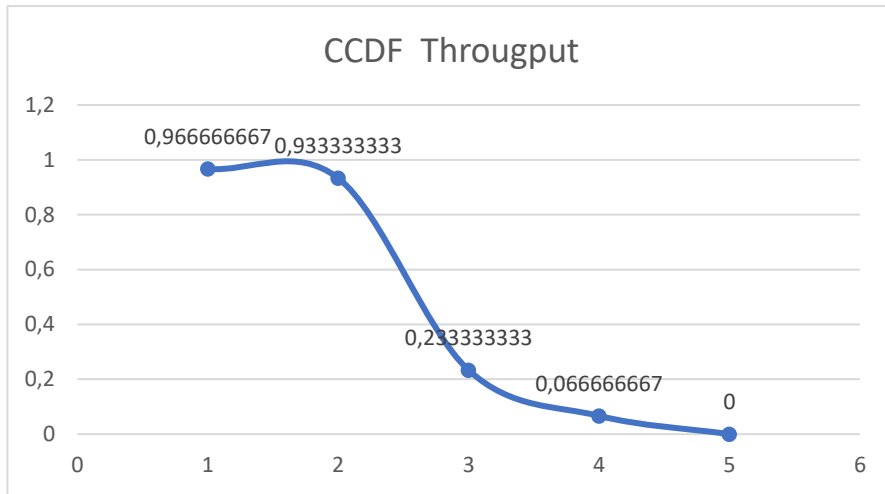
Packet loss Outdoor: 0 – 1,5% *Jitter Outdoor* : 0 – 21,29 ms



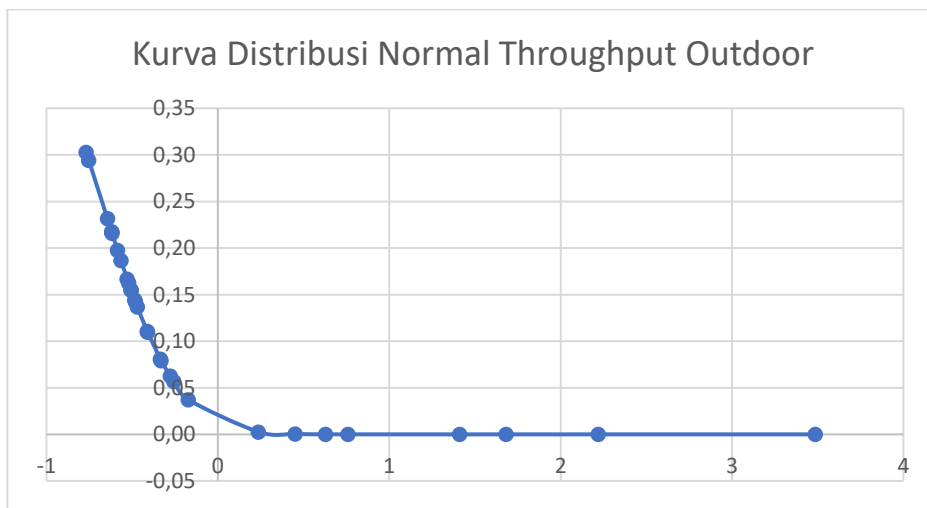
Gambar 4. Gambar grafik PDF Throughput



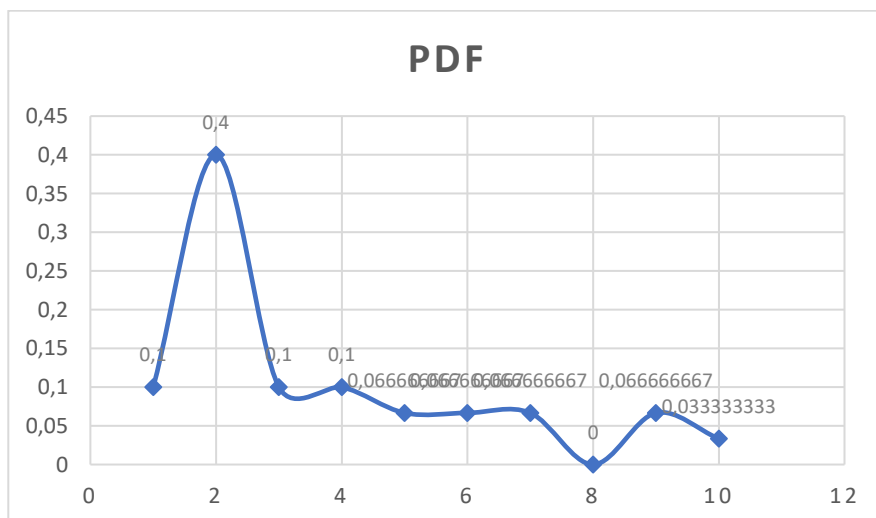
Gambar 5. Gambar Grafik CDF Throughput



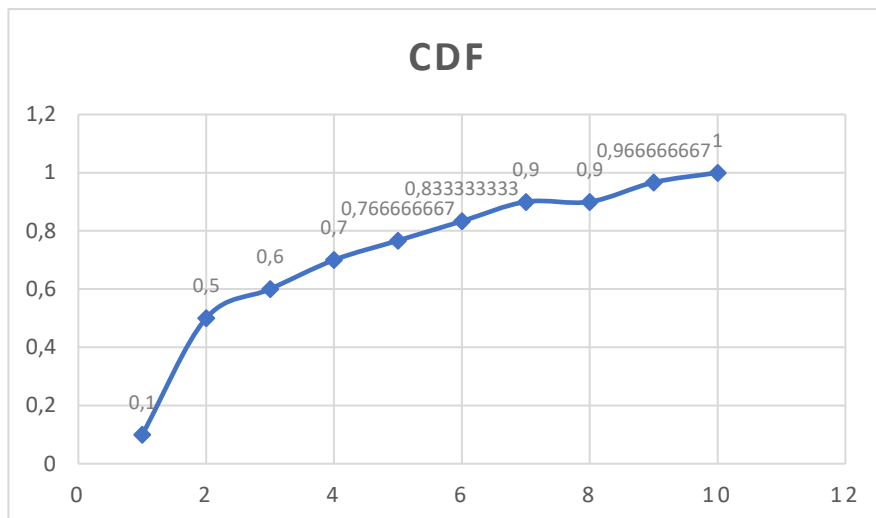
Gambar 6. Grafik CCDF Througput



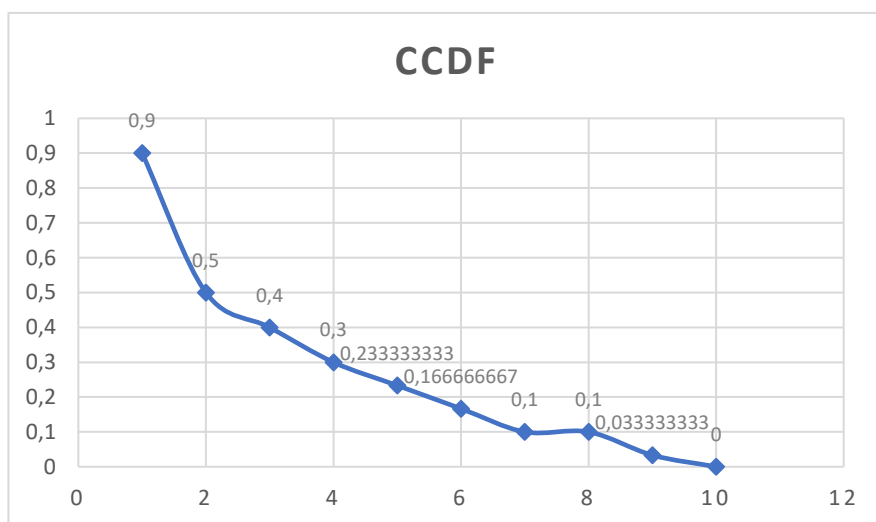
Gambar 7. Kurva Distribusi Normal Throughput Outdoor



Gambar 8. Grafik PDF Throughput Outdoor



Gambar 9. Grafik CDF Throughput Outdoor



Gambar 10. Grafik CCDF Throughput Outdoor

4. KESIMPULAN

Wi-Fi 6 dirancang untuk memberikan peningkatan dalam kecepatan, kapasitas, dan efisiensi jaringan nirkabel teknologi 802.11ax terbaru yang memberikan peningkatan signifikan pada standar jaringan nirkabel dengan frekuensi 5Ghz didapatkan kualitas nilai Parameter Throughput rata-rata pada indoor 2,1700 Mbps dan Outdoor 1,6 Mbps, dan Packet loss Indoor dan Outdoor sebesar 0,08 dan 0,16 % tergolong sangat baik, nilai Delay pada pengukuran didapatkan nilai rata-rata sebesar 13,08 dan 5,20 ms dan jitter didapatkan sebesar 9,5 dan 4,88 ms. Pada pengukuran pada area *Indoor* sinyal yang mampu untuk mengakses kualitas internet berada pada jarak maksimal 9 meter. nilai yang pengukuran yang fluktuatif dikarenakan pengukuran dilakukan dengan dua kondisi yakni Indoor (Laboratorium) dan Outdoor dimana kondisi *Outdoor* lebih bagus daripada *Indoor*.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Agung Indra Prasetya, G. S. (2017). ANALISIS PROPAGASI INDOOR WLAN 802.11g. E-Journal SPEKTRUM, IV(2), 3.

2. Anggita Nindya Wisnu Wardhana, M. Y. (2017). ANALISIS QUALITY of SERVICE (QoS) JARINGAN . *semanTIK*, 3(5), 52.
3. Anwar, S., Afriyani, A., Ula, P. S., Safriana, I., Fajri, I., & Ariska, R. (2017). Visitor behavior in the library of Syiah Kuala University based on their visiting time duration. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 119-136.
4. Arifah, S. N., & Fernando, Y. (2022). Upaya Meningkatkan Citra Diri Melalui Game Edukasi. 3(3), 295–315.
5. Budima, D. H. (2020). ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN . *JUIRNAL PINTER*, 4(3), 1-2.
6. Edward J, O. (2021). Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs Wi-Fi 6. *ELSEVIER*, 45(3), 8-9.
7. ETSI. (1999). Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS). RANCE: ETSI.
8. Evgeny Khorov, A. K. (2019). A Tutorial on IEEE 802.11ax High. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 21(9), 200-202.
9. Made Sutha Yadnya , IWayan Sudiarta, "Synthesis of 4G outdoor femtocells under rain conditions in Mataram" *AIP Conference Proceedings* 2043.
10. Made Sutha Yadnya, Gamantyo H, A. Mauludiyato. ". Pemodelan ARMA untuk Curah Hujan di Surabaya." *SITIA* 8 Mei 2008 Surabaya 1, 61-67
11. Anwar, S., Afriyani, A., Ula, P. S., Safriana, I., Fajri, I., & Ariska, R. (2017). Visitor behavior in the library of Syiah Kuala University based on their visiting time duration. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 119-136.
12. Muhajir Syamsu, W. (2022). *JuTech*, 142-145.
13. Prakasa, A. (2023). Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil . *cyberarea.id*, 1-3.
14. Prakasa, A. (2023). Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil . *cyberarea.id*, 3(12), 1-9.
15. Suer, M. T., Jose, P., & Tchouankem, H. (2022, December). Experimental evaluation of IEEE 802.11 ax-low latency and high reliability with Wi-Fi 6?. In *GLOBECOM 2022-2022 IEEE Global Communications Conference* (pp. 377-382). IEEE.
16. Utami, P. R. (2020). ANALISIS PERBANDINGAN QUALITY OF SERVICE JARINGAN. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 25(4), 3.
17. Vian Ardiyansyah Saputro, S. R. (2022). Pengaruh Penggunaan Beacon Interval Dalam . *Jurnal Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan*, VI(3), 29-35.

IDENTIFIKASI FAKTOR RESIKO KEJADIAN MALARIA DI PESISIR PANTAI PULAU LOMBOK

Eva Triani¹, Eka Arie Yuliyani², Putu Suwita Sari³, Adelia Riezka Rahim¹, Dody Handito⁴

¹Bagian Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Mataram

²Bagian THT-KL Fakultas Kedokteran Universitas Mataram

³Program Studi Kedokteran Kelautan Fakultas Kedokteran Universitas Mataram

⁴Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: evatriani.fk@unram.ac.id

ABSTRAK.

Malaria merupakan penyakit yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global. Salah satu dampak yang nyata adalah pada perkembangan sosial dan ekonomi dalam masyarakat. Indonesia adalah salah satu Negara di Asia Tenggara yang sebagian besar wilayahnya masih menjadi daerah endemis malaria. Di kawasan Nusa Tenggara Barat tren API mengalami peningkatan dari 0.41 pada tahun 2015 menjadi 0.42 pada tahun 2016. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa faktor risiko kejadian malaria dan mengukur besarnya berbagai faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian malaria di pulau Lombok. Penelitian ini menggunakan desain *case control* dengan mencari hubungan seberapa jauh faktor risiko meliputi lingkungan dalam rumah, lingkungan luar rumah dan perilaku mempengaruhi terjadinya penyakit (*cause-effect relationship*) malaria. Kelompok kasus adalah semua orang yang dinyatakan malaria klinis sedangkan kelompok kontrol adalah semua orang yang dinyatakan bebas malaria. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 134 responden, sampel kasus dan kontrol diambil secara acak sebanyak masing-masing 67 orang dengan cara matching. Hasil analisis bivariate didapatkan faktor risiko kasa ventilasi rumah (OR= 3,71, 95% CI= 1,808-7,597), kebiasaan menggunakan kelambu (OR= 5,82, 95% CI = 2,728 - 12,433) dan kebiasaan menggunakan obat anti nyamuk waktu tidur (OR = 3,43, 95% CI = 1,666 - 6,970). Dari analisis multivariate didapatkan faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian malaria yaitu keberadaan kasa nyamuk ventilasi, kebiasaan menggunakan kelambu, kebiasaan menggunakan obat anti nyamuk waktu tidur. Apabila seorang tinggal di rumah yang tidak terpasang kasa nyamuk pada ventilasinya, tidur tanpa menggunakan kelambu dan tanpa menggunakan obat anti nyamuk memiliki probabilitas/kemungkinan terkena risiko malaria sebesar 10%.

Keyword: malaria, tren API, faktor risiko, case control, cause-effect relationship

1. PENDAHULUAN

Malaria adalah salah satu penyakit tropis yang terus berkembang hingga saat ini, menyebabkan penderitaan berjuta-juta orang di seluruh dunia. Setiap tahunnya berjuta orang menderita bahkan akhirnya meninggal dunia akibat malaria. Malaria disebabkan oleh protozoa obligat intraselular dari genus Plasmodium. Pada manusia, malaria dapat disebabkan *P.malariae*, *P.vivax*, *P.facifarum* dan *P.ovale*. Penularan malaria dilakukan oleh nyamuk betina Anopheles. 400 spesies nyamuk Anopheles telah ditemukan 67 spesies yang dapat menularkan malaria dan 24 di antaranya ditemukan di Indonesia. Selain karena gigitan nyamuk, malaria juga dapat ditularkan langsung melalui transfusi darah atau melalui jarum suntik yang tercemar darah yang mengandung parasit, atau dari ibu hamil kepada bayinya. (Bartoloni, 2012)

Estimasi WHO memperkirakan saat ini kira-kira 2,5 miliar manusia di dunia tinggal atau hidup di daerah-daerah endemis malaria. Bila di wilayah endemis itu malaria tidak ditanggulangi secara efektif dan sistematis, dapat dipastikan bahwa penduduk akan mendapat risiko yang sangat besar untuk ditulari malaria.

Malaria di Indonesia masih merupakan salah satu penyakit yang sampai saat ini masih menjadi ancaman, bahkan sering menimbulkan kematian apabila tidak diobati secara benar. Malaria menduduki urutan kedelapan dari 10 besar penyakit penyebab utama kematian di Indonesia. Beberapa daerah dikawasan timur Indonesia mulai dari Kalimantan, Sulawesi Tengah sampai ke Utara, Maluku, Irian Jaya, Lombok sampai NTT merupakan daerah endemis malaria. Salah satu wilayah Nusa Tenggara Barat yang masih endemis malaria adalah Pulau Lombok. Daerah ini juga memiliki suspek malaria tertinggi dibandingkan dengan kabupaten lain di NTB yaitu sebanyak 27.503 orang pada tahun 2015 (Dinkes Lombok Barat, 2022)

Angka kesakitan (morbidity) malaria pada suatu wilayah ditentukan dengan *Annual Parasite Incidence* (API). API merupakan jumlah kasus positif malaria per 1000 penduduk per satu tahun. Di Indonesia, dari tahun 2011 sampai 2015 *tren* API mengalami penurunan yaitu dari 1,75 pada tahun 2011 menjadi 0,85 pada tahun 2015 (Infodatin, 2016). Di NTB *tren* API malaria juga mengalami penurunan, yaitu 1,03 pada tahun 2011 dan menjadi 0,41 pada tahun 2015 , namun mengalami peningkatan kembali tahun 2016 menjadi 0,42.(Dinkes NTB, 2023)

Untuk pengendalian kasus malaria ini, pemerintah membuat program pengendalian yang dimulai pada tahun 2008 sampai sekarang, yang meliputi kegiatan sosialisasi dan peningkatan kualitas pengobatan obat anti malaria dengan ACT (Artemisinin Combination Therapy) di seluruh Indonesia, peningkatan pemeriksaan laboratorium/mikroskop, dan penemuan pengobatan dan pencegahan penularan malaria. Selain itu, dilakukan peningkatan perlindungan penduduk berisiko dan pencegahan penularan malaria khususnya melalui kegiatan pembagian kelambu berinsektisida (Long Lasting Insectisidal Net) gratis ke daerah endemis malaria tinggi yang masih dibantu oleh Global Fund (Kemenkes RI, 2018).

Untuk mendukung upaya keberhasilan program pengendalian malaria yang telah dicanangkan pemerintah sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian analisis berbagai factor resiko malaria didaerah pesisir Pantai di Pulau Lombok. Dalam tahap ini akan difokuskan pada pengumpulan data dasar mengenai angka kejadian malaria dan identifikasi factor resikonya. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dan melibatkan unsur masyarakat, puskesmas dan dinas terkait maka dihasilkan suatu program intervensi yang sesuai dengan karakteristik dan sumber daya masyarakat yang ada di Pulau Lombok. Dengan demikian maka kesinambungan program dapat berjalan dan pada jangka panjang dapat berperan dalam menurunkan angka kejadian malaria di masyarakat.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian multi-fase dengan tujuan menghasilkan metode intervensi pengendalian malaria berbasis masyarakat dan pelayanan kesehatan

yang aplikatif, feasible dan sesuai dengan karakteristik dan kondisi masyarakat di pesisir pantai Pulau Lombok. Penelitian ini menggunakan desain *retrospective study*, karena dilakukan dengan mengidentifikasi atau mencari hubungan seberapa jauh faktor risiko mempengaruhi terjadinya penyakit (*cause effect relationship*). Dalam penelitian ini ingin diketahui apakah factor risiko tertentu berpengaruh terhadap terjadinya efek yang diteliti dengan membandingkan kekerapan pajanan dan faktor risiko tersebut pada kelompok kasus dengan kelompok kontrol .

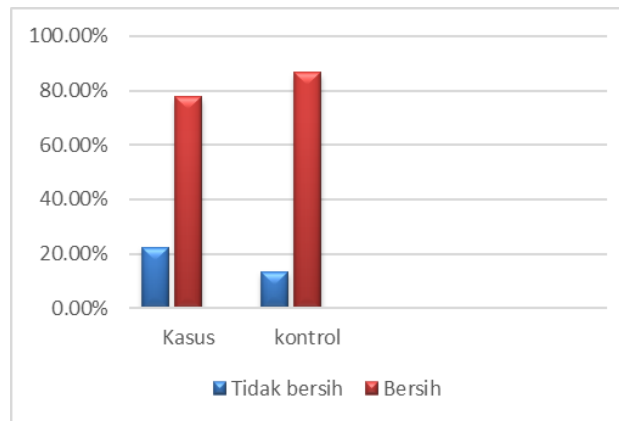
Pada kelompok kasus adalah semua orang yang dinyatakan malaria klinis dan tercatat sebagai pasien di Puskesmas Meninting dan Puskesmas Nipah pada periode awal Januari 2018 sampai akhir Desember 2022, bertempat tinggal di Kabupaten Lombok Barat dan Lombok Utara sebagai kasus. Kelompok kontrol yaitu semua orang yang dinyatakan bebas malaria yang bertempat tinggal di Wilayah kerja Puskesmas Meninting dan Puskesmas Nipah, dan tidak tinggal serumah dengan kasus, memiliki usia setara atau selisih 5 tahun, berjenis kelamin sama dengan kasus dan mempunyai faktor risiko sama dengan kelompok kasus. Sampel penelitian diambil dengan sistem acak, yaitu dengan cara memberikan kode angka pada nama-nama pasien yang tercatat sebagai penderita malaria di Puskesmas Meninting dan Puskesmas Nipah dan bertempat tinggal pesisir pantai. Nama nama yang diberi kode tersebut lalu diundi, nama-nama yang keluar dalam pengundian dijadikan sebagai sampel penelitian.

Data dianalisis dan diinterpretasikan untuk menguji hipotesis yang diajukan dengan menggunakan program komputer *SPSS For Windows* diantaranya adalah analisis univariat dan bivariat. Pada analisis univariat data yang terkumpul diolah dan dianalisis secara deskriptif, yaitu data untuk variabel disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, gambar atau gambar diagram maupun grafik. Sedangkan Analisis bivariat merupakan metode statistik yang digunakan menganalisis dalam studi kasus kontrol adalah uji *Chi-square* untuk mengetahui hubungan yang signifikan antara penyakit dan faktor yang berkontribusi terhadap penyebab malaria secara bivariat. Untuk rnenginterpretasikan hubungan risiko pada penelitian ini digunakan *Odds Ratio (OR)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian dilapangan jumlah kasus dan kontrol yang diikuti sertakan adalah sebanyak 134 responden yang terdiri dari 67 responden kelompok kasus dan 67 responden kelompok kontrol, sebagai kelompok kasus 67 responden adalah berdasarkan data di Puskesmas Meninting dan Puskesmas Nipah. Sebagai kelompok kontrol 67 responden dipilih dari orang yang dinyatakan negatif malaria selama periode 2018 tidak tinggal serumah dengan kelompok kasus, tidak ada penderita malaria di rumah kontrol, memiliki jenis kelamin samadengan kasus, memiliki usia setara dengan kasus atau selisih 4 tahun serta memiliki karakteristik terpapar faktor risiko yang sama dengan kasus. Berdasarkan jenis kelamin didapatkan jenis kelamin laki-laki lebih banyak yaitu sekitar 63% sedangkan yang berjenis kelamin perempuan yang terpilih sebagai responden, yaitu sekitar 37%. Adapun beberapa factor resiko yang berpengaruh dalam kejadian malaria diantaranya adalah:

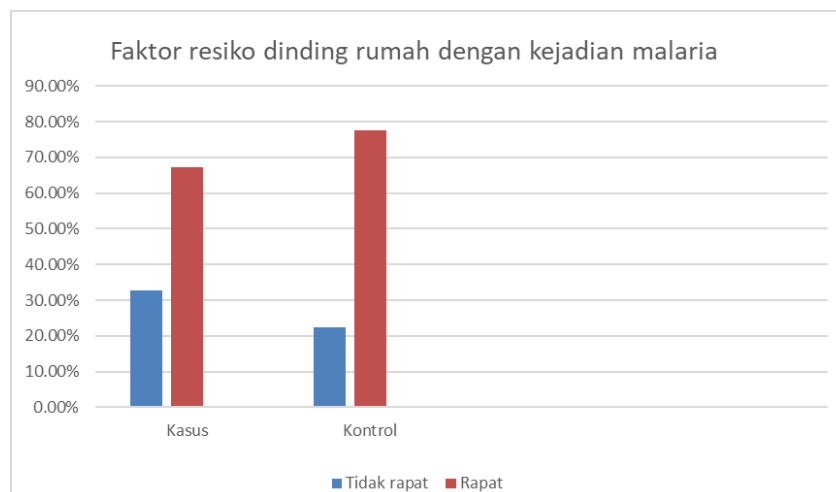
1. Keadaan rumah



Gambar 1. Grafik Faktor Risiko Kebersihan Rumah Dengan Kejadian Malaria

Berdasarkan hasil perhitungan dari 67 responden yang klinis malaria, 15 responden (22,4%) keadaan rumahnya tidak bersih dan 52 responden (77,6%) keadaan rumahnya bersih

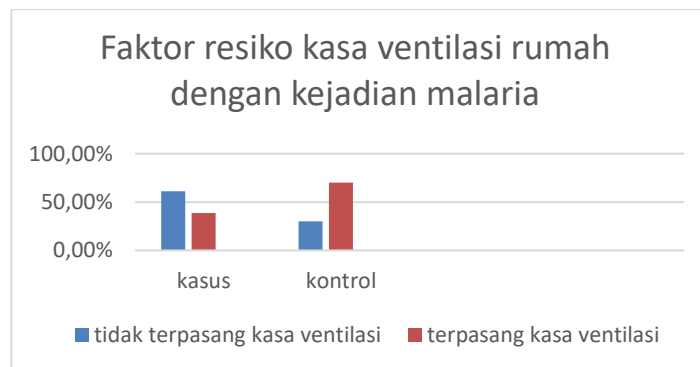
2. Dinding rumah



Gambar 2. Faktor Risiko Dinding Rumah Dengan Kejadian Malaria

Pada gambar 2. dapat kita lihat bahwa dari 67 responden yang klinis malaria, 22 responden (32,8%) keadaan dinding rumahnya tidak rapat dan 45 (67,2%) rumahnya rapat. Sedangkan pada kelompok kontrol 15 (22,4%) rumahnya tidak rapat dan 52 (77,6%) rumahnya rapat. Hasil analisis bivariat variabel dinding rumah dengan kejadian malaria didapat nilai $p = 0,246$ atau $p > 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan tidak ada hubungan antara dinding rumah dengan kejadian malaria.

3. Kasa ventilasi rumah



Gambar 3. Grafik penggunaan kasa ventilasi rumah

Berdasarkan hasil perhitungan pada 67 responden yang klinis malaria, 41 responden (61,2%) ventilasi rumahnya tidak terpasang kasa nyamuk dan 26 (38,8%) ventilasi rumahnya terpasang kasa nyamuk. Sedangkan pada kelompok kontrol 20 (29,9%) ventilasi. Hasil analisis bivariat variabel kasa ventilasi rumah dengan kejadian malaria didapat nilai p 0,001 atau $p < 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan ada hubungan antara kasa ventilasi rumah dengan kejadian malaria. Hasil perhitungan odds ratio (OR) diperoleh nilai sebesar 3,71 (Confidence interval) (CI) 95% = 1,808 – 7,597. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa orang yang tinggal di rumah yang tidak terpasang kasa nyamuk pada ventilasi, mempunyai risiko terjadinya malaria 3,71 kali lebih besar dibandingkan dengan orang yang tinggal di rumah yang terpasang kasa nyamuk pada ventilasinya.

4. Genangan air

Berdasarkan hasil perhitungan dari 67 responden yang klinis malaria, 26 responden (38,8%) ada genangan air disekitar rumahnya dan 41 (61,2%) tidak ada genangan air. Sedangkan pada kelompok kontrol 19 (28,4%) disekitar rumahnya ada genangan air dan 48 (71,6%) tidak ada genangan air disekitar rumahnya.

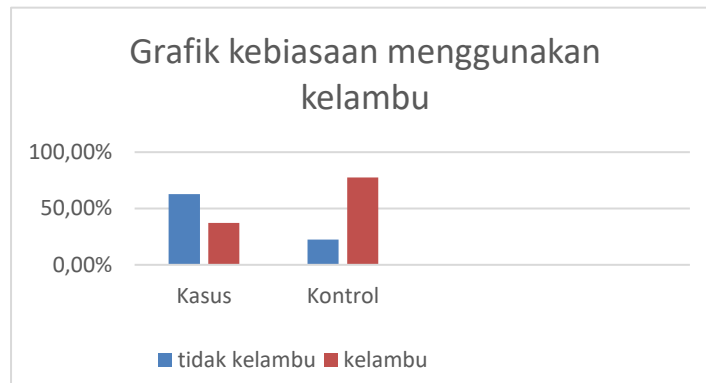
Hasil analisis bivariat variabel genangan air disekitar rumah dengan kejadian malaria didapat nilai p 0,272 atau $p > 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan tidak ada hubungan antara genangan air disekitar rumah dengan kejadian malaria. Genangan air yang dimaksud adalah air limbah rumah tangga penduduk yang ada di parit, air kotor dan keruh. Air seperti ini bukan merupakan tempat perkembang biakan nyamuk Anopheles, karena nyamuk Anopheles berkembang biak pada perairan yang jernih dan terdapat tanaman air.

5. Keberadaan Semak-semak

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.9, dari 67 responden yang klinis malaria, 31 responden (46,3%) tinggal kurang dari 100 m ada semak-semak dan 36 (53,7%) tinggal lebih dari 100 m dari semak-semak. Sedangkan pada kelompok kontrol 20 (29,9%) tinggal kurang dari 100 m dari semak-semak dan 47 (70,1%) tinggal lebih dari 100 m dari semak- semak.

Hasil analisis bivariat variabel keberadaan semak-semak disekitar rumah dengan kejadian malaria didapat nilai $p = 0,075$ atau $p \geq 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan tidak ada hubungan antara keberadaan semak- semak disekitar rumah dengan kejadian malaria.

6. Penggunaan kelambu

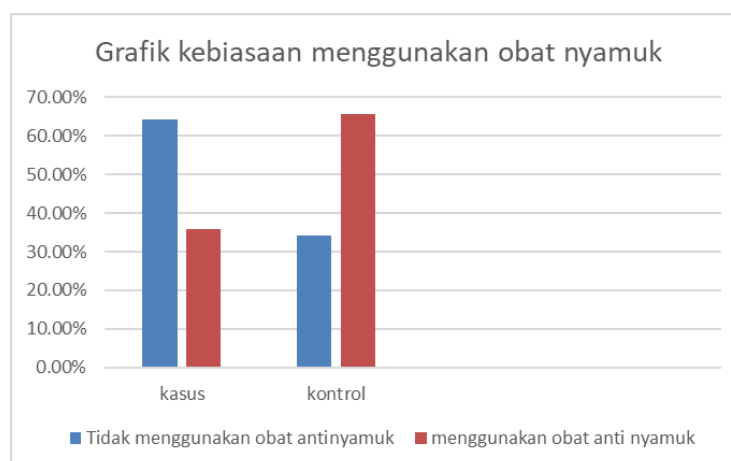


Gambar 4. Grafik kebiasaan menggunakan kelambu

Didapatkan responden yang klinis malaria, 42 responden (62,7%) tidak menggunakan kelambu dan 25 (37,3%) menggunakan kelambu. Sedangkan pada kelompok kontrol 15 (22,4%) tidak menggunakan kelambu dan 52 (77,6%) menggunakan kelambu.

Hasil analisis bivariat variabel kebiasaan menggunakan kelambu dengan kejadian malaria didapat nilai $p = 0,001$ atau $p \leq 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan ada hubungan antara kebiasaan menggunakan kelambu dengan kejadian malaria. Hasil perhitungan *odds ratio* (OR) diperoleh nilai sebesar 5,82 (*Confidence interval*) (CI) 95% = 2,728 -12,433. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa orang yang tidak menggunakan kelambu pada waktu tidur mempunyai risiko terjadinya malaria 5,82 kali lebih besar dibandingkan dengan orang yang menggunakan kelambu.

7. kebiasaan menggunakan obat antinyamuk



Gambar 5. Grafik kebiasaan menggunakan obat nyamuk

Pada responden yang klinis malaria, 43 responden (64,2%) tidak menggunakan obat anti nyamuk dan 24 (35,8%) menggunakan obat anti nyamuk. Sedangkan pada kelompok kontrol 23 (34,3%) tidak menggunakan obat anti nyamuk dan 44 (65,7%) menggunakan obat anti nyamuk.

Hasil analisis bivariat variabel kebiasaan menggunakan obat anti nyamuk dengan kejadian malaria didapat nilai $p = 0,001$ atau $p < 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan ada hubungan antara kebiasaan menggunakan obat anti nyamuk dengan kejadian malaria. Hasil perhitungan odds ratio (OR) diperoleh nilai sebesar 3,43 (Confidence interval) (CI) 95% = 1,666 – 6,970. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa orang yang tidak menggunakan obat anti nyamuk waktu tidur mempunyai risiko terjadinya malaria 3,43 kali lebih besar dibandingkan dengan orang yang menggunakan obat anti nyamuk.

8. kebiasaan berada di luar rumah malam hari

Berdasarkan hasil perhitungan 67 responden yang klinis malaria, 35 responden (52,2%) berada di luar rumah malam hari dan 32 (47,8%) tidak berada di luar rumah malam hari. Sedangkan pada kelompok kontrol 32 (47,8%) berada di luar rumah malam hari dan 35 (52,2%) tidak berada di luar rumah malam hari.

Hasil analisis bivariat variabel kebiasaan keluar rumah malam hari dengan kejadian malaria didapat nilai $p = 0,730$ atau $p > 0,05$. Secara statistik dapat dikatakan tidak ada hubungan antara kebiasaan keluar rumah malam hari dengan kejadian malaria.

4. KESIMPULAN

Beberapa faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian malaria yaitu keberadaan kasa nyamuk ventilasi, kebiasaan menggunakan kelambu, kebiasaan menggunakan obat anti nyamuk waktu tidur. Apabila seorang tinggal di rumah yang tidak terpasang kasa nyamuk pada ventilasinya, tidur tanpa menggunakan kelambu dan tanpa menggunakan obat anti nyamuk memiliki probabilitas/kemungkinan terkena risiko malaria sebesar 10%.

Perlu dilakukan penyuluhan secara intensif guna memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang cara mencegah dan menanggulangi malaria yaitu dengan memasang kasa nyamuk pada ventilasi rumah, menggunakan kelambu dan menggunakan obat anti nyamuk waktu tidur serta melakukan kegiatan surveilans malaria secara menyeluruh, baik pemantauan parasit dan spesies vektor serta kepadatan vektor malaria.

5. DAFTAR REFERENSI

- Bartoloni, A. and Zammarchi, L. (2012) 'Clinical Aspects of Uncomplicated and Severe Malaria', *Mediterranean Journal of Hematology and Infectious Diseases*, 4(1). doi: 10.4084/MJHID.2012.026.
- Bragi, R. (2019) *Lombok Barat Menuju Kabupaten Eliminasi Malaria*, Diskominfo Kabupaten Lombok Barat. Available at: <https://lombokbaratkab.go.id/lombok-baratmenuju-kabupaten-eliminasi-malaria/>

- Center for Disease Control and Prevention (2022) 'Mosquito Life Cycle : Anopheles species mosquitoes'. Available at: www.cdc.gov/malaria.
- Center for Disease Control and Prevention (2022) 'Mosquito Life Cycle : Anopheles species mosquitoes'. Available at: www.cdc.gov/malaria.
- Dansa, A. W. et al. (2015) 'Hubungan antara Kondisi Fisik Rumah dengan Kejadian Penyakit Malaria di Wilayah Kerja Puskesmas Sahu Kabupaten Halmahera Barat', Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, 003, pp. 1-8.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Lombok Barat (2022) Penderita Kasus Malaria (Update Terakhir Bulan Desember 2022), Sistem Informasi Warung Data, Diskominfotik Kabupaten Lombok Barat. Available at: <https://satudata.lombokbaratkab.go.id/datasektoral/DIKES/penderita+kasus+malaria?2022&1>
- Dinas Kesehatan Provinsi NTB (2023) Jumlah Kasus Malaria Positif di Provinsi NTB, Satu Data NTB. Available at: <https://data.ntbprov.go.id/dataset/jumlah-kasus-malaria-positifdi-provinsi-ntb>
- Hidayati, F. et al. (2023) 'Hubungan Kualitas Lingkungan dengan Kejadian Malaria (Wilayah Endemis Malaria, Lingkup Kerja Puskesmas Kaligesing, Kabupaten Purworejo Tahun 2022)', Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 22(1), pp. 21-27. doi: 10.14710/jkli.22.1.21-27.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2018a) Penanganan Kasus Malaria di Lombok Barat : Aktif Temukan Kasus dan Obati Secara Dini, Sehat Negeriku Sehat Bangsaku, Biro Komunikasi dan Pelayanan Masyarakat, Kementerian Kesehatan RI. Available at: <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20180918/0427979/penanganan-kasus-malaria-lombok-barat-aktif-temukan-kasus-dan-obati-secara-dini/>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2021) Profil Kesehatan Indonesia 2020, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. doi: 10.1524/itit.2006.48.1.6.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2022c) Wilayah-wilayah Endemis Malaria Tinggi di Indonesia, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Dinas Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Menular. Available at: <https://p2pm.kemkes.go.id/publikasi/artikel/wilayah-wilayah-endemis-malaria-tinggi-diindonesia>
- Luh, N. et al. (2022) 'Studi deskriptif kasus malaria sebelum dan sesudah gempa di Kecamatan Gunung Sari , Lombok Barat, Indonesia', 13(3), pp. 658-663. doi: 10.15562/ism.v13i3.1508.
- Madayanti, S., Raharjo, M. and Purwanto, H. (2022) 'Faktor Risiko Yang Mempengaruhi Kejadian Malaria di Wilayah Distrik Jayapura Selatan Kota Jayapura', Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 21(3), pp. 358-365. doi: 10.14710/jkli.21.3.358-365.

HASIL DAN KOMPONEN HASIL BEBERAPA VARIETAS SORGUM DENGAN JUMLAH POPULASI BERBEDA PADA TUMPANGSARI DENGAN KACANG TANAH DI LAHAN KERING

Akhmad Zubaidi*, Dwi Ratna Anugrahwati, Nurhalida, Muh. Ade Izzam Wahyudi
Fakultas Pertanian Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: akhmad.zubaidi@gmail.com

ABSTRAK

Percobaan ini dilakukan menggunakan metode eksperimental di lapangan, pada rancangan Split Plot dengan petak utama adalah sistem tanam (tumpangsari dan monokultur), sedangkan anak petak terdiri dari perlakuan varietas (Bioguma, Numbu, Pahat, Samurai dan Super-1) dan populasi tanaman (1, 2 dan 3 tanaman per rumpun). Tanaman sorgum monokultur memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan tumpangsari dengan kacang tanah; 5,2 t/ha vs. 3,7 t/ha. Varietas-varietas memberikan hasil berbeda; Numbu dan Bioguma memberikan hasil tertinggi, 5,3 t/ha dan 5,2 t/ha berturut-turut, diikuti Pahat 4,4 t/ha, terendah Samurai dan Super 1 dengan hasil 3,6 t/ha. Interaksi dengan jumlah tanaman per rumpun, Bioguma dengan 3 tanaman per rumpun memberikan hasil terbaik. Trend hasil menunjukkan semakin banyak tanaman dalam rumpun memberikan hasil lebih banyak, 3 tanaman per rumpun memberikan hasil terbanyak (5,7 t/ha) diikuti 2 tanaman per rumpun (4,6 t/ha) dan 1 tanaman per rumpun (3,0 t/ha). Belum diketahui jika populasi per rumpun diperbanyak lagi misalnya dengan 4 atau 5 tanaman, mengingat hasil per tanaman pada 3 tanaman per rumpun hanya sedikit menurun dibanding 2 atau 1 tanaman per rumpun.

Keyword: kacang tanah, populasi, pertumbuhan, sorgum, tumpangsari

1. PENDAHULUAN

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor*) merupakan tanaman sereal yang dapat diharapkan sebagai tanaman alternatif penghasil karbohidrat karena daya adaptasinya yang sangat luas, dapat ditanam pada saat ketersediaan air memadai sampai saat ketersediaan air terbatas, termasuk di lahan kering di musim kemarau. Sorgum lebih toleran kekurangan air dibandingkan jagung dan mempunyai peluang untuk dikembangkan di lahan yang biasanya tidak ditanami pada musim kemarau (Tabri dan Zubachtirodin, 2016).

Selain sebagai tanaman pangan sumber karbohidrat, sorgum mempunyai banyak kegunaan yang lain. Tanaman sorgum dapat dijadikan alternatif untuk diversifikasi pangan dan bahan pengganti padi di Indonesia karena kandungan gizi yang tinggi. Pemanfaatan sorgum yang dapat digunakan sebagai bahan hijauan pakan ternak yang bermutu melalui bioproses (Sirappa, 2003) dan sebagai gula fermentasi (Tew *et al.*, 2008) dengan kualitas mendekati nira tebu. Etanol dari sorgum memiliki daya bakar yang tinggi sehingga sangat baik untuk bahan baku biofuel.

Sorgum meskipun memiliki kemudahan dalam budidaya dengan adaptasinya yang luas dan kegunaan yang berlimpah, tetapi kurang diminati oleh petani yang disebabkan oleh nilai jual produk masih rendah dan pasar lokal kurang tersedia. Salah satu upaya untuk lebih mengenalkan tanaman sorgum adalah dengan menanam secara

tumpang sari dengan tanaman utama di suatu wilayah tanpa mengurangi produksi tanaman utama. Sementara itu tanaman kacang tanah adalah merupakan tanaman palawija yang cukup banyak ditanam di Lombok Utara dalam pergiliran tanaman pada sistem padi sawah.

Pengaturan populasi tanaman sangat penting mengingat pada tumpangsari jumlah cahaya yang diterima kacang tanah dapat berkurang. Dalam tumpangsari dengan jagung, ditemukan bahwa hasil kacang tanah berbeda dengan pengaturan baris jagung yang berbeda, hasil kacang tanah ditemukan lebih tinggi pada pengaturan tanaman jagung dengan baris ganda meskipun terjadi penurunan hasil untuk tanaman jagung (Zuchri, 2007). Widiastuti (2021) menunjukkan pengaruh beda pada hasil kacang tanah jika sorgum ditumpangsarikan berbeda jumlah tanaman per rumpun, dengan pengaturan pertanaman berbeda.

Upaya perlakuan tumpangsari kacang tanah dengan sorgum, memberikan Nilai Kesetaraan Lahan (NKL) lebih besar dari 1 yang artinya secara agronomis, tumpangsari ini menguntungkan (Zubaidi *et al.*, 2020). Hasil panen sorgum pada semua perlakuan tumpangsari menunjukkan hasil yang lebih tinggi pada perlakuan tumpangsari dengan kacang tanah (Zubaidi *et al.* 2020; Zubaidi *et al.* 2022) atau kedelai (Widiantika *et al.*, 2021) dibanding dengan tanaman sorgum monocrop. Akan tetapi tumpangsari ini masih memberikan penurunan hasil pada kacang tanah sebagai tanaman utama, sehingga diperlukan sistem tanam atau design penanaman yang berbeda untuk memberikan keuntungan yang lebih pada tumpangsari kacang tanah-sorgum.

Selain pengaturan populasi tanaman, varietas sorgum juga dapat mempengaruhi kompetisi antar tanaman yang ditumpangsarikan, penanaman varietas berbeda apalagi dengan karakteristik yang berbeda akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman utama. Pemilihan varietas menjadi faktor yang penting karena potensi genetik akan menentukan hasil yang cukup tinggi. Potensi hasil yang tinggi dari varietas juga tidak akan tercapai, bila pengelolaan lingkungannya tidak dilakukan dengan baik (Sitorus *et al.*, 2015; Siantar *et al.*, 2019).

Penelitian tentang pemilihan varietas dan populasi sorgum untuk meningkatkan efisiensi lahan pada tumpangsari, relatif masih sedikit. Belum diketahui varietas dan populasi tanaman sorgum yang memberikan hasil terbaik pada hasil kacang tanah dan sorgum pada tumpangsari.

2. METODE PENELITIAN

Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental di lapangan, yaitu pada lahan kering milik petani di Dusun Papak, Desa Segara Katon, Kecamatan Gangga Lombok Utara. Percobaan dilakukan mulai bulan Mei sampai dengan Agustus 2022.

Percobaan akan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial yang disusun secara split plot, dengan 3 faktor perlakuan yaitu: Sistem tanam, varietas dan populasi tanaman sorgum. Sistem tanam; monokultur dan tumpangsari sebagai petak utama, sedangkan varietas dan jumlah tanaman per rumpun sebagai anak petak. Varietas sorgum yang diuji terdiri dari: Bioguma, Numbu, Pahat, Samurai dan

Super-1. Populasi tanaman per hektar terdiri dari 50 ribu, 100 ribu, dan 150 ribu tanaman atau 1, 2, dan 3 tanaman per rumpun. Terdapat 30 kombinasi perlakuan pada percobaan ini yang masing-masing diulang 3 kali, sehingga terdapat 90 unit percobaan.

Pelaksanaan Percobaan

Benih yang digunakan adalah benih sorgum varietas Numbu, Bioguma, Pahat, Samurai dan Super 1, sedangkan untuk kacang tanah varietas yang digunakan adalah varietas lokal Lombok Utara. Benih yang ditanam adalah benih bernas, tidak rusak, berwarna cerah, terhindar dari hama dan penyakit serta benih yang bermutu.

Lahan yang digunakan dibersihkan dari gulma atau sisa tanaman lain sebelum melakukan penanaman. Kemudian tanah digemburkan dengan cangkul. Setelah itu dibuat bedengan percobaan dengan ukuran 2 m x 4 m sebanyak 90 petak percobaan. Jarak antar petak adalah 50 cm sedangkan jarak antar blok (ulangan) yaitu 100 cm.

Penanaman kacang tanah dilakukan 14 hari sebelum sorgum (Zubaidi *et al.*, 2021), atau sorgum ditanam 14 hari setelah kacang tanah. Kedalaman tugal untuk tanaman sorgum maupun kacang tanah adalah 3-5 cm. Kacang tanah ditanam 3 benih per lubang tanam kemudian akan dijarangkan menjadi 2 tanaman per rumpun saat berumur 7-10 hari. Benih sorgum ditanam 2, 3, 4 benih per lubang tanam kemudian dijarangkan saat berumur 10 hari menjadi 1, 2, dan 3 tanaman per rumpun sesuai perlakuan. Jarak tanam sorgum 100 cm x 20 cm, sedangkan jarak tanam pada tanaman kacang tanah adalah 20 x 20 cm dengan selipan 1 baris sorgum pada setiap 4 baris kacang tanah. Populasi tanaman sorgum menjadi 50.000, 100.000, dan 150.000 tanaman/ha.

Pemupukan tanaman kacang tanah dan tanaman sorgum dilakukan pada saat tanam sorgum dengan menggunakan pupuk NPK (Ponska) dengan dosis 300 kg/ha dan pupuk Urea 100 kg/ha. Pemupukan urea berikutnya diberikan saat tanaman sorgum berumur 4 minggu (100 kg/ha).

Pengairan dilakukan sebelum tanam kemudian selang 2 minggu sekali atau tergantung pada kondisi cuaca sekitar. Gulma dibersihkan dengan cara dicabut atau disiangi secara manual menggunakan sabit. Penyiangan pertama yang dilakukan pada saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam dan penyiangan kedua dilakukan pada saat tanaman berumur 45 hari setelah tanam.

Penjarangan dan penyulaman dilakukan pada saat tanaman berumur 10-14 hari setelah tanam, dengan menyisakan 2 tanaman kacang tanah per rumpun serta menyisakan 1, 2, atau 3 tanaman sorgum per rumpun sesuai perlakuan. Bibit atau benih tanaman yang mati atau tidak tumbuh diganti dengan tanaman yang baru.

Pembumbunan dilakukan bersamaan dengan pemupukan dan penyiangan gulma. Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah disekitar batang tanaman, kemudian menimbunkan tanah pada pangkal batang untuk merangsang pertumbuhan akar dan memperkokoh tanaman agar tidak mudah rebah. Panen ditentukan berdasarkan umur tanaman setelah biji terbentuk atau melihat ciri – ciri visual biji atau setelah melalui masak fisiologisnya.

Pengamatan

Tanaman sampel dipilih secara acak dari semua tanaman pada tiap petak sebanyak 5% dari populasi tanaman per petak percobaan. Pengamatan dilakukan terhadap: Bobot brangkasan kering (BBK), panjang dan bobot malai, bobot biji, serta bobot 1000 biji.

Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan analysis of variance (Anova) dengan taraf 5%, dengan Aplikasi Statistik Genstat, kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%, jika terdapat beda nyata pada Anova.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum hasil dan komponen-komponen hasil pada tanaman sorgum monokultur secara signifikan lebih tinggi daripada tanaman sorgum yang ditumpangsarikan dengan kacang tanah. Bobot brangkasan kering (BBK) pada sorgum monokultur mencapai 689,22 g sedangkan pada tumpangsari 407,24 g. Untuk bobot satu malai, bobot malai per rumpun, bobot biji per malai dan bobot biji per rumpun masing-masing berturut-turut 119,3 g, 233,01 g, 56,3 g, 103,1 g untuk sorgum monokultur dan 96,7 g, 190,8 g, 39,3 g, 73,5 g untuk sorgum tumpangsari dengan kacang tanah. Demikian juga dengan hasil, tanaman monokultur memberikan hasil yang secara signifikan lebih tinggi daripada sorgum tumpangsari, yaitu 5,2 t/ha dibanding 3,7 t/ha (Tabel 1). Hasil lebih tinggi pada monokultur juga ditemukan oleh Rahmawati *et al.* (2014) pada tumpangsari dengan ubi kayu. Berbeda dengan Zubaidi *et al.* (2022) hasil sorgum tumpangsari dengan kacang tanah lebih tinggi dibanding hasil monokultur yang mungkin disebabkan perbedaan musim tanam, hasil lebih tinggi pada tumpangsari karena penanaman dilakukan pada musim hujan. Disamping itu, pada percobaan ini pupuk yang diberikan sama antara perlakuan monokultur dan tumpangsari, sedangkan pada percobaan terdahulu pada perlakuan tumpangsari diberikan tambahan pupuk untuk kacang tanah.

Tabel 1: Rata-rata hasil dan komponen hasil beberapa varietas sorgum pada perlakuan pola tanam monokultur dibanding dengan tumpangsari bersama kacang tanah

Perlakuan	BBK (g/rumpun)	Bobot malai (g)	Bobot malai/ rumpun (g)	Bobot biji/ malai (g)	Bobot biji/ rumpun (g)	HASIL (t/ha)
<i>Pola tanam</i>						
Tumpangsari	396,13	105,98	207,82	47,8	88,5	4,42
Monokultur	689,22	119,27	233,01	61,7	114,0	5,70
<i>lsd</i>	38,09	6,32	13,71	1,54	2,56	0,12
Rata-rata	542,67	112,63	220,61	54,8	101,2	5,06

Varietas-varietas yang diuji pada percobaan ini memberikan variasi hasil yaitu Numbu dan Bioguma memberikan hasil tertinggi, masing-masing 6,12 t/ha dan 5,58 t/ha,

diikuti olah Super dengan hasil biji 4,9 t/ha, dan terendah varietas Samurai dan Pahat yang memberikan hasil masing-masing 4,4 t/ha dan 4,3 t/ha. Perbedaan ini lebih disebabkan oleh perbedaan genetik. Perbedaan hasil ini terlihat sejajar dengan perbedaan pada komponen-komponen hasil masing-masing varietas (Tabel 2).

Perbedaan hasil ditunjukkan oleh jumlah tanaman per rumpun, satu tanaman per rumpun memberikan hasil 3,0 t/ha, 4,6 t/ha untuk 2 tanaman per rumpun dan 5,7 t/ha untuk 3 tanaman per rumpun. Perbedaan ini tentu disebabkan perbedaan jumlah tanaman berlanjut perbedaan jumlah malai (Tabel 3). Cahyo *et al.* (2014) mengemukakan temuan yg sama bahwa kerapatan 3 tanaman per lubang tanam memberikan hasil tertinggi, lebih tinggi dari 1, 2, atau 4 tanaman per rumpun. Sementara Sitorus *et al.* (2015) mendapatkan 2 tanaman per rumpun memberikan hasil terbaik pada penanaman sorgum tumpangsari dengan ubi kayu. Demikian juga Azizah *et al.* (2022) pada percobaan di tempat yang sama sebelumnya mendapatkan hasil yang lebih banyak pada penanaman 3 tanaman per rumpun meskipun dengan jarak tanam yang bervariasi. Dalam percobaan ini, tidak dilakukan penanaman dengan 4 tanaman per rumpun, tetapi potensi peningkatan hasil pada 4 tanaman per rumpun dapat terlihat dengan kenyataan bobot malai dan hasil per malai terjadi hanya sedikit penurunan pada setiap tambahan jumlah tanaman per rumpun dari 1, 2, dan 3 tanaman per rumpun (Tabel 3). Perbedaan hasil pada tumpangsari sorgum dengan jumlah tanaman per rumpun yang berbeda dapat disebabkan karena perbedaan karakter lingkungan disebabkan perbedaan tempat dan musim tanam.

Tabel 2: Hasil dan komponen hasil beberapa varietas sorgum pada tumpangsari dengan kacang tanah

Perlakuan	BBK (g/rumpun)	Bobot malai (g)	Bobot malai/ rumpun (g)	Bobot biji/ malai (g)	Bobot biji/ rumpun (g)	HASIL (t/ha)
<i>Varietas:</i>						
Bioguma	674,29	117,82	233,99	56,3	122,3	6,12
Numbu	687,51	129,49	251,95	61,5	111,6	5,58
Pahat	336,64	103,19	199,87	46,0	86,0	4,30
Samurai	431,96	90,14	177,95	46,8	87,9	4,40
Super	583,03	122,49	239,30	54,0	98,3	4,92
<i>Isd</i>	60,22	9,99	21,69	2,43	4,05	0,20
Rata-rata	542,67	112,63	220,61	54,8	101,2	5,06

Tabel 3: Hasil dan komponen hasil beberapa varietas sorgum dengan 1, 2, atau 3 tanaman per rumpun pada tumpangsari dengan kacang tanah

Perlakuan	BBK (g/rumpun)	Bobot malai (g)	Bobot malai/ rumpun (g)	Bobot biji/ malai (g)	Bobot biji/ rumpun (g)	HASIL (t/ha)
<i>Jumlah tanaman / rumpun</i>						
1 tanaman	275,98	119,52	119,52	67,9	67,9	3,30
2 tanaman	570,39	113,39	226,78	53,2	106,4	5,32
3 tanaman	781,65	104,98	314,94	43,1	129,4	6,47
<i>lsd</i>	46,65	7,75	16,80	1,88	3,14	0,16
Rata-rata	542,67	112,63	220,61	54,8	101,2	5,06

Respons varietas dan populasi tanaman dapat dilihat bahwa terdapat penurunan pertumbuhan pada tanaman sorgum yang ditumpangsarikan dengan kacang tanah. Pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum pada monokultur lebih baik dari pada pertumbuhan dan hasil pada tumpangsari. Varietas yang diuji memiliki pertumbuhan yang berbeda; Bioguma dan Super memiliki pertumbuhan tertinggi, diikuti Numbu dan Samurai, Pahat memiliki laju pertumbuhan terendah (Zubaidi *et al.*, 2022). Berbeda dengan pertumbuhan tanaman, hasil tertinggi ditunjukkan oleh Bioguma dan Numbu (berturutannya 6,12 dan 5,58 t/ha), diikuti oleh Super dan Samurai memberikan hasil (masing-masing 4,92 t/ha dan 4,40 t/ha) kemudian terendah Pahat (4,30 t/ha). Perbedaan jumlah tanaman per rumpun menunjukkan perbedaan pertumbuhan individual tanaman, terlihat bobot malai dan bobot biji per malai terjadi sedikit penurunan. Namun demikian peningkatan jumlah tanaman sampai dengan 3 tanaman per rumpun memberikan hasil lebih tinggi (6,67 t/ha) dari pada 2 tanaman per rumpun (5,32 t/ha) dan 1 tanaman per rumpun (3,30 t/ha).

Tabel 4: Interaksi Pola tanam dan varietas terhadap hasil (t/ha)

Pola tanam	Varietas				
	Bioguma	Numbu	Pahat	Samurai	Super 1
Tumpangsari	5,2	4,7	3,9	2,5	2,1
Monokultur	5,2	5,7	4,9	4,8	5,1
LSD = 0,34					

Interaksi perlakuan pola tanam dan varietas menunjukkan adanya perbedaan tanggapan varietas-varietas sorgum terhadap perlakuan pola tanam, terlihat bahwa Numbu dan Bioguma memberikan hasil yang terbaik pada penanaman secara monokultur, Bioguma memberikan hasil tidak berbeda antar monokultur dan tumpangsari. Sedangkan pada Numbu, Pahat, Samurai dan Super 1 terjadi perbedaan hasil antara monokultur dan tumpangsari (Tabel 4). Varietas Super 1 menunjukkan penurunan terbesar antara monokultur dan tumpangsari.

Tabel 5: Interaksi antar 3 perlakuan, pola tanam, varietas dan jumlah tanaman per rumpun terhadap hasil sorgum (t/ha)

Pola tanam	Varietas	Jumlah tanaman per rumpun		
		1	2	3
Tumpangsari	Bioguma	3,35	5,65	6,75
	Numbu	3,72	4,60	5,77
	Pahat	2,09	4,15	5,21
	Samurai	2,19	4,23	5,35
	Super-1	3,41	4,48	5,41
Monokultur	Bioguma	4,50	7,45	9,00
	Numbu	4,30	7,15	7,95
	Pahat	3,36	5,17	5,83
	Samurai	3,39	4,87	6,34
	Super-1	3,65	5,44	7,10
		LSD = 0,497		

Pada interaksi 3 perlakuan, system tanam, varietas dan jumlah tanaman per rumpun tampak bahwa Bioguma monokultur dengan 3 tanaman per rumpun memberikan hasil tertinggi (9 t/ha) melebihi semua kombinasi perlakuan yang ada (Tabel 5). Bioguma menunjukkan hasil tertinggi dibanding varietas-varietas yang lain baik pada monokultur maupun tumpangsari dengan semua variasi jumlah tanaman per rumpun. Varietas Bioguma memang merupakan perbaikan dari Numbu pesaing terdekatnya. Terdapat penurunan hasil pada setiap kombinasi jumlah tanaman per rumpun antara hasil monokultur dibanding hasil tumpangsari pada semua varietas.

4. KESIMPULAN

Beberapa temuan yang dapat dikemukakan pada percobaan ini adalah bahwa:

- 1) Penanaman sorgum pada tumpangsari dengan kacang tanah memberikan hasil lebih sedikit dibanding dengan penanaman monokultur.
- 2) Varietas Bioguma dan Numbu dengan hasil masing-masing 6,12 dan 5,58 t/ha merupakan varietas-varietas yang memberikan hasil tertinggi.
- 3) Penanaman sorgum dengan 3 tanaman per rumpun dapat dilakukan dan memberikan hasil lebih tinggi daripada 1 atau 2 tanaman per rumpun.
- 4) Bioguma merupakan varietas terbaik untuk ditumpangsarikan dengan kacang tanah karena tidak terdapat penurunan hasil dibanding hasil monokultur.
- 5)

5. DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Zubaidi, A. & Supeno, B. (2022). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Ratus Sorgum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) terhadap Perlakuan Jarak Tanam dan Jumlah Tanaman Per Rumpun. Proseiding Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-46 UNS Tahun 2022.
- Cahyo, G. D., Hidayat, K. F., Sunyoto, S. & Kamal, M. (2014). Pertumbuhan dan hasil tiga varietas sorgum Ratus 1 pada kerapatan tanam yang berbeda. J. Agrotek Trop 2.

- Rahmawati, A., Kamal, M. & Sunyoto (2014). Respon beberapa genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) terhadap sistem tumpangsari dengan ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) J. Agrotek Tropika. Vol. 2 (1): 25–29, Januari 2014
- Siantar, P. L., Pramono, E., Hadi, M. S. & Agustiansyah (2019). Pengaruh kombinasi varietas dalam tumpangsari sorgum-kedelai pada pertumbuhan dan produktivitas benih sorgum dan kedelai, dan vigor daya simpan benih sorgum. J. Siliwangi vol.5. no.1, 2019
- Sirappa, M. P. (2003). Prospek Pengembangan Sorghum di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif Untuk Pangan, Pakan, dan Industri. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 22 (4):133-140.
- Sitorus, C. G. E., Sunyoto, Hadi, M. S. & Kamal, M. (2015). Pengaruh kerapatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum pada sistem tumpangsari dengan ubi kayu. J Agrotek Tropika, Vol 3: 332-340
- Tabri & Zubachtirodin (2016). Budidaya tanaman Sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Malang
- Tew, T. L., Cobill, R. M. & Richard, E. P. (2008). Evaluation of sweet sorghum and sorghum-sudangrass hybrids as feedstocks for ethanol production. *Bioenergy Res.* 1: 147-152.
- Widiantika, I., Anugrahwati, D. R. & Hemon, A. F. (2021). Pertumbuhan dan hasil dua varietas sorgum pada system tumpangsari dengan kacang tanah dan kedelai. Artikel disubmit ke Crop Agro, Majalah Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Mataram 2021.
- Widiastuti, E., Susilawati, L. E. & Zubaidi, A. (2021). Study in differences in planting time on yield of peanut by intercropping with the sorghum planting model in dry land. *Russ J Agric Socio Economic Sci.*
- Zubaidi, A., Anugrahwati, D. R. & Sufiani, H. (2022a). Growth responses and yield of some sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L) intercropped with ground nut (*Arachis hypogaea* L.) *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1107 012043. doi:10.1088/1755-1315/1107/1/012043
- Zubaidi, A., Jaya, I. K. D., Suwardji & Anugrahwati, D. R. (2022b). Pertumbuhan beberapa varietas sorgum pada tumpangsari dengan kacang tanah dengan jumlah tanaman per rumpuni. Seminar Nasional Magister Pertanian Lahan Kering 2022. Mataram, 20-21 Oktober 2022.
- Zubaidi, A., Suheri, H., Suwardji, Jaya, I. K. D. (2021) Optimalisasi hasil pada tumpangsari kacang tanah - sorgum di lahan kering lombok utara. Makalah pada Seminar Nasional Saintek 2021 Universitas Mataram, Nopember 2021.
- Zubaidi, A., Yuniarti, S., Kisman, & Anugrahwati, D. R. (2020). Growth and yield of peanuts (*Arachis hypogaea* l.) on Intercropping with sorghum (*Sorghum bicolor* l.). Article presented on the International Conference of Science and Technology (ICST), Mataram.
- Zuhri, A. 2007. Optimalisasi Hasil Tanaman Kacang Tanah dan Sorghum Dalam Tumpangsari Melalui Pengaturan Baris Tanaman dan Perompesan Daun Jagung. *Jurnal Embryo.* 4(2):156-163.

KADAR GULA BEBERAPA VARIETAS SORGUM PADA BERBAGAI FASE PERKEMBANGAN TANAMAN

Dwi Ratna Anugrahwati, Akhmad Zubaidi, Baiq Erna Listiana, Uyek Malik Yakop, Dwi Noorma Putri, Siti Azira Zilfida, Nur Aenun Solihat, Dini Istiyayu Lestari
Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: anugrahwatidwi@gmail.com

ABSTRAK

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman yang memiliki keunggulan daya adaptasi yang luas, toleran terhadap kekeringan, dapat berproduksi pada lahan marginal serta relatif tahan terhadap gangguan hama dan penyakit. Dengan potensi lahan kering yang dimiliki oleh Provinsi NTB yang sangat besar, maka peluang pengembangan sorgum sebagai sumber pangan, bahan bakar dan sumber pakan ternak di NTB sangatlah besar. Potensi sorgum sebagai penghasil bioetanol telah mulai banyak dipertimbangkan sebagai tanaman yang potensial. Batang sorgum mengandung nira yang setara dengan nira tebu dan memberi kontribusi yang besar sebagai bahan baku bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kadar gula (brix) 7 varietas sorgum (Nasional dan Lokal) pada beberapa fase perkembangan tanaman untuk mendapatkan varietas unggul sorgum dengan kadar gula tinggi pada fase pemanenan yang tepat. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca, Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan percobaan di rumah kaca menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor yaitu varietas sorgum (Bioguma, Samurai, Super 1, Super 2, Suri 4, Gando Keta, Gando Bura) dan fase perkembangan tanaman (muncul daun bendera, berbunga, masak fisiologis), sehingga diperoleh 21 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulangi sebanyak 3 kali sehingga terdapat 63 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gando Keta dan Super 2 yang dipanen pada fase berbunga merupakan varietas unggul sorgum dengan kadar gula (% brix) tertinggi yaitu berturut-turut 14,3 % dan 13,7 %.

Keyword: Fenologi, Kadar Gula, Sorgum, Varietas

1. PENDAHULUAN

Sorgum merupakan tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber pangan, pakan ternak dan bahan baku industri. Sorgum memiliki prospek yang cukup baik di Indonesia. Upaya diversifikasi pangan berbasis sorgum perlu dilakukan dalam rangka memperkaya sumber bahan makanan pokok untuk mendukung usaha pemerintah dalamantisipasi mengatasi krisis pangan.

Menurut Siregar *et al.* (2016), keunggulan tanaman sorgum yang penting dari aspek budidaya tanaman adalah daya adaptasinya yang luas terhadap kondisi lahan suboptimal seperti lahan masam dan lahan kering. Tanaman sorgum juga cukup toleran terhadap genangan air, dapat berproduksi pada lahan marginal serta relatif tahan terhadap gangguan hama dan penyakit. Sorgum tidak memerlukan teknologi dan perawatan khusus sebagaimana tanaman lain. Oleh karena itu, potensi untuk pengembangan dan budidaya sorgum di Indonesia cukup besar terutama untuk meningkatkan produktivitas lahan marginal dan juga lahan kering.

Sebagai bahan pangan alternatif, sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi daripada beras, yaitu per 100 g sorgum memiliki kalori sebesar 332 cal, protein 11 g, lemak 3,3 g, karbohidrat 73 g. Selanjutnya

bagian tanaman sorgum, batang memberi kontribusi paling besar untuk memproduksi nira sebagai bahan baku bioetanol (Almodares & Hadi, 2009). Batang tanaman sorgum digunakan sebagai penyimpanan energi hasil fotosintat berupa glukosa sehingga batang sorgum mengandung nira yang manis, yang kualitas niranya setara dengan nira tebu (Sirappa, 2003). Nira sorgum dapat digunakan untuk pembuatan etanol, maupun gula (Suparti *et al.*, 2012). Selain itu, sorgum manis memenuhi persyaratan sebagai bahan baku bioetanol, karena budidaya sorgum manis memerlukan input produksi pertanian relatif lebih sedikit dibandingkan tanaman penghasil bioetanol lainnya seperti tebu, aren, singkong dan lain-lain Human *et al.* (2003).

Dengan potensi lahan kering yang dimiliki oleh Provinsi NTB yang sangat besar mencapai 1,84 juta hektar (Suwardji *et al.*, 2002), maka peluang pengembangan sorgum sebagai sumber pangan, bahan bakar dan sumber pakan ternak di NTB sangatlah besar. Potensi sorgum sebagai penghasil bioetanol telah mulai banyak dipertimbangkan sebagai tanaman yang potensial (Pabendon dkk., 2012). Berdasarkan Biba (2013), ubikayu, ubi jalar dan sagu menghasilkan alkohol lebih besar dalam satuan per ton dibandingkan dengan sorgum manis. Namun sorgum manis merupakan terbesar kedua setelah ubijalar untuk menghasilkan etanol dalam satuan ha per tahun dibandingkan dengan ubi kayu, sagu dan tebu.

Tanaman sorgum merupakan tanaman pangan yang sedang digalakkan pemerintah dalam rangka diversifikasi pangan, terutama untuk daerah NTB dengan wilayah kering yang cukup luas yang sesuai untuk ditanami sorgum. Budidaya sorgum, khususnya sorgum manis mengalami pergeseran dari bahan baku pangan dan pakan menjadi bahan baku industri, baik skala kecil maupun skala besar. Menurut Elangovan *et al.* (2013), karakter penting dalam mengidentifikasi genotipe unggul sorgum manis untuk produksi etanol adalah bobot biomas, persen brix nira, volume nira, dan total gula terlarut tinggi.

Kadar gula berbagai genotipe sorgum berbeda beda, sehingga perlu dicari genotipe sorgum dengan kadar gula tinggi. Selain itu perlu diketahui kapan saat tepat batang sorgum dipanen untuk mendapatkan kadar gula tertinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini untuk mengevaluasi kadar gula dari 7 genotipe tanaman sorgum Nasional dan Lokal guna mendapatkan genotipe tanaman sorgum yang memiliki kadar gula yang tinggi pada fase perkembangan tanaman yang tepat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di rumah kaca. Percobaan dilaksanakan pada bulan Mei s.d September 2023 di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini meliputi pot (planter bag), cangkul, sekop, roll meter, timbangan analitik, jangka sorong, tali rafia, penggaris, gunting, bambu, portable brix refractometer (Atago, Japan).

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi pupuk Urea, Phonska NPK, Furadan, Curacron dan 7 genotip tanaman sorgum: Bioguma, Gando Bura, Gando Keta, Samurai, Super 1, Super 2, dan Suri 4.

Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama berupa 7 genotipe sorgum yang terdiri dari 5 varietas sorgum unggul Nasional: Bioguma, Samurai, Super 1, Super 2, Suri 4, dan 2 varietas sorgum lokal yaitu Gando Bura dan Gando Keta. Faktor kedua yaitu fase perkembangan tanaman yaitu saat muncul daun bendera, saat berbunga dan saat tanaman masak fisiologis. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat total 63 unit percobaan.

Pelaksanaan Percobaan

Persiapan Benih. Benih yang digunakan adalah benih sorgum varietas Bioguma, Samurai, Super 1, Suri 4, Gando Bura dan Gando Keta. Benih yang ditanam adalah benih bernas, tidak rusak, berwarna cerah, terhindar dari hama dan penyakit.

Persiapan Tempat Percobaan. Penanaman benih dilakukan pada pot-pot percobaan (planter bag) ukuran 15 liter, diameter 30 cm dan dalam 30 cm. Pot diisi tanah seberat 12 kg. Pot diletakkan di rumah kaca pada ruang terbuka dengan sinar matahari penuh. Sebelum penanaman, media diairi sampai jenuh dibiarkan selama 24 jam.

Penanaman. Pada setiap pot percobaan, 2-3 biji sorgum dari 7 varietas tersebut ditanam, setelah biji tumbuh dilakukan penjarangan pada umur 14 hari dengan membiarkan 1 tanaman per pot percobaan. Saat penjarangan ini juga dilakukan penyulaman jika ada pot yang kosong atau tidak ada benih yang tumbuh.

Pemupukan. Pemupukan dilakukan pada 2 minggu setelah tanam sorgum dengan menggunakan pupuk NPK (Ponska) dengan dosis 300 kg/ha (3,6 g/ pot) dan pupuk Urea 100 kg/ha (1,2 g/ pot). Pemupukan urea berikutnya diberikan saat tanaman sorgum berumur 6 minggu dengan dosis yang sama.

Pengairan. Penyiraman dilakukan pada interval 3 hari atau jika tanaman kekeringan maka segera dilakukan pengairan.

Penyiangan gulma. Gulma dibersihkan atau disiangi secara manual dengan dicabut. Penyiangan pertama yang dilakukan pada saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam, penyiangan selanjutnya sesuai keperluan.

Parameter Pengamatan

Pengamatan fase perkembangan tanaman. Pengamatan dilakukan dengan mengamati fase perkembangan tanaman sorgum mengikuti skala pertumbuhan (growth stage) yang dikemukakan oleh Vanderlip dan Reeves (1972) saat fase vegetatif akhir yaitu saat muncul daun bendera, berbunga dan saat masak fisiologis.

Pengukuran Kadar Gula (Brix). Pengukuran kadar brix dilakukan mulai dari fase vegetatif maksimum yaitu saat muncul daun bendera, saat berbunga, dan saat masak fisiologis dengan menggunakan portable brix refractometer dengan cara memotong bagian batang tanaman sorgum, pada bagian bawah, tengah dan atas dari ruas batang sorgum, batang diperas untuk diambil niranya kemudian diukur % kadar brixnya dengan menggunakan refractometer. Pengamatan juga dilakukan terhadap komponen pertumbuhan yaitu tinggi tanaman dan diameter batang.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam, dilanjutkan uji BNJ pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dan mendapatkan nilai tertinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada fase perkembangan tanaman dan kadar gula masing-masing varietas yang diuji, serta terdapat interaksi antara varietas dan fase perkembangan tanaman pada kadar gula batang sorgum berbagai varietas yang diuji.

Fase Perkembangan Tanaman

Fase perkembangan tanaman yang diamati pada penelitian ini dimulai dari fase vegetatif terakhir yaitu saat munculnya daun bendera, fase berbunga dan saat tanaman menunjukkan fase masak fisiologis. Diantara varietas yang diuji, varietas lokal Gando Bura dan Gando Keta serta varietas Suri 4 menunjukkan fase perkembangan tanaman tercepat. Munculnya daun bendera diamati berturut turut 54, 54,7 dan 55 hari setelah tanam (hst) pada varietas Gando Bura, Gando Keta dan Suri 4. Ketiga varietas tersebut juga memasuki fase berbunga dan masak fisiologis tercepat. Fase perkembangan tanaman terlama ditunjukkan oleh varietas Super2, Bioguma dan Samurai.

Tabel 1. Umur tanaman mencapai fase pertumbuhan daun bendera, berbunga dan masak fisiologis (hst)

Varietas	Fase	Daun bendera	Berbunga	Masak fisiologis
Bioguma		60,0	65,0	95,0
Gando Bura		54,0	58,3	90,0
Gando Keta		54,7	62,7	89,7
Samurai		59,7	66,0	94,7
Super1		58,0	63,7	93,7
Super 2		60,0	69,0	97,0
Suri 4		55,0	62,7	92,0
LSD		4,27	4,34	3,64
Rata-Rata		57,3	63,9	93,1

Varietas yang diuji pada penelitian ini memiliki kadar gula brix yang berbeda secara signifikan. Gando Keta memiliki kadar brix tertinggi (11,5%), tidak berbeda dengan Super 2 (10,81%) dan Suri 4 (10,22%). Varietas Suri 4 dan Gando Keta yang merupakan varietas sorgum yang diambil bijinya dan diperuntukkan untuk tujuan pangan, bukan merupakan varietas sorgum manis, ternyata juga memiliki kadar gula yang cukup tinggi. Pada penelitian ini, varietas Super 1, Gando Bura dan Bioguma memiliki kadar brix yang lebih rendah, sedangkan varietas Samurai merupakan varietas yang memiliki kadar brix terendah (5,17%). Hal ini menunjukkan bahwa kadar brix sorgum sangat dipengaruhi oleh tipe kultivar (Almodares et al., 2008; Adinurani et al., 2019). Kadar brix batang adalah zat padat terlarut dalam larutan yang sebagian besar sukrosa. Persentase brix merepresentasikan konsentrasi padatan terlarut total yang berkorelasi positif dengan konsentrasi gula total pada nira sorgum (Teixeira et al., 2017). Semakin tinggi kadar brix pada batang sorgum maka semakin manis batang tersebut. Kadar gula yang relatif tinggi pada varietas lokal Gando Keta dan Super 2 yang dikenal sebagai sorgum manis merupakan indikator bahwa kedua genotipe tersebut berpotensi dibudidayakan sebagai sorgum tipe bioetanol.

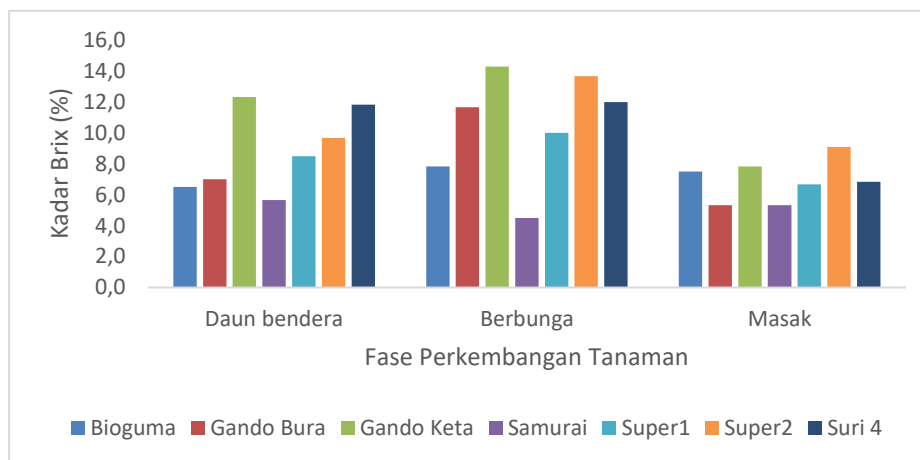
Selain kadar gula, tingginya produksi nira juga dipengaruhi oleh komponen pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman dan diameter batang. Tinggi tanaman sorgum yang diuji berkisar antara 144 cm hingga 280,4 cm, sedangkan diameter batang berkisar antara 13,2 mm sampai 21,2 cm. Perbedaan karakter agronomi varietas yang diuji ini disebabkan oleh perbedaan respon genetik varietas sorgum terhadap lingkungan (Maftuchah et al., 2021). Diantara varietas yang diuji, varietas Super 2 menunjukkan tinggi tanaman yang secara signifikan lebih tinggi serta diameter batang yang terbesar, tidak berbeda dengan Suri 4. Hal ini akan sangat mendukung produksi nira untuk kebutuhan industri. Tanaman yang tinggi dan memiliki ruas batang yang banyak akan memberikan peluang produksi nira batang yang melimpah untuk produksi bioetanol (Indriatama et al., 2023). Faktor fase perkembangan tanaman juga mempengaruhi tinggi tanaman dan diameter batang. Sesuai dengan hasil penelitian Sriagtula dan Sowmen (2018), pada penelitian ini didapatkan tinggi tanaman yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan tanaman, sedangkan diameter batang pada fase muncul daun bendera relatif lebih besar dan cenderung menurun pada fase berbunga dan masak fisiologis.

Tabel 2. Komponen Pertumbuhan dan Kadar Gula Sorgum Berbagai Varietas yang Diuji dan pada Berbagai Fase Perkembangan Tanaman

Varietas	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Diameter batang (mm)	Kadar gula (% brix)
Bioguma	257,7	13,1	17,1	7,28
Gando Bura	211,8	11,1	17,3	8,00
Gando Keta	253,9	12,6	15,3	11,50
Samurai	144,0	12,3	13,2	5,17
Super 1	253,3	13,1	16,6	8,39
Super 2	280,4	15,6	20,1	10,81
Suri 4	212,4	11,4	21,2	10,22
LSD	28,4	1,98	6,4	2,28
Daun Bendera	213,9	12,8	18,0	8,79
Berbunga	225,9	12,8	17,1	10,57
Masak fisiologis	251,7	12,8	16,0	6,94
LSD	10,73	ns	ns	1,49

Dari hasil penelitian ini, fase berbunga menunjukkan kadar brix tertinggi (10,57%), diikuti fase muncul daun bendera (8,79%), sedangkan fase masak fisiologis memiliki kadar brix terendah (6,94%). Meningkatnya kadar gula seiring bertambahnya umur tanaman disebabkan oleh semakin banyaknya asimilat yang disimpan di dalam batang tanaman sorgum seiring dengan perkembangan tanaman dan bertambahnya umur tanaman. Namun, setelah tanaman memasuki fase pengisian biji, sebagian asimilat akan ditranslokasikan ke biji sampai akhirnya pengisian biji mencapai maksimum dan tanaman memasuki fase masak fisiologis. Hal tersebut menjadi penyebab turunnya kadar gula pada batang saat tanaman mencapai masak fisiologis. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh Hawari et al. (2021) semakin mendekati umur panen, kadar brix cenderung mengalami penurunan sampai umur panen akibat aktivitas enzim invertase pada tanaman. Secara umum, kadar gula pada

batang sorgum akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman sampai fase pematangan biji.



Gambar 1. Kadar gula beberapa varietas sorgum pada fase perkembangan berbeda

Dari hasil penelitian ini, secara umum kadar brix tertinggi pada semua varietas yang diuji diperoleh pada saat fase berbunga, meningkat dibandingkan dengan kadar brix saat fase munculnya daun bendera, sedangkan saat tanaman memasuki masak fisiologis, kadar brix hampir semua varietas yang diuji mengalami penurunan yang cukup signifikan, kecuali varietas Samurai yang tidak menunjukkan perbedaan nyata pada semua fase perkembangan tanaman (Gambar 1). Hal serupa juga ditemukan oleh Sriagtula & Sowmen (2018), dimana jenis sorgum maupun waktu panen juga memberikan pengaruh yang berbeda namun tidak nyata ($P > 0.05$) terhadap kadar gula batang, tetapi terdapat kecenderungan kadar gula pada fase berbunga lebih tinggi dibanding fase soft dough dan hard dough. Sejalan dengan itu, Apliza et al. (2020) menemukan kadar gula batang sorgum tertinggi pada umur 107 hst, kemudian menurun pada saat fase panen. Berbeda dengan hasil dari penelitian ini, Adinurani et al. (2019) menemukan kadar gula dalam batang mencapai maksimal saat tanaman sorgum telah memasuki fase masak fisiologis.

Faktor lingkungan terutama pengairan sangat mempengaruhi kadar gula pada batang sorgum. Kekurangan air menyebabkan batang kekurangan cairan yang berdampak terhadap tingginya konsentrasi gula (sukrosa) pada batang sehingga kadar brix terukur lebih tinggi pada batang. Sebaliknya kandungan air yang tinggi pada batang cenderung mengencerkan konsentrasi sukrosa, penurunan nilai brix dan kemurnian jus. Sebagian besar fotosintat sorgum manis terdistribusi pada batang, sehingga relatif kecil yang terdistribusi ke malai. Dengan demikian, batang merupakan sink utama. Sukrosa merupakan produk utama hasil fotosintesis dan komponen paling besar dalam penyimpanan, terakumulasi dan disalurkan sebagai sumber karbohidrat. Sukrosa yang sebagian besar terakumulasi pada batang sesuai difermentasi menjadi alkohol. Perbedaan utama antara sorgum biji dan sorgum manis adalah akumulasi bobot kering sorgum manis tidak mengalami penurunan, bahkan meningkat pada saat bunting atau pengisian biji. Fakta tersebut membuktikan bahwa sorgum manis mempunyai potensi yang besar digunakan sebagai bahan baku etanol selain tebu (Dhuha dan Zulfa, 2023). Budidaya sorgum manis mengalami pergeseran dari bahan baku pangan dan pakan menjadi bahan baku industri, baik skala kecil maupun skala besar. Menurut Elangovan *et al.* (2013), karakter penting dalam mengidentifikasi

genotipe unggul sorgum manis untuk produksi etanol adalah bobot biomas, persen brix nira, volume nira, dan total gula terlarut tinggi.

Dalam percobaan ini, juga diamati kandungan gula batang pada posisi yang berbeda, yaitu batang bagian bawah (ruas ke 3), tengah (ruas ke 5) dan atas (ruas ke 8) untuk melihat apakah gula terdistribusi secara merata pada seluruh batang tanaman sorgum. Secara umum, kadar gula varietas yang diuji meningkat pada batang sorgum bagian tengah ke atas pada seluruh fase perkembangan tanaman yang diamati. Varietas Super 2 pada fase berbunga memiliki kadar gula 10,3% brix pada batang bagian bawah, kemudian meningkat 12% brix pada batang tengah serta tertinggi pada batang bagian atas sebesar 13,6%. Hal yang sama juga ditemukan oleh Shuklaa et al. (2017)

Tabel 3. Kadar Brix batang bagian bawah, tengah dan atas dari varietas tanaman pada fase pertumbuhan daun bendera, berbunga dan masak fisiologis

Varietas		Bawah	Tengah	Atas
Bioguma	Daun Bendera	4,83	5,83	6,33
	Berbunga	5,33	6,5	7,83
	Masak Fisiologis	7	7	6,5
Gando Bura	Daun Bendera	5,33	5	7
	Berbunga	7,83	9,17	11,67
	Masak Fisiologis	4,17	6,67	5,38
Gando Keta	Daun Bendera	7,67	7,33	12,33
	Berbunga	11,17	14	12,5
	Masak Fisiologis	6,67	7,83	7,0
Samurai	Daun Bendera	5	4,5	5,33
	Berbunga	4	4,33	4,5
	Masak Fisiologis	5	5,33	5
Super 1	Daun Bendera	5,33	6,67	8,5
	Berbunga	7,17	9,67	9,8
	Masak Fisiologis	5,83	6,33	6,5
Super 2	Daun Bendera	5,67	9,67	8,17
	Berbunga	10,33	12	13,6
	Masak Fisiologis	5,77	7,1	9
Suri 4	Daun Bendera	8,17	8,33	11,83
	Berbunga	8	9,33	12
	Masak Fisiologis	5,33	6,50	6,83
Rata-rata		6,46	7,48	8,46

Dari hasil penelitian ini terdapat variasi kadar gula pada varietas yang diuji yang disebabkan oleh perbedaan genetik yang rata-rata berkisar antara 5,17% hingga 11,50% brix. Pemanenan batang pada fase yang berbeda juga menunjukkan perbedaan

kadar gula yang nyata, dimana fase munculnya daun bendera memiliki kadar gula 8,79 % brix, fase berbunga menunjukkan kadar gula tertinggi (10,57 % brix) dan terendah diperoleh pada fase masak fisiologis (6,94 % brix).

Dalam upaya pengembangan sorgum untuk tujuan industri bioetanol perlu terus dicari plasma nutfah yang menunjukkan kadar gula yang tinggi, serta upaya untuk meningkatkan kadar gula dengan perlakuan agronomis atau tindakan pemuliaan tanaman. Apliza et al. (2020) menyatakan bahwa pemberian pupuk silikat dan pupuk kandang mampu meningkatkan kadar gula sorgum dari umur 77 HST sampai 107 HST.

4. KESIMPULAN

Untuk mendapatkan sorgum dengan kadar gula yang tinggi dapat dipilih varietas Gando Keta dan Super 2 dengan waktu panen yang dilakukan pada fase berbunga, dengan kadar gula berturut-turut 14,3 % dan 13,7% brix.

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk perakitan varietas unggul sorgum dengan kadar gula yang lebih tinggi dalam rangka pengembangan varietas sorgum untuk tujuan industri sirup dan bioetanol.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Adinurani, P.G., Rahayu, S., Budi, L.S. (2019). Potensi Kadar Nira dan Produksi Beberapa Varietas Sorgum Manis (*Sorghum vulgare*) di Lahan Kering Area Hutan sebagai Bahan Baku Bioetanol. *AGRI-TEK* vol 20 no.1: 23-27
2. Almodares, A. & Hadi, M.R. (2009). Production of Bioethanol from Sweet Sorghum: A Review. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 772-780
3. Andriani, A., Muzdalifa I. (2013). Morfologi dan fase pertumbuhan sorgum. dalam Sumarno, Damardjati, D.J., Syam, M., Hermanto (Eds). *Sorghum. Inovasi Teknologi dan pengembangan*. IAARD Press
4. Dhuha, N.S., Zulfa, F.I. (2023). Review Karakteristik Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia Vokasional* vol 3(2): 39-43
5. Galuh, P.N., Kastono, D., Waluyo, S. (2012). Pertumbuhan dan Hasil Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Tanaman Baru dan Ratus pada Jarak Tanam Berbeda. *Vegetalika* 1:11-17.
6. Hawari, H., Suwardji, Idris, H. (2021) The Role of Biochar and Combination of Inorganic Fertilizers and Biological Fertilizers in Increasing Yield and Levels of Brix Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Dry Land. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(3), 437-442.
7. Hoeman, S. (2012). Prospek dan Potensi Sorgum sebagai Bahan Baku Bioetanol. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Jakarta Selatan.
8. Indriatama WM, Puspitasari W, Sasongko WT, Anggraeny YN, Human S, Sihono, Kurniawan W, Sutiyoso, Wulandari YA, Wahyono T (2023) Ciri Agronomi dan Serat Delapan Varian Sorgum sebagai Pakan (Evaluation of Agronomic Characteristics and Fiber of Eight Sorghum Variants as Forage) *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* Vol. 28 (3) 344-351
9. Maftuchah, Febriana, L., Sulistyawati, Reswari, H.A. & Septia, E.D. (2021) Morphological diversity and heritability of nine local sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes in East java, Indonesia. *Biodiversitas*. 22(3): 1310-1316. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220330>
10. Pabendon, M.B., Sarungallo, R.S., Mas'ud, S. (2012). Pemanfaatan Nira Batang, Bagas, dan Biji Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31 (3): 1-8.
11. Pabendon, M.B., Mas'ud, S., Sarungallo, R.S., Nur, A. (2012). Penampilan Fenotipik dan Stabilitas Sorgum Manis untuk Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30 (1):60-69.
12. Rahayu, M., Samanhudi, S., Wartoyo, W. (2015). Uji adaptasi beberapa varietas sorgum manis di lahan kering wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 27(1), 53-62.
13. Sari, I.I.D., Anugrahwati, D.R., Zubaidi, A. (2021). Evaluasi Karakter Kuantitatif Beberapa Varietas sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan Korelasi antar Karakter Kuantitatif dengan Hasil. *Jurnal Ilmiah Agroekoteknologi*. Vol 1(12)
14. Sirappa, M.P. (2003). Prospek pengembangan sorgum di indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4).
15. Siregar, N., Irmansyah, I., Mariati. (2016). Pertumbuhan dan Produksi Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) terhadap Pemberian Mulsa dan Bahan Organik. *Jurnal Agroteknologi*. Vol.4(3).
16. Sriagtula R & Sowmen S (2019) Evaluasi Pertumbuhan dan Produktivitas Sorgum Mutan Brown Midrib (*Sorghum bicolor*L. Moench) Fase Pertumbuhan Berbeda sebagai Pakan Hijauan pada Musim Kemarau di Tanah Ultisol. *Jurnal Peternakan Indonesia* Vol. 20 (2): 130-144

17. Subagio, H., Aqil, M. (2014). Perakitan dan Pengembangan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan, Pakan dan Bioenergi. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan. Maros.
18. Tabri, F., Zubachtirodin. (2013). Budi Daya Tanaman Sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serelia.
19. Talanca, A.H., Andayani, N.N. (2013). Perkembangan Perakitan Varietas Sorgum di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Serealia
20. Tarigan, J.L., Zuhry, E., Nurbaiti. (2015). Uji Daya Hasil Beberapa Genotipe Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Koleksi Batan. *Jurnal Jom Faperta*. Vol. 2(1).
21. Teixeira TPM, Pimentel LD, Dias LA dos S, Parrella RA, da C, da Paixão MQ, Biesdorf EM. (2017). Industrial crops & products redefinition of sweet sorghum harvest time: New approach for sampling and decision-making in field. *Industrial Crops & Products*. 109: 579–586. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.002>
22. Vanderlip, R.L. and Reeves, H.E. (1972). Growth Stages of Sorghum [*Sorghum bicolor*, (L.) Moench.]. *Agronomy Journal*, 64, 13-16

POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF TENAGA SURYA DI ATAP KAMPUS LOMBOK INSTITUTE OF TECHNOLOGY KABUPATEN LOMBOK TIMUR

Yoga Dwi Hermawan, Muji Juherwin
Institut Teknologi Lombok
Lenek Daya, Kec. Aikmel, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. 83661

*Corresponding Author Email: yogadh.64@gmail.com

ABSTRAK

Tren pertumbuhan PDB dan kebutuhan energi yang meningkat memunculkan tantangan serius bagi Indonesia. Ketergantungan pada minyak bumi dan keterbatasan perkembangan energi alternatif menciptakan risiko terhadap ketahanan energi nasional. Selain itu, dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil menjadi semakin signifikan. Artikel ini mengusulkan solusi dengan mengeksplorasi potensi energi terbarukan di Indonesia. Transisi energi menjadi fokus utama Indonesia, terutama dalam kepemimpinan G20. Energi surya, panas bumi, nuklir, dan energi angin menjadi pilihan potensial. Pembangunan pembangkit listrik tenaga air juga terus berkembang. Untuk mengimplementasikan bauran energi terbarukan, panel surya atap menjadi perhatian pemerintah. Studi kasus di Lombok Institute of Technology (LIT) menunjukkan potensi pembangunan PLTS atap. Melalui observasi lapangan dan simulasi dengan PVsyst, ditemukan bahwa dengan 36 modul surya, kebutuhan energi harian LIT dapat terpenuhi. Analisis kebutuhan energi, data meteorologi, dan simulasi PVsyst memberikan informasi yang mendalam. Panel surya di atap kampus Lombok Institute of Technology diharapkan dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Penelitian ini memberikan pandangan menyeluruh tentang potensi energi terbarukan di Indonesia, dengan fokus pada panel surya atap. Implikasi kebijakan dan praktik terkait energi terbarukan juga dibahas, mendukung pergeseran menuju sumber energi bersih dan berkelanjutan di masa depan..

Keyword: Energi Terbarukan, PLTS atap, PVsyst, Lombok Institute of Technology

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan tren pertumbuhan PDB kebutuhan energi diperkirakan meningkat dari 795 juta setara barrel minyak (SBM) pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta SBM pada 2050 (Dasril & Lukman, 2020).

Indonesia, sebagai sebuah negara, tengah menghadapi tantangan dalam sektor energi dengan ketergantungan pada produksi minyak bumi. Sementara itu, perkembangan energi alternatif masih mengalami keterbatasan dalam ekspansinya (Firdaus, 2021).

Kondisi ketergantungan pada energi fosil, yang ketersediaannya semakin menurun, dapat menjadi rentan terhadap gangguan dalam hal ketahanan energi nasional. Selain itu, penggunaan energi fosil tidak bersahabat terhadap lingkungan. Pemanfaatan energi fosil melalui pembakaran dapat menghasilkan gas CO₂, yang berdampak pada peningkatan efek gas rumah kaca. Oleh karena itu, perlunya mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan yang bersahabat lingkungan (Sasongko dkk, 2019).

Tantangan energi yang sedang dihadapi saat ini merupakan kenyataan yang tidak dapat diabaikan, dan upaya mendesak perlu dilakukan untuk mencari solusi yang

efektif dan efisien. Kondisi ini menunjukkan perlunya langkah-langkah konkret dalam mengatasi berbagai permasalahan terkait energi yang sedang dihadapi oleh masyarakat (Mamahit, 2011).

Transisi energi merupakan salah satu fokus utama dalam kepemimpinan G20 oleh Indonesia. Dalam sebuah laporan yang dirilis oleh International Renewable Agency, transisi energi dijelaskan sebagai transformasi dari penggunaan bahan bakar fosil menuju pemanfaatan energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Mardiansyah & Irfan, (2023).

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki banyak sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi menunjang transisi energi tersebut, Energi Surya adalah sumber daya alam yang tersedia secara berkelanjutan dan tidak akan pernah habis. Selain itu, energi ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk diubah menjadi energi listrik melalui penggunaan sel surya (Daya, 2021).

Indonesia, khususnya di kawasan vulkanik aktif yang dikenal sebagai "cincin api" menduduki posisi terkemuka dalam produksi energi panas bumi (geothermal) (Sauni dkk 2022).

Nuklir dianggap sebagai opsi energi terbarukan yang lebih ekonomis dibandingkan batu bara. Indonesia, sebagai negara di Asia Tenggara, memiliki cadangan uranium berkualitas tinggi di Kalimantan Barat (Adityo & Rahmiana, 2019).

Energi angin adalah pergerakan udara dari tekanan tinggi ke rendah atau sebaliknya, seperti dari udara dingin ke udara hangat. Ini merupakan sumber energi baru dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat (Priyambodo & Agung, 2019).

Pembangunan pembangkit listrik tenaga air di Indonesia terus berkembang karena negara ini memiliki sumber air yang melimpah. Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air mencapai 75 ribu MW, tetapi saat ini hanya 10% dari potensi tersebut yang digunakan untuk menyuplai energi listrik nasional (Aziz dkk, 2021).

Panel surya atap bisa menjadi salah satu fokus utama pemerintah Indonesia dalam upaya implementasi bangunan hemat energi atau bangunan mandiri energi. Hal ini dilakukan dengan tujuan mempercepat pencapaian target bauran energi terbarukan, yang diharapkan dapat mencapai 23% pada tahun 2025 (Ali dkk, 2023). Tidak heran, berbagai penelitian telah menunjukkan progress pengaplikasian PLTS atap untuk bangunan mandiri energi (Putri dkk, 2020; Hasanah, 2021; Gunawan & Sudiarto, 2022).

Lombok Institute of Technology (LIT) yang terletak di Dusun Lilir, Desa Lenek Daya Kecamatan Lenek dengan titik koordinat, (Lat. -8.5535o S, Long. 116.4883o E, alt 464 m) memiliki bangunan yang masih bergabung dengan yayasan as-Syamil. Lokasi tersebut jauh dari jalur utama kelistrikan pulau Lombok, sehingga menyebabkan tegangan listrik di lokasi tersebut tidak stabil. Oleh karena itu muncul gagasan pembangunan PLTS atap di Kampus LIT untuk memenuhi kebutuhan listrik dilokasi tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pembangunan PLTS di atap kampus Lombok Institute of Technology. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk proses pengembangan PLTS atap di kampus LIT.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini melalui 2 tahapan besar yaitu observasi lapangan dan simulasi menggunakan aplikasi PVsyst. Detail setiap proses dijabarkan sebagai berikut:

Observasi Lapangan

Observasi Lapangan ditunjukkan dengan diagram alir pada Gambar 1. :



Gambar 1. Diagram alir proses observasi lapangan

Tahap pertama yang dilakukan yaitu mengukur luas atap kampus yang akan dijadikan lokasi peletakan panel surya, setelah didapat hasil pengukuran lalu membuat sketsa atap kampus lengkap dengan skema peletakan panel surya, dan tahap terakhir yaitu melakukan observasi penggunaan listrik pada yayasan as-Syamil.

Simulasi dengan aplikasi PVsyst 7.3

Simulasi ini dilakukan langsung dengan aplikasi PVsyst 7.3 dengan pelaksanaan yang ditunjukkan dengan diagram alir Gambar 2.:



Gambar 2. Diagram alir simulasi dengan PVsyst 7.3

Tahap pertama yang dilakukan dalam pembuatan simulasi ini adalah membuat proyek dan menyimpannya ke dalam sebuah file PVsyst. Langkah kedua adalah menentukan titik koordinat sesuai dengan lokasi gedung LIT yang akan dipasangkan panel surya. Setelah itu, mengunduh data yang meteorologi 8.1 yang dihasilkan setelah menentukan titik koordinat sehingga dapat menentukan orientasi kemiringan modul

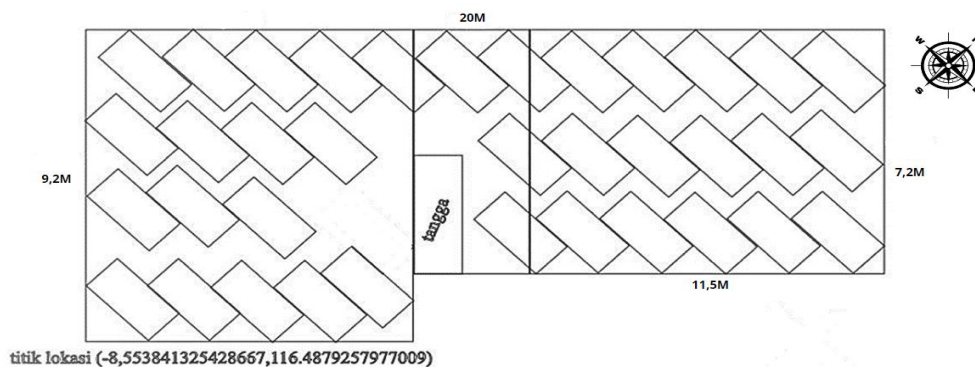
agar mendapatkan serapan energi yang optimal dan menentukan kebutuhan beban listrik yang dibutuhkan untuk lingkungan yayasan. langkah terakhir yang dilakukan adalah menentukan sistem yang akan digunakan seperti tipe dan jumlah modul surya , tipe solar charge control, tipe dan jumlah baterai yang digunakan serta memilih inverter yang sesuai agar kompatibel sehingga dapat langsung disimulasikan dan analisis hasil penyimulasian secara mendalam untuk mengetahui hasil optimal dari rangkaian yang sudah dirancang dengan aplikasi PVsyst tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan observasi lapangan dan simulasi menggunakan aplikasi PVsyst 7.3 didapati hasil dan pembahasan sebagai berikut:

Hasil Pengukuran dan Pembuatan Sketsa Atap Kampus

Dari hasil pengukuran luas atap didapatkan panjang 20m x lebar 9,2m dengan orientasi bangunan menghadap timur laut. Pada bagian timur laut lebar bangunan sedikit lebih pendek yaitu 7,2m. Lebar ini tersebar sepanjang 11,5m. Dari luas bangunan ini dapat dipasang sebanyak 36unit panel surya dengan ukuran 1,12m x 2,24m dengan orientasi menghadap ke azimuth. Sketsa pemasangan dapat dilihat pada Gambar 3.:



Gambar 3. Sketsa gambar dan posisi pemasangan panel surya

Penataan 36 buah modul panel surya dilakukan dengan menghadapkan panel surya ke utara. Hal ini karena letak geografis kampus LIT yang berada di sebelah selatan garis khatulistiwa. Sebagai tambahan, pemasangan harus memperhatikan kemiringan panel surya relatif terhadap garis horizontal. Untuk pemasangan di kampus LIT, kemiringan pemasangan modul panel surya berada pada sekitar 15° relatif terhadap garis horizontal. Hal ini dimaksudkan agar modul menghasilkan listrik dengan optimal karna dalam pembangunan modul, perlu diperhatikan aspek penting, yaitu sudut kemiringan. Pengaturan sudut yang optimal akan menghasilkan daya paling efisien ketika sinar matahari datang secara tegak lurus dengan modul, memastikan luasan modul yang tersinari mencapai kondisi optimal (Setiaji, 2016).

Hasil Observasi Kebutuhan Energi

Dari hasil observasi kebutuhan didapatkan data penggunaan perangkat elektronik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.:

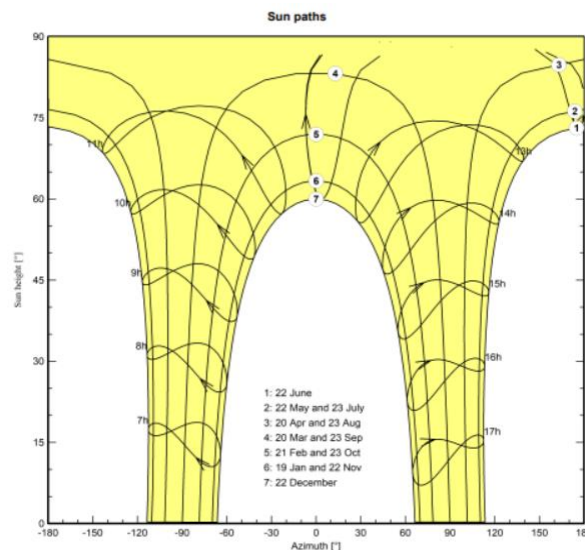
Tabel 1. Data penggunaan perangkat elektronik

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lamps (LED or fluo)	173	15/lamp	12.0	31140
TV / PC / Mobile	29	250/app	4.0	29000
Fridge / Deep-freeze	6		24	12000
colokan	40	25 tot	24.0	24000
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				96164

Tabel 1 tersebut menunjukkan penggunaan listrik di Yayasan AS-SYAMIL, di mana terdapat 174 bohlam 15 Watt yang dinyalakan selama 12 jam dari pukul 18.00 hingga 06.00 WITA. Ini memerlukan total daya sebesar 31.140 Wh/hari. Selain itu, terdapat perangkat televisi dan komputer dengan total daya 250 Watt yang aktif selama empat jam setiap hari, membutuhkan total daya sebesar 29.000 Wh/hari. Selanjutnya, ada enam kulkas yang beroperasi selama 24 jam dengan total daya 12.000 Wh/hari. Terakhir, penggunaan terminal listrik (colokan) yang aktif nonstop selama 24 jam membutuhkan total daya sebesar 24.000 Wh/hari. Oleh karena itu, diketahui bahwa total energi harian yang dibutuhkan oleh Yayasan AS-SYAMIL sangat besar, yaitu sebesar 96.164 Wh/hari.

Data Meteororm 8.1

Berikut adalah data yang di dapatkan dari data meteororm 8.1 yang dapat kita lihat pada gambar Gambar 4.:



Gambar 4. lintasan pergerakan matahari sepanjang tahun.

Sebagai daerah yang berada di sebelah selatan garis khatulistiwa, matahari di Pulau Lombok lebih banyak melalui langit di bagian utara. Oleh karena itu, pemasangan solar panel harus sedikit dimiringkan menghadap ke utara. Dari diagram pergerakan matahari di atas, diketahui bahwa matahari akan berada di sebelah utara dari bulan Maret sampai September (selama 7 bulan). Posisinya kemudian akan kembali tepat di atas horizon selama bulan Oktober sebelum berada di bagian selatan dari bulan November sampai Januari (3 bulan). Setelah bulan Januari, posisi matahari akan kembali bergerak ke arah utara secara perlahan dan mengulangi siklus yang sama.

Tabel 2. Data meteorologi potensi tenaga surya di kampus LIT.

Source *Meteonorm 8.1 (2010-2021), Sat=100%*

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Horizontal global	5.85	5.94	5.80	6.07	5.62	5.25	5.09	5.28	5.50	5.52	5.42	5.59	5.58 kWh/m ² /day
Horizontal diffuse	2.07	2.69	2.80	2.65	2.59	2.54	2.61	2.34	2.07	2.53	2.26	2.07	2.43 kWh/m ² /day
Extraterrestrial	9.33	9.94	10.38	10.45	10.20	9.97	10.02	10.27	10.35	10.05	9.48	9.11	9.96 kWh/m ² /day
Clearness Index	0.627	0.597	0.559	0.581	0.551	0.527	0.508	0.514	0.531	0.549	0.572	0.614	0.560 ratio
Ambient Temper.	29.9	31.5	31.3	29.2	28.0	26.5	26.2	25.8	25.9	26.7	27.2	29.1	28.1 °C
Wind Velocity	2.3	2.3	2.1	2.1	1.8	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.7	2.1	1.8 m/s

Global Horizontal Irradiance (GHI): GHI adalah ukuran dari total radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi secara horizontal. Ini mencakup sinar matahari langsung (direct solar radiation) dan sinar matahari difus (diffuse solar radiation) yang mencapai lokasi tersebut. GHI adalah parameter penting dalam perhitungan potensi energi matahari di suatu lokasi, terutama dalam konteks pembangkitan listrik tenaga surya. Rata-rata GHI tahunan mencapai 5.58 kWh/m²/hari.

Global Diffuse Irradiance (GDI): GDI adalah komponen radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi secara horizontal dalam bentuk sinar matahari difus. Ini adalah radiasi yang datang dari semua arah di langit selain sinar matahari langsung. GDI berperan dalam perhitungan tentang bagaimana cahaya matahari tersebar di langit. Rata-rata GDI tahunan mencapai 2.43 kWh/m²/hari.

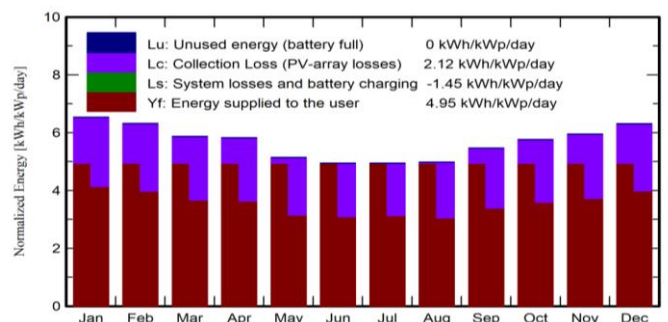
Ambient Temperature (Suhu Udara Sekitar): Suhu udara sekitar adalah suhu udara di sekitar lokasi yang menjadi faktor penting dalam perhitungan efisiensi panel surya. Suhu yang tinggi dapat mengurangi efisiensi panel surya, dan oleh karena itu, pemahaman tentang suhu udara sangat penting dalam merancang dan mengoperasikan sistem surya. Rata-rata Suhu Udara sekitar tahunan mencapai 28.1°C

Clearness Index (Indeks Kecerahan): Clearness index adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana langit bersih dari awan atau partikel lainnya. Semakin tinggi indeks kecerahan, semakin banyak sinar matahari yang mencapai permukaan bumi. Ini penting dalam mengukur tingkat keterbukaan langit terhadap sinar matahari. Rata-rata Indeks Kecerahan tahunan mencapai rasio 0.560.

Wind Velocity (Kecepatan Angin): Kecepatan angin juga dapat mempengaruhi produktivitas panel surya dengan menghilangkan panas yang dihasilkan selama operasi panel surya. Kecepatan angin yang tinggi dapat membantu menjaga panel surya tetap dingin, meningkatkan efisiensi mereka. Rata-rata Kecepatan Angin tahunan mencapai 1.8m/s.

Hasil Produksi Normal Harian (setiap modul surya terpasang)

Setelah melakukan simulasi, Nilai produksi normal (setiap kWp terpasang) dapat kita lihat pada Gambar 5.:



Gambar 5. Grafik produksi normal per kWp terpasang.

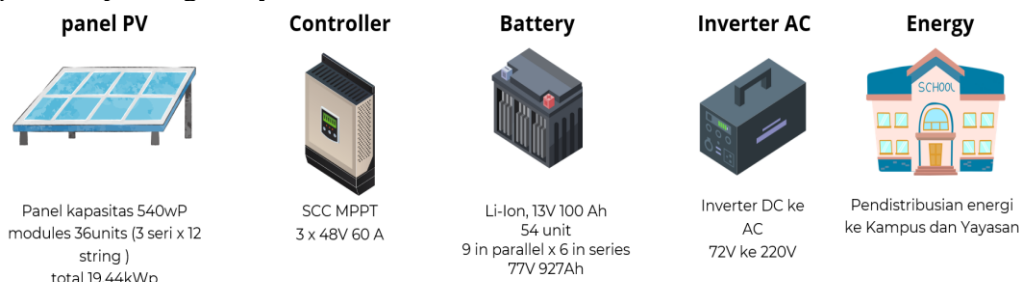
Grafik di atas memberikan gambaran yang jelas tentang produksi energi yang normal pada setiap kWp terpasang. Pada grafik tersebut, terlihat variasi produksi energi sepanjang tahun, mulai dari bulan Januari hingga Desember. Produksi energi yang dihasilkan bervariasi. Meskipun demikian, jumlah energi yang disuplai oleh sistem sebesar 4.95 kWp/kWh/hari untuk setiap panel surya terpasang.

Meskipun terjadi fluktuasi, hal ini tidak signifikan dan kebutuhan energi selalu terpenuhi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan baterai tipe Li-Ion dengan kapasitas 13V 100Ah, yang terdiri dari 54 unit. Baterai ini diatur dalam rangkaian 9 paralel x 6 seri, menghasilkan daya sebesar 77 V 927 Ah. Dengan konfigurasi ini, baterai mampu menyimpan energi yang cukup untuk mengatasi fluktuasi produksi energi, sehingga kebutuhan energi selalu terpenuhi meskipun ada variasi dalam pasokan energi dari panel surya.

Kondisi baterai tidak pernah mencapai penuh sehingga tidak ada kehilangan energi yang disebabkan oleh produksi berlebih. Ini menunjukkan efisiensi tinggi dalam manajemen energi sistem. Selain itu, energi loss hanya terjadi selama proses pengubahan energi oleh panel surya. Oleh karena itu, meskipun ada fluktuasi dalam produksi energi, sistem ini dirancang dan diatur dengan baik untuk memastikan bahwa energi yang dihasilkan selalu dapat memenuhi kebutuhan energi listrik untuk lingkungan yayasan AS-SYAMIL dan meminimalkan kerugian energi.

Rangkuman sistem dan jumlah perangkatnya

Gambar 6 di bawah ini merupakan uraian sederhana terkait rangkuman sistem dan jumlah perangkatnya:

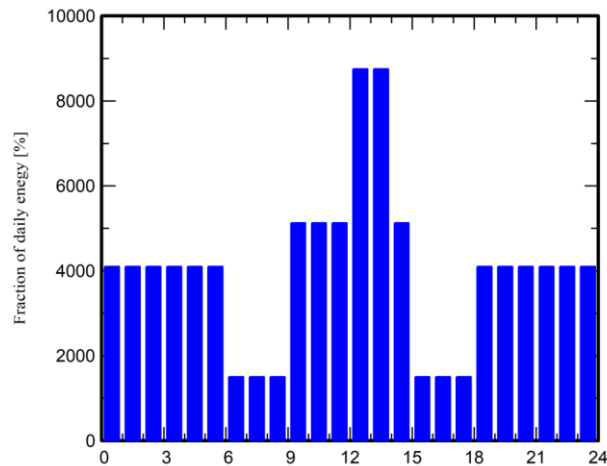


Gambar 6. Rangkuman sistem

Jumlah modul surya yang digunakan yaitu 36 unit modul dengan kapasitas 540 Wp yang dirangkai 3 seri x 12 string di setiap serinya sehingga didapati total keseluruhan rangkaian sejumlah 19.44kWp. selanjutnya terdapat 3 unit SCC MPPT dengan kapasitas 48V 60A pada setiap unit SCC sebagai kontrol untuk pengisian data pada 54 unit baterai Li-ion 13V 100Ah dengan rangkaian 9 rangkaian paralel x 6 rangkaian seri sehingga menghasilkan daya DC sebesar 77 V 927 Ah yang akan dikonversi langsung oleh inverter DC ke AC agar listrik dapat di distribusikan ke lingkungan yayasan.

Performa

Performa penggunaan listrik harian di yayasan AS-SYAMIL dapat kita lihat pada Gambar 7.:

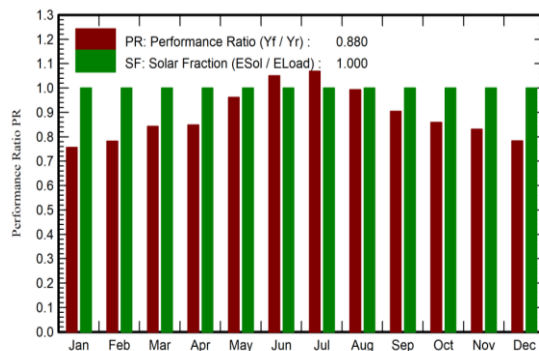


Gambar 7. Performa penggunaan listrik harian yayasan AS-SYAMIL.

Dari grafik pendistribusian tersebut dapat kita lihat bahwa puncak kinerja penggunaan listrik tertinggi berdurasi 6 jam yaitu dari pukul 09.00 - 15.00 wita. Hal ini dikarenakan proses kegiatan belajar mengajar (KMB) sedang berlangsung pada jam tersebut dan perangkat komputer di Yayasan Asy Syamil semuanya dalam kondisi menyala.

Di sisi lain, penggunaan listrik rendah terjadi pada pukul 06.00 - 09.00 dan 15.00 - 17.00 dengan keterangan perangkat yang menyala hanya steker dan kulkas. Hal ini dikarenakan tidak ada kegiatan pada jam tersebut.

Penggunaan listrik pada malam hari dikategorikan sedang yang berlangsung dari pukul 18.00 - 05.00. Penggunaan listrik tergolong moderat karena pada waktu tersebut semua bohlam menyala selama 12 jam diikuti dengan perangkat perangkat lainnya yang digunakan 24 jam nonstop.



Gambar 8. Grafik performa kerja PLTS serta rasio produksi dan konsumsi listrik

Performance Ratio (PR) adalah rasio antara energi listrik yang dihasilkan oleh sistem energi surya dengan energi matahari yang diterima oleh panel surya selama periode waktu tertentu. Pada grafik performance ratio terlihat fluktuatif dengan point 0.880. Ini mengindikasikan bahwa sistem energi surya ini bekerja secara optimal dalam konversi energi matahari menjadi listrik dengan efisiensi tinggi. Dengan nilai PR yang tinggi, sistem ini dapat dianggap beroperasi secara optimal dalam memanfaatkan sebagian besar energi matahari yang tersedia. Stabilitas kinerja yang dicapai selama periode pengukuran menunjukkan bahwa desain dan komponen sistem telah dipilih dengan baik. Dengan kata lain, PR yang mencapai angka 0.880 menandakan bahwa

sistem telah dirancang untuk memaksimalkan potensi energi matahari dengan efisien dan nilai PR yang tinggi seperti ini dapat diartikan sebagai kontribusi positif terhadap keberlanjutan energi.

Solar Fraction (Fraksi Matahari) adalah rasio antara energi yang diambil dari sumber energi surya dengan total energi yang dibutuhkan oleh suatu sistem. pada grafik tersebut dapat kita lihat bahwa nilai SF mencapai 1.000, hal ini menandakan sistem ini sepenuhnya mengandalkan energi matahari dan tidak memerlukan bahan bakar fosil atau sumber energi lainnya, sehingga bisa menjadi solusi untuk energi yang bersih dan ramah lingkungan. Nilai SF yang mencapai 1.000 menunjukkan bahwa sistem dapat mengubah energi matahari yang diterimanya menjadi energi listrik sudah sangat baik. sistem ini membantu mengurangi polusi dan dampak negatif lingkungan dari sumber energi fosil serta dapat menjadi solusi yang baik untuk transisi energi dalam memenuhi kebutuhan energi untuk masa mendatang.

4. PENUTUP

Atap Kampus Lombok Institute of Technology memiliki potensi dijadikan sebagai lokasi pembangunan PLTS atap yang dapat memenuhi kebutuhan operasional seluruh unit di bawah Yayasan Asy Syamil.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Dasril, A. R., & Lukman, S. (2020). STRATEGI IMPLEMENTASI & OPTIMALISASI MANAJEMEN ENERGI DI PT SEMEN PADANG SEBAGAI UPAYA KEUNGGULAN BERSAING DI INDUSTRI PERSEMENAN NASIONAL. *Menara Ilmu*, 14(2).
2. Sasongko, N. A., Octavian, A., Marsetio, R. L., Hilmawan, A., & Royana, I. (2019). Pemanfaatan Teknologi Energi Surya Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Bersih di Markas TNI Perbatasan Maritim: Studi di Pos TNI AL, Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Pertahanan & Bela Negara*, 9(1), 45-70.
3. Mardiansyah, M., & Irfan, I. (2023). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 100 KW PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNISKA MAB BANJARMASIN DENGAN SISTEM ON-GRID. *EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, 6(1).
4. Daya, P. S. (2021). ANALISIS OUTPUT DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 10WP, 20WP, DAN 30WP. *Jurnal Crankshaft*, 4(2).
5. Sauni, H., Fernando, Z. J., & Candra, S. (2022). ENERGI GEOTHERMAL DALAM ATURAN, MASALAH LINGKUNGAN HIDUP DAN SOLUSI PENYELESAIAN KONFLIK DI MASYARAKAT (GEOTHERMAL ENERGY IN RULES, ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND COMMUNITY CONFLICT SOLUTIONS). *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, 11(3).
6. Adityo, D. S., & Rahmiana, A. (2019). Potency Indonesia's power with nuclear power plants. *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2019*.
7. Priyambodo, A. D., & Agung, A. I. (2019). Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2).
8. Azis, F., Mustafa, S., Munsyir, A. M. I., Mahdura, M., & Lutfi, S. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Menggunakan Turbin Impuls. *Joule (Journal of Electrical Engineering)*, 2(1), 65-71.
9. Firdaus, H. (2021). Analisis Kualitas Dan Tekno Ekonomi Briket Dari Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis L.*) Dengan Perekat Daun Bunga Sepatu (*Hibiscus Rosa-Sinesis L.*) Sebagai Sumber Energi Alternatif (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jember).
10. Mamahit, C. E. (2011). PENGEMBANGAN KONVERSI ENERGI PANAS LAUT DEVELOPMENT OF OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION.
11. Ali, M., Ludiana, L., & Ramdani, Y. (2023). Optimasi Sudut Pemasangan Panel Surya Bifasial di Indonesia dengan Metode Simulasi PVSyst. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 6(1), 1-7.
12. Putri, R., Meliala, S., & Zuraida, Z. (2020). Penerapan Instalasi Panel Surya Off Grid Menuju Energi Mandiri Di Yayasan Pendidikan Islam Dayah Miftahul Jannah. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(3), 117-120.
13. Hasanah, A. W. (2021). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid 6, 4 Kwp Untuk 1 Unit Rumah Tinggal. *Energi & Kelistrikan*, 13(1), 20-25.
14. Gunawan, H., & Sudiarto, B. (2022). Simulasi Perbandingan Perubahan Tilt Terhadap Energi Array pada 34 Unit PLTS Rooftop 100 Kwp di Indonesia. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(1), 46-55.
15. Setiaji, G. (2016). Perancangan Pengolahan Air Minum Tenaga Surya Kapasitas 50 M3/HARI (Dengan Menggunakan Proses Biofiltrasi Dan Ultrafiltrasi). *Jurnal Air Indonesia*, 9(1).

ANALISIS KINERJA FOOD DEHYDRATOR DALAM MENGURANGI KADAR AIR PADA DAUN SALAM

Moh. Budi Shodikin, Ena Susiana I., Eka Riska Khailani
Institut Teknologi Lombok

Lenek Daya, Kec. Aikmel, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. 83661

*Corresponding Author Email: ikyikot362@gmail.com

ABSTRAK.

Kesadaran akan pentingnya pengawetan bahan makanan secara efisien dan aman telah mendorong pengembangan teknologi pengeringan makanan yang inovatif. Salah satu metode yang populer adalah penggunaan food dehydrator. Dalam penelitian ini kami menganalisis kinerja food dehydrator yang dibuat oleh mahasiswa LiT dalam mengeringkan daun salam, salah satu bahan makanan yang biasa digunakan sebagai bumbu. Metode yang digunakan adalah memperoleh daun salam, membersihkan, menimbang berat awal, mengeringkan pada suhu 55 derajat, menimbang daun salam setiap 2 jam sekali, menimbang berat akhir. Hasil dari penelitian ini adalah food dehydrator menunjukkan bahwa food dehydrator yang dibuat oleh mahasiswa LIT mampu menjaga suhu dan kelembaban sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Hasil pengeringan menunjukkan food dehydrator ini dapat mengurangi kadar air pada daun salam mencapai lebih dari 60% dalam waktu 8 jam.

Keyword: Food Dehydrator, Kadar Air, Pengawetan Makanan

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kesadaran akan pentingnya pengawetan bahan makanan secara efisien dan aman telah mendorong pengembangan teknologi pengeringan makanan yang inovatif. Salah satu metode yang populer adalah penggunaan *food dehydrator*. Dengan Food dehydrator adalah sebuah alat yang dirancang khusus untuk menghilangkan kelebihan air dari bahan makanan dengan menggunakan kombinasi suhu, aliran udara, dan waktu yang tepat (Sutrisni & Susanti, 2021).

Daun salam adalah salah satu bahan makanan yang kaya akan senyawa-senyawa bioaktif seperti minyak atsiri, polifenol, dan flavonoid, yang memberikan aroma khas dan manfaat kesehatan. Namun, keberadaan kadar air yang tinggi dalam daun salam membuatnya rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan membatasi umur simpannya. Oleh karena itu, pengeringan menjadi metode yang diperlukan untuk mengurangi kadar air dalam daun salam, sehingga memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas nutrisi dan karakteristik organoleptiknya (Yudiasuti, 2021).

Food dehydrator telah diakui sebagai salah satu teknologi pengeringan yang efektif dan efisien dalam mengurangi kadar air dalam bahan makanan. Metode pengeringan ini menggunakan kombinasi pengaturan suhu, aliran udara, dan ventilasi yang tepat untuk menghilangkan kelembaban dalam bahan makanan secara bertahap. Namun, perlu dilakukan analisis kinerja yang spesifik untuk memastikan efektivitasnya dalam pengeringan daun salam.

Hal yang dilakukan dalam melakukan analisis kinerja food dehydrator dengan mempertimbangkan beberapa parameter penting, seperti suhu pengeringan, waktu pengeringan. Penelitian ini juga memiliki potensi untuk memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengeringan secara umum. Dengan pemahaman yang lebih

baik tentang kinerja food dehydrator dalam mengurangi kadar air. Hasil analisis kinerja food dehydrator dalam pengurangan kadar air pada daun salam dapat menjadi dasar untuk pengembangan proses pengeringan yang lebih baik dan efisien untuk bahan makanan lainnya.

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis terperinci terhadap kinerja food dehydrator dalam mengurangi kadar air pada daun salam. Beberapa parameter yang akan dievaluasi meliputi suhu operasi, waktu pengeringan, dan pengaruhnya terhadap perubahan kadar air pada daun salam (Setiawan, 2022). Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efektivitas penggunaan food dehydrator dalam mengurangi kadar air pada daun salam. Dengan meningkatkan kualitas produk, dan mengurangi kerugian yang disebabkan oleh kerusakan atau penurunan kualitas bahan makanan selama penyimpanan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini kami menggunakan food dehydrator yang diciptakan oleh mahasiswa LIT dengan spesifikasi alat dengan panjang 47,5 cm, lebar 92 cm dan tinggi 120,5 cm. Bahan dan tray sebanyak 12 buah. Kami gunakan untuk membuat alat ini yaitu besi Holo ukuran 4x4, dan triplek ukuran 1,5 cm.



Gambar 1. Model food dehydrator

Pada alat ini ada beberapa komponen yang terpasang pada alat food dehydrator ini. komponennya antara lain ialah Thermostat STC-1000 yang berfungsi mengatur suhu pada proses pengeringan, Heater/pemanas 1000 watt yang berada pada bagian bawah tray berfungsi sebagai sumber panas pada alat food dehydrator ini, 2 buah Kipas komputer 12cm 2,4 watt yang berada dibagian atas sebagai ventilasi udara dan bagian bawah untuk menyebarkan panas, dan sensor DHT11 3 sensor suhu dan 3 sensor kelembaban yang diletakkan pada bagian atas, tengah dan bawah. Food dehydrator ini menggunakan daya sebesar 1124 watt dengan waktu pengeringan selama 8 jam. Pada proses pengeringan ini membutuhkan waktu 8 jam atau 28,800 second dengan konsumsi daya sekitar 11.100 kw. Dengan menggunakan daun salam sebagai bahan yang dikeringkan. Dan timbangan untuk menimbang daun yang dikeringkan pada saat pengambilan data.

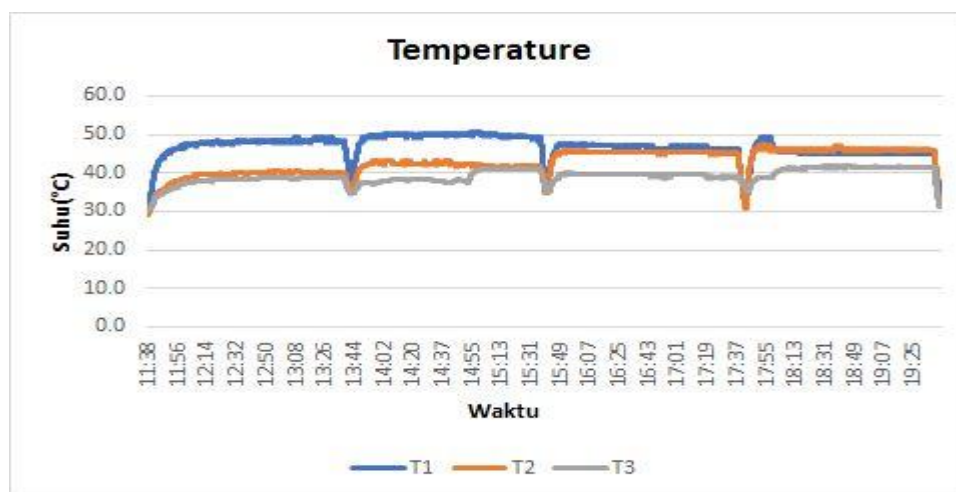
Proses pengambilan data

pada proses pengambilan data ini, hal pertama yang dilakukan adalah memperoleh daun salam yang dipetik langsung dari hutan sebanyak 480 gr. Setelah mendapatkan daun salam langkah selanjutnya adalah membersihkan daun salam agar kuman atau kotoran yang ada pada daun salam hilang biar lebih higienis. Setelah daun

salam dibersihkan, daun salam tersebut ditimbang berat awalnya, dan dicatat. Setelah ditimbang masukkan daun salam tersebut ke dalam terai yang berjumlah 12, yang masing masing terai berisi daun salam sebanyak 4x10 gr setiap tay menggunakan 4 . Setelah di isi per terainya, masukkan ke dalam food dehydrator dengan sejajar. Lalu hidupkan food dehydrator dengan mengatur suhu sesuai kebutuhan. Untuk penggunaan DHT dan kelembaban dengan menggunakan 3 yang diletakkan pada terai bagian atas, tengah dan paling bawah. Di penelitian ini suhu pengeringan menggunakan 55 derajat dengan waktu pengeringan selama 8 jam. Setiap 2 jam, daun salam dikeluarkan untuk ditimbang beratnya. Setelah 8 jam pengeringan langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut ke dalam bentuk grafik agar lebih mudah dipahami.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

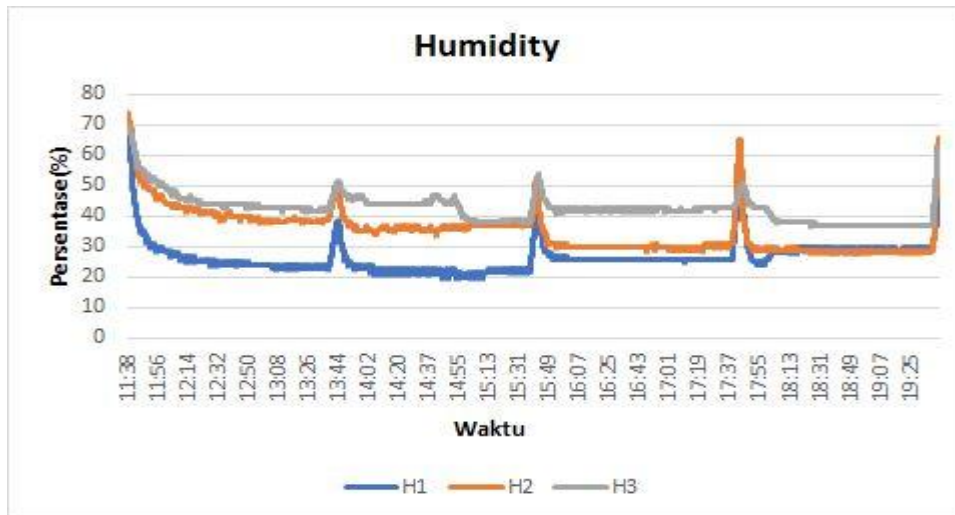
Setelah melakukan pengujian, kami mendapatkan data suhu seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini



Gambar 2. Temperature didalam food dehydrator selama proses pengeringan
(Sumber: Budi 2022)

Pada grafik di atas yaitu temperatur diman telah diletakkan tiga sensor T1, T2, T3. Pada T1 diletakkan pada terai paling bawah, T2 pada terai yang ditengah dan T3 berada pada terai paling atas. Pada pukul 11:38 sampai 13:44 suhu naik dari 28 derajat ke 55 derajat. Suhu masih stabil pada pukul 14:02 sampai 15:49. Terjadi penurunan suhu pada pukul 15:13 sampai 19:25 menjadi 47 derajat. Untuk T2 yang terletak pada terai yang ditengah, pukul 11:38 sampai 13:44 suhu naik ke 41 derajat, naik lagi ke suhu 44 derajat pada pukul 14:02 sampai 15:49. terjadi kenaikan suhu lagi pada pukul 16:07 sampai 19:25 ke suhu 48 derajat. Sedangkan pada T3 yang terletak pada terai bagian atas di 2 jam pertama berada di 38 derajat. dan pada 4 jam terjadi penurunan suhu pada pukul 14:02 di suhu 38 derajat dan naik lagi ke suhu 42 derajat pada pukul 15:13. Pada pukul 16:07 sampai pukul 17:55 terjadi penurunan suhu lagi ke suhu 40 derajat. dan pada pukul 18:13 sampai 19:25 suhu naik menjadi 42 derajat.

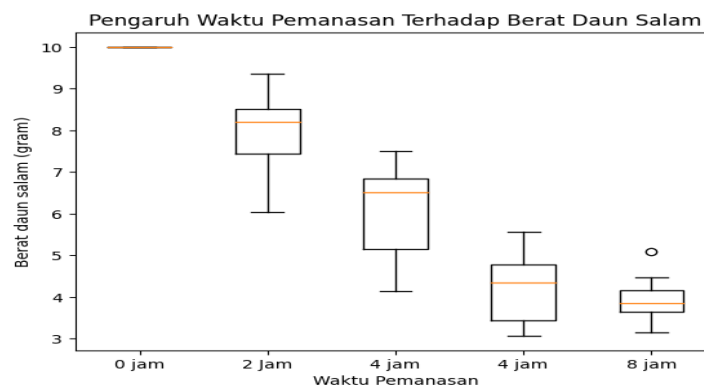
Selain suhu, sensor DHT11 yang kami gunakan juga merekam data kelembaban di dalam food dehydrator. Data yang direkam kami tampilkan dalam grafik kelembaban udara di bawah ini:



Gambar 3. Humidity didalam food dehydrator selama proses pengeringan
(Sumber: Budi 2022)

Pada grafik di atas telah diketahui ada tiga sensor kelembaban yang terpasang pada *food dehydrator* tersebut, H1, H2, H3. H1 terpasang di bagian bawah, H2 terpasang di bagian tengah dan H3 terpasang di bagian atas. H1 pada waktu 2 jam pertama kelembabannya berada di 21%. dan di waktu 4 jam kelembaban sekitar 18%. Pada jam ke 6 dan 8 terjadi kenaikan sekitar 25% dan 30%. Pada Sensor yang di tengah pada waktu 2 jam kelembaban berada pada 38%. Dan waktu 6 jam kelembaban berada pada 35%. Pada waktu 6 dan 8 jam terjadi penurunan kelembaban yang berada pada 30%. Untuk sensor bagian atas, pada waktu 2 jam kelembaban berada di 44%. Di Waktu 6 jam kelembaban naik turun dan mentok di 47%. Pada waktu 6 jam terjadi kenaikan kelembaban yang mana kelembaban berada di 43%, dan terjadi penurunan lgi pada jam ke 8 yang dimana kelembabannya berada pada angka 37%. Dari diagram suhu dan kelembaban di atas, kedua variabel mengalami perubahan drastis setiap 2 jam dikarenakan oleh pembukaan pintu food dehydrator pada jam-jam tersebut untuk dilakukan proses penimbangan.

Sementara itu hasil penimbangan berat daun salam didapatkan box plot sebagai berikut



Gambar 4. Box plot terhadap berat waktu pengeringan
(Sumber: Budi 2022)

Pada tabel di atas menunjukkan berat dan waktu pengeringan daun salam. Berat awal daun salam masing masing terai adalah 10 gram, dan waktu pengeringan selama

8 jam. Pada pengeringan daun salam selama 2 jam awal, kadar airnya turun sekitar 3 gram pada terai paling bawah, sekitar 1,4 gram rak tengah, sekitar 0,11 gram rak atas, Nilai pengurangan beratnya tidak sama karena posisi pemanas food dehydrator tersebut berada pada bagian bawah. Pada waktu 4 jam kadar airnya berkurang sekitar 6,5 gram pada terai bagian bawah, 4,5 gram di terai bagian tengah dan 4,6 gram pada terai bagian atas. Pada pengeringan 6 jam beratnya berkurang sekitar 6,5 gram pada terai paling bawah, 5,7 gram pada terai yang di tengah dan 5 gram terai yang atas. Dan 8 jam pemanasan beratnya turun sekitar 6,2 gram di terai paling bawah, 6 gram di terai yang tengah dan 5 gram di terai paling atas. jadi rata-rata pengurangan berat daun salam selama 8 jam pengeringan berada pada angka gram atau persen berat mencapai 60 persen.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kinerja *food dehydrator* dalam mengurangi kadar air pada daun salam, dapat disimpulkan bahwa penggunaan food dehydrator secara signifikan mengurangi kadar air pada daun salam. Hasil dari penelitian ini adalah food dehydrator menunjukkan bahwa food dehydrator yang dibuat oleh mahasiswa LIT mampu menjaga suhu dan kelembaban sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Hasil pengeringan menunjukkan food dehydrator ini dapat mengurangi kadar air pada daun salam mencapai lebih dari 60% dalam waktu 8 jam.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Sutrisni, T. N. N. A., & Susanto, E. E. (2021). Kajian Produktivitas Dehydrator Alat Pengeringan Bahan Cabai Bubuk. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 2(2), 12-19.
2. Yudiastuti, S. O. N., Wijaya, R., & Handayani, A. M. (2021). Analisis Nilai Tambah Peningkatan Kualitas Edamame Siap Saji dengan Teknik Pengeringan Food Dehydrator Berputar. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(03), 443-454.
3. Fatchullah, A., Auffadiina, J., Sarah, G., Peggy, C., Kurniasari, L., Dwi, P., ... & Setyo, G. (2022). Implementasi Food Dehydrator Pada Pengeringan Bunga Telang Sebagai Produk Teh Umkm Kampung Cendana Kelurahan Perak Barat. *PATIKALA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(4), 350-356.
4. Setiawan, A. (2022). Uji Kinerja Food Dehydrator Sistem Rotari Dengan Energi Pemanas Lampu Bohlam Untuk Pembuatan Edamame Kering.
5. Munawar, D., Jayanti, D. S., & Agustina, R. (2019). Karakteristik Pengeringan Kulit Melinjo (*Gnetum gnemon* L) dengan Alat Pengering Tipe Tray Dryer untuk Pembuatan Keripik Kulit Melinjo. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(4), 512-521.
6. Setiawan, A., Djamil, S., & Bahariawan, A. (2022). Uji Kinerja Mesin Food Dehydrator Pengeringan Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) Menggunakan Food Dehydrator Sumber Pemanas Lampu Bohlam. *JOFE: Journal of Food Engineering*, 1(1), 40-46.
7. Puswadi, H. A., & Sunyoto, S. (2021). Rancang Bangun Alat Pengering Bahan Makanan Berbasis Wings Drying System Dengan Dua Sumber Panas. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 7(1/Mei), 36-43.
8. Hariyansyah, I. I. H. (2022). Uji Kinerja Alat Pengering Food dehydrator Pada Pengeringan Daun Kelor Menggunakan Sumber Pemanas Lampu Bohlam.
9. SEPTYANTO, W. (2021). Analisa Energi dan Efisiensi Mesin Pengering Gabah Tipe Sliding Tray Kapasitas 15 Kg (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
10. Sunarto, J. A. (2022). Uji Kinerja Alat Pengering Food Dehydrator pada Pengeringan Sale Pisang Raja Menggunakan Sumber Pemanas Lampu Bohlam.
11. BTamam, R. (2015). Optimasi Suhu Dan Waktu Pada Proses Pengeringan Manisan Cabai Merah Menggunakan Tunnel Dehydrator Optimization Of Temperature And Time On The Process Of Drying Tunnel Using Red Chili Candied Dehydrator. *Jurnal Pertanian*, 6(1), 42-55.
12. Musyhar, G., & Veriyanto, E. (2019). Rancang Bangun Alat Pengering Makanan Elektrik Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor DHT11. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, 4(1).
13. Kartika, Z. Karakteristik Mutu Pengeringan Nanas Menggunakan Food Dehydrator Dan Tray Dryer.
14. Mauliana, Y., Cambodia, M., Dewi, A. S., Apriyanto, A., & Ariyanto, L. (2023). Pelatihan Peningkatan Mutu Produksi Minuman Bubuk Jahe Instan Dengan Mesin Digital Food Dehydrator Di Kwt Srikandi, Desa Sungai Langka. *Jurnal Abdi Masyarakat Saburai (JAMS)*, 4(01), 16-23.
15. Mustika, C. (2022). Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan, Kadar Lemak, Kadar Abu dan Nilai Energi Pada Pembuatan Teh Telur Instan Menggunakan Food Dehydrator.

16. Yudiastuti, S. O. N., Wijaya, R., Handayani, A. M., & Adnan, W. (2021). Pembuatan Edamame Kering Menggunakan Food Dehydrator Berputar.
17. Harismah, K. (2017). Pemanfaatan daun salam (*Eugenia polyantha*) sebagai obat herbal dan rempah penyedap makanan. *Warta Lpm*, 19(2), 110-118.

SIMULASI DAN ANALISIS MODEL MATEMATIKA THREE STATE BUCK-BOOST CONVERTER (TBBC) DENGAN KENDALI STATE FEEDBACK

I Ketut Wiryajati, I Nyoman Wahyu Satiawan, Ida Bagus Fery Citarsa, I Made Budi
Suksmadana, Supriono
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: kjatiwirya@unram.ac.id

ABSTRAK

Artikel ini menyajikan analisis rangkaian Three State Buck Boost Converter (TBBC), pemodelan matematika diikuti dengan menurunkan persamaan ruang keadaan rata-ratanya persamaan ruang ada setiap kondisi. Model yang diperoleh disimulasikan dalam SIMULINK/MATLAB. Pada konfigurasi loop terbuka dan loop tertutup dan perubahan keluarannya diamati. Konverter Buck Boost dianalisa pada kondisi tunak dengan & tanpa pengendalian. Sinyal masukan sebagai umpan dan menganalisa kondisi pada keluaran pada tanggapan transienya terhadap perubahan masukan. Desain kendali yang digunakan adalah desain kendali state feedback. Selain kendali tersebut pada artikel ini menggunakan controller Proporsional dan integral (PI). Kontroller ini digunakan untuk mengurangi kesalahan dan menstabilkan input yang variabel yang diberikan pada ke Tiga Kondisi BuckBoost Konverter. Alat yang digunakan untuk merancang pengontrol parameternya adalah aplikasi PID Tuner pada perangkat lunak MATLAB. Keuntungan dari alat yang digunakan adalah, memungkinkan pengguna untuk menyempurnakan kinerja secara interaktif pengontrol untuk menyesuaikan bandwidth loop dan margin fase atau mendukung pelacakan atau penolakan gangguan.

Keyword: Tiga Kondisi Buck Boost Konverter (TBBC), Kendali Proporsional dan integrator, Persamaan Ruang Keadaan

1. PENDAHULUAN

Power konverter arus searah yang paling lazim digunakan adalah konverter dengan menggunakan teknik pensaklaran (Mohammed & Jung, 2021). Konverter DC ke DC sering ditemukan dalam model penurun tegangan dan penaik tegangan untuk penurun tegangan saat ini dalam orde dan stabilitas yang tinggi dapat menggunakan Buck Converter (Veerachary & Anu, 2020), Penaik tegangan dapat menggunakan model kuadratik berbasis Boost Converter. (Veerachary, 2017). Buck Boost Converter mampu mengatasi kedua keadaan tersebut dalam satu rangkaian. Perubahan tegangan akibat dari menaik dan menurunnya tegangan masukan telah banyak diatasi dengan berbagai metoda pendekatan, seperti menggunakan MPPT pada system energi matahari (Matusz-Kalász, Bodnár, & Boros, 2023; Yuwanda, Prasetyono, & Eviningsih, 2020), selain menggunakan kesetabilan yang berbasis control konvensional dengan beberapa skenario dapat dengan kebijakan konvensional, selain metoda robust dengan teori kontrol disisi lain dapat menggunakan teori kombinasi dengan program linier. (Chen, Chen, Li, & Han, 2021). dan banyak yang lainnya. Akibat kesetabilan yang menurun dapat mempengaruhi power factor. Upaya yang telah diupayakan adalah dengan metoda perbaikan Power Factor Corection (PFC). Metoda ini dapat digunakan sebagai koreksi Power factor pada jaringan (Rashid & Knight, 2020), Industri rumah tangga, Industri otomotif (Patil & Ugale, 2022).

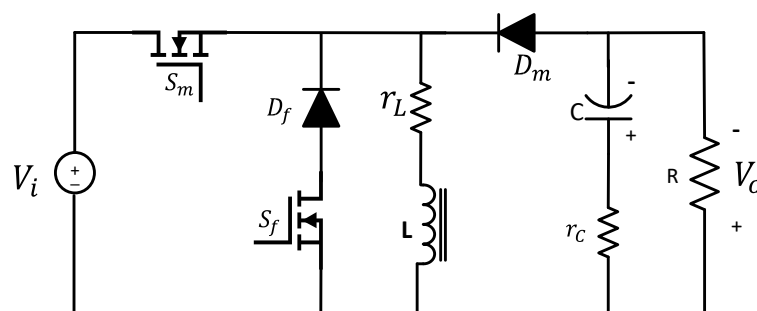
Akibat pensaklaran ini timbul persoalan Harmonisa secara klasik (Alam, Tao, & Habib, 2016; Wibawa, Mardiana, & Ardhenta, 2020) pada sisi beban maupun sisi pembangkit. Ada banyak penelitian telah di usulkan dalam penanganan ini seperti menghilangkan Righ Hand Plant (RHP)(Havre & Skogestad, 1997) pada pensaklaran, dengan mengurangi ukuran induktor. memvariasikan frekuensi switching (Wu, Zhang, & Xing, 2015), Penambahan Filter termasuk filter bertingkat (Chang, Cheng, & Cheng, 2017) yang semakin kompleks seperti Kalman filter (Sun, Cui, Yan, & Sun, 2022), Penanganannya ini masih berkisar pada operasi mode Continuous Conduction Mode (CCM) dan Disconitnous Conduction Mode (DCM).

Buck Boost Konverter dapat meningkatkan/menurunkan tegangan dengan cepat. Namun perkembangannya adalah hanya dengan mengubah posisi saklar dan penambahan diode sudah mendapatkan perubahan yang luar biasa dari sebuah rangkaian ini. Konverter Buck-Boost memiliki non-minimum masalah fase karena adanya Right Haf Plant (RHP) nol dalam fungsi transfer kontrol-ke keluarannya saat konverter beroperasi dalam mode CCM. Penanganan RHP telah banyak dilakukan seperti mengurangi ukuran Induktor, meningkatkan frekuensi switching, atau mengabungkan keduanya. Model ini menggunakan pendekatan persamaan Deferenensial biasa dan Transformasi Lapace dengan kontroler konvensional maupun modern yang ide dasar diambil dari pemodelan dalam rangka peningkatan Buck Boost Converter (Rana, Ghosh, & Banerjee, 2018) dengan kombinasi dari pemanfaatan sinyal modulasi pada control (Wiryajati, Giriantari, Kumara, & Jasa, 2021). Berdasarkan pemaparan diatas maka di uraikan sebuah konverter dengan model kerja tiga langkah dengan sebutan Three State Buck Boost Coverter (TBBC) yang diuraikan secara matematika pada model state space dengan kontroler matrik yang ide ini juga di ambil dari (Badeli, Baharom, Hidayat, & Hamzah, 2012) dan State Feedback.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini mengusulkan sebuah rangkaian tiga kondisi pada sebuah Buck Boost Konverter dengan menggunakan kontroler state feedback. Konverter tersebut diistilahkan dengan Three State Buck Boost Converter.

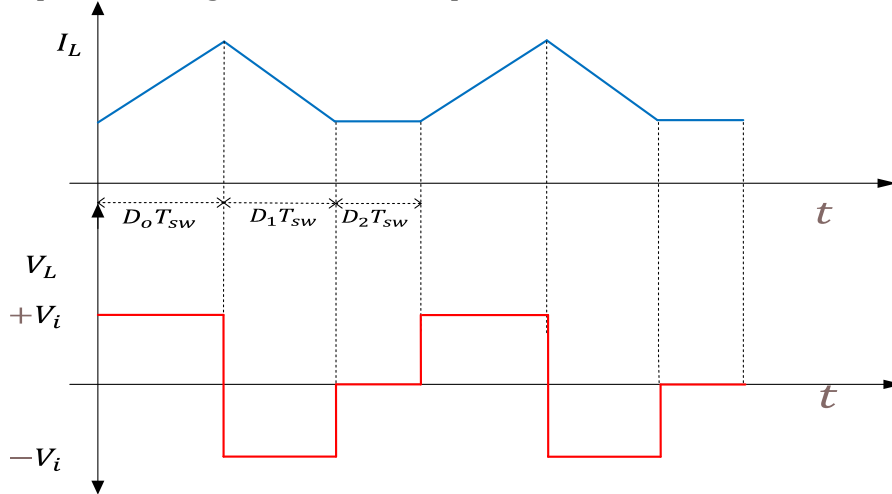
a. Three State Buck Boost Converter



Gambar 1. Rangkaian Dasar Three State Buck Boost Converter (TBBC)

Rangkaian pada Gambar 1 menunjukkan sebuah rangkaian Tiga Kondisi Buck Boost Konverter (TBBK), Rangkaian ini terdiri dari tegangan masukan (V_i), Dua buah saklar utama (S_m), dan freewhelling (S_f), dua buah diode utama (D_m) dan diode frewhelig (D_f), Induktor (L) dengan tahanan dalam (r_L), Capacitor (C) dengan Tahanan dalam kapasitor (r_c), dan beban berupa (R). Tegangan keluaran yang diukur adalah tegangan pada beban yaitu Tegangan Keluaran (V_o).Polaritas dari tegangan masukan

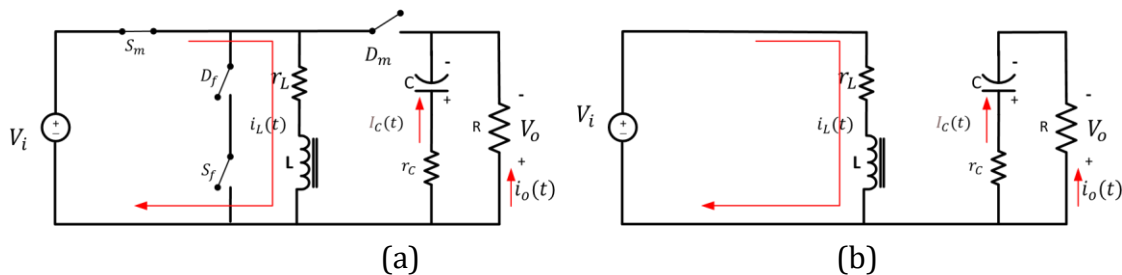
(V_i), adalah positif diatas dan negative di bawah. Sedangkan pada Tegangan Keluaran (V_o) posisi polaritas negative diatas dan positif dibawah.



Gambar 2. Rangkaian Dasar Three State Buck Boost Converter (TBBC)

Prinsip kerja dari TBBC adalah bekerja pada tiga kondisi seperti pada ditunjukkan pada Gambar 2. Pada kondisi 1 induktor mengalami pengisian selama waktu $D_o T_{sw}$ dan arus induktor meningkat secara perlahan, dan selama pembuangan muatan atau kondisi ke 2 induktor mengalami discharging selama $D_1 T_{sw}$, arus mengalami penurunan secara perlahan, sedangkan pada kondisi ketiga adalah masa proses freewheeling $D_2 T_{sw}$, pada kondisi ini arus induktor adalah konstan dan bernilai tidak nol. Karena kondisi ini adalah kondisi Continuous Conduction Mode (CCM).

Pada Kondisi 1. Saklar utama (S_m), ditutup dan saklar f (S_f), dibuka, Dioda freewheeling (D_f), dan diode (D_m) mengalami reverse bias. Dengan demikian tegangan masukan mengalirkan arus menuju Induktor dengan polaritas positif. Pada kapasitor mengalirkan arus sesuai kondisi saklar yang aktif. Lihat Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian pengganti pada kondisi 1 (a) Rangkaian dengan posisi saklar (b) Rangkaian ekuivalen kondisi 1.

Pada kondisi 1 berlaku Hukum Tegangan Kirchoff dan didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$V_i = V_{rL} + V_L$$

$$V_i = i_L(t)r_L + L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{V_i - i_L(t)r_L}{L}$$

(1)

Pada sisi arus berlaku hukum arus kirchoff dan didapatkan persamana berikut:

$$V_c = V_0$$

$$i_c(t) = -i_o(t)$$

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = - \frac{V_c}{C(R + r_c)} \quad (2)$$

Persamaan State Space

$$\dot{x} = AX + Bu$$

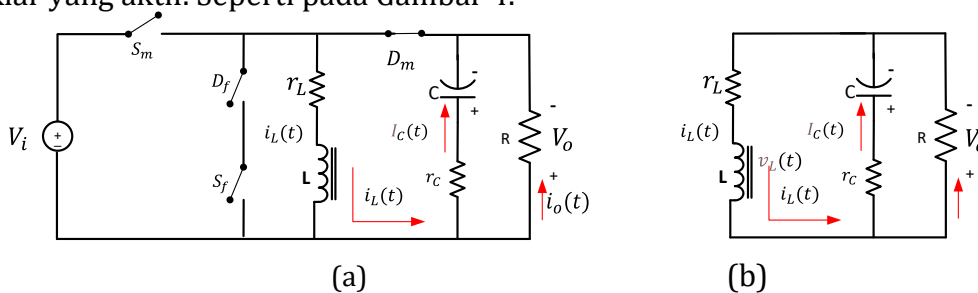
$$\begin{bmatrix} \frac{di_L(t)}{dt} \\ \frac{dv_c(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R + r_c)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} [V_i] \quad (3)$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R + r_c)} \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$y = CX + Du$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}, D_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Pada Kondisi 2. Saklar utama (S_m), dibuka dan saklar (S_f), dibuka, dioda freewheeling (D_f), dan diode (D_m) mengalami forward bias. Dengan demikian tegangan masukan tidak ada aliran arus menuju Induktor. Dalam mode CCM muatan pada induktor dengan polaritas positif. Kapasitor menglirkan arus sesuai kondisi saklar yang aktif. Seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian pengganti pada kondisi 2 (a) Rangkaian dgn posisi saklar (b) Rangkaian ekivalen kondisi 2.

Pada kondisi 2 dengan cara yang sama didapat

$$L \frac{di_L(t)}{dt} = \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R)i_L}{(R + r_c)} - \frac{V_c}{R + r_c}$$

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R)i_L}{L(R + r_c)} - \frac{RV_c}{L(R + r_c)} \quad (6)$$

Pada sisi arus dengan cara yang sama

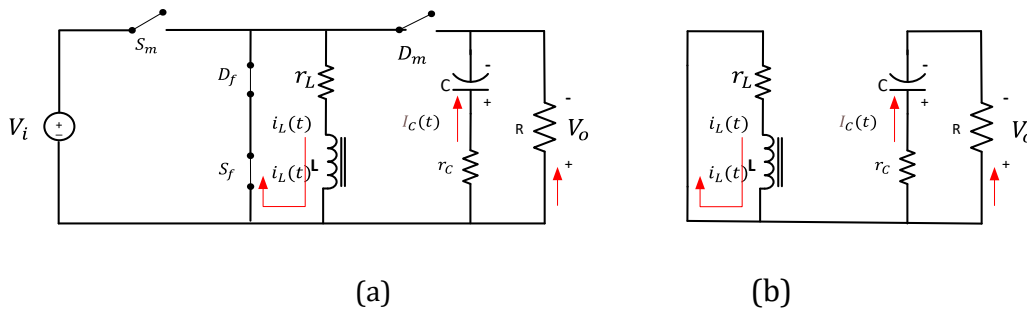
$$i_L(t) = i_C + i_R$$

$$V_c = V_o$$

$$\frac{dV_c(t)}{dt} = i_L(t) \frac{R}{C(R+r_c)} - \frac{V_c}{C(R+r_c)} \quad (7)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R)}{L(R+r_c)} & \frac{-R}{R+r_c} \\ \frac{R}{C(R+r_c)} & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ L \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}, D_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$



Gambar 5. Rangkaian pengganti pada kondisi 3 (a) Rangkaian dengan posisi saklar (b) Rangkaian ekivalen kondisi 3.

Pada Konsisi 3. Salkal utama (S_m), dibuka dan saklar (S_f), dan dioda freewheeling (D_f), di tutup dan diode (D_m) mengalami freverse bias. Gambar 5 (a). Dengan demikian tegangan masukan tidak ada. Muatan pada induktor mengalami discharging. Dalam kasus ini mode CCM dan muatan pada induktor dengan polaritas positif. Kapasitor menglirkan arus sesuai kondisi saklar yang aktif. Terihat seperti pada Gambar 5 (b).

$$-V_{rL} = V_L$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{-i_L(t)r_L}{L} \quad (10)$$

$$i_c(t) = -i_o(t)$$

$$C \frac{dv_c(t)}{dt} = -\frac{V_o}{R+r_c}$$

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = -\frac{V_c}{C(R+r_c)} \quad (11)$$

Persamaan State Space

$$\dot{x} = AX + Bu$$

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L(t)}{dt} \\ \frac{dv_c(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} [V_i] \quad (12)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix}, B_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$C_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}, D_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Persamaan State Space rata rata dalam satu siklus dari TBBC dapat di tulis menjadi sebagai berikut:

$$A_{avg} = A_1 + A_2 + A_3, B_{avg} = B_1 + B_2 + B_3,$$

Karena terdapat tiga mode yang dipengaruhi oleh duty cycle D_0, D_1, D_2 maka setiap mode dikalikan dengan waktu /siklus kerja tersebut sehingga didapatkan;

$$A_{avg} = \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} D_0 + \begin{bmatrix} \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R)}{L(R+r_c)} & \frac{-R}{L(R+r_c)} \\ \frac{R}{C(R+r_c)} & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} D_1 + \begin{bmatrix} \frac{-r_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} D_2$$

$$A_{avg} = \begin{bmatrix} \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R D_0)}{L(R+r_c)} & \frac{-R D_0}{L(R+r_c)} \\ \frac{R}{C(R+r_c)} & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_2 \\ 0 \end{bmatrix} [V_i]$$

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L(t)}{dt} \\ \frac{dv_c(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R D_0)}{L(R+r_c)} & \frac{-R D_0}{L(R+r_c)} \\ \frac{R D_0}{C(R+r_c)} & \frac{-1}{C(R+r_c)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_2 \\ 0 \end{bmatrix} [V_i] \quad (15)$$

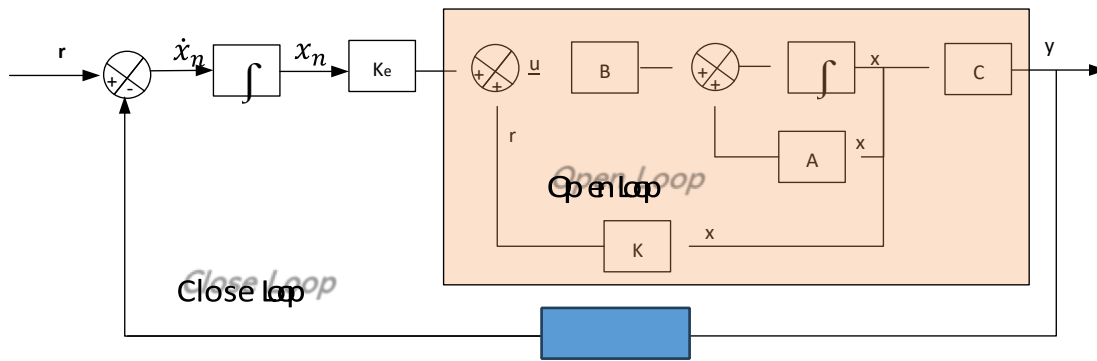
Dengan demikian persamaan diferensialnya dapat ditulis kembali menjadi berikut:

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \left(\frac{-(r_L R + r_L r_c + r_c R d_1)}{L(R+r_c)} \right) i_L - \left(\frac{-R d_1}{L(R+r_c)} \right) v_c \quad (16)$$

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = \left(\frac{R d_1}{C(R+r_c)} \right) i_L + \left(\frac{-1}{C(R+r_c)} \right) v_c \quad (17)$$

b. State Feedback design with Integral

Untuk mendapatkan model state dan integral dalam system kendali Three State State Feedback Control dapat diperhatikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Integral dari State Feedback Kontroller

$$\dot{x}_n = e = -C_x + V_i \quad (17)$$

Persamaan controller baru didapat

$$V_i = -K_x + K_e \quad (18)$$

$$\dot{x} = (A - BK)x + BK_e x_n \quad (19)$$

Persamaan batrik baru didapatkan sebagai berikut:

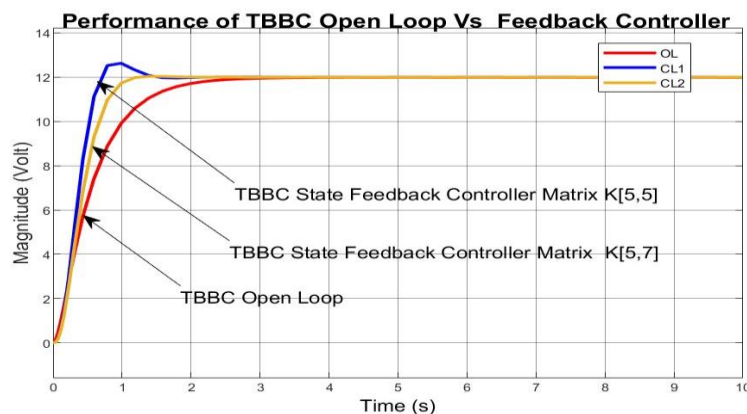
$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A - BK & BK_e \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} [V_i] \quad (20)$$

$$\text{dengan } V_o = [C0] [x_n] \quad (21)$$

Dimana V_o = Tegangan Keluaran, V_i = Tegangan Masukan, x = adalah arus induktor, x_n = Tegangan Kapasitor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan matrik didapatkan keluaran pada saat system diuji dengan persamaan karakteristiknya menghasilkan bentuk keluaran sekitar 12 volt dan peneurunan nya tegangan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya parameter yang di pergunakan dalam rangkaian TBBC. Perhitungan Parameter TBBC mengacu pada Perhitungan Buck Boost Konverter. Matrik controller ditentukan dengan menguji rangkaian dengan memberikan rangkaioran integrator sebagai uaya untuk meningkatkan kestabilan atau menurunkan error steady state. Penguatan K_e diberikan setelah integrator agar memberikan kesetabilan yang lebih dekat. Perhatikan Gambar 6



Gambar 7. Performance TBBC tanpa dan dengan Kontroller Matrik State.

Rangkaian KOntrroller dengan persamaan (20) dan persamaan (21) didapatkan rangkaian controller dengan matrik 2x2 dan di ujikan dengan melakukan percobaan dengan memilih angka 5 dan 5 dan sekitarnya didapatkan keluaran dengan bentuk seperti pada Gambar 7. Dengan TBBC kalang tertutup. Mtrik yang ditrial adalah matrik K dengan penguatan matrik [5,5] dan [5 7].

Sistem state space kalang terbuka di upayakan dengan mengatur gain agar memiliki nilai yang sama pada keluaran kalang tertutup. Tujuan dari penyamaan keluaran agar lebih memudahkan untuk membandingkan kinerja dari system saat kalang tertutup maupun kalang terbuka.

Pada Tabel 1. Menunjukkan nilai komparasi dai kinerja TBBC, dengan waktu naik mengalami kenaikan dengan cepat perhatikan matrik dan hasil kanag terbuka dan tertutup sangat significant . Laju kemiringan mengalami kecepatan yang cukup baik disekitar 22,438 setiap detiknya. Nilai overshoot dengan controller pada nilai [5 5] mendapatkan nilai yang mwngalami lonjakan yang sangat significant. Range yang di gunakan atau yang di lpilih adalah sekitar nilai matrik [5 7].

Tabel 1. Komparasi kontroler state feedback dengan matrik tertala

No	Performance	Kontroller		
		Open Loop	Matrik K[5,5]	Matrik K[5,7]
1	Time Rise (Tr)	1,121 ms	427,60 ms	605,126 ms
2	Slew Rate (Sr)	8,469/s	22,438/s	15,750/s
3	Overshoot (Ov)	0,501 %	4,737 %	0,501 %
4	Amplitude (V)	1,187e+1	1,199e+1	1,197e+1

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menrancang persamaan state space dari TBBC berdasarkan variable arus dan egangan pada rangkaian. Model matematika telah disimulasikan dengan perangkat lunak SIMULINK/MATLAB dandiolah dengan perangkat lunak lain dan menghasilkan sebuah metoda aplikasi teknik kendali dengan menggunakan State Feedback pada Three State Buck Boost Converter (TBBC) dengan kesetabilan yang lebih baik. Secara berturut-turut hasil nilai terbaik adalah nilai waktu naik yang dapat ditunjukkan berikut: 1.121 ms, 427,60 ms dan 65.126 ms. TBBC kalang tertutup dengan feed back tunggal, Metoda konvensional TBBC menggunakan Kontroller PI dan TBBC menggunakan kontrol matrik State Feedback (K) . Penguatan kendali Pi, dan Matrik K di tala menggunakan metoda Zigler Nichols sebagai acuan dan ditala lagi dengan metoda Trial and Error.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Alam, A., Tao, L., & Habib, K. (2016, 28 Sept.-1 Oct. 2016). Optimal model predictive control for disturbance rejection and stability in buck-boost converter and its comparison with classical technique. Paper presented at the 2016 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON).
2. Badeli, A. A., Baharom, R., Hidayat, N., & Hamzah, M. K. (2012, 3-4 Dec. 2012). Single-phase matrix converter with reduced switch count operating as buck or boost rectifier. Paper presented at the 2012 International Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics (ISCAIE).
3. Chang, C. H., Cheng, C. A., & Cheng, H. L. (2017, 24-27 Oct. 2017). A bidirectional buck-cascaded buck-boost PV inverter with active power filtering. Paper presented at the 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE).

4. Chen, C., Chen, M., Li, S., & Han, K. (2021, 22-24 May 2021). Reliable constrained control of DC-DC Buck-Boost converter based on signal compensation and inner-outer convex combination optimal control. Paper presented at the 2021 33rd Chinese Control and Decision Conference (CCDC).
5. Havre, K., & Skogestad, S. (1997, 1-7 July 1997). Limitations imposed by RHP zeros/poles in multivariable systems. Paper presented at the 1997 European Control Conference (ECC).
6. Matusz-Kalász, D., Bodnár, I., & Boros, R. R. (2023, 12-14 June 2023). Monitoring of MPPT regulation during temperature transient phenomenon in off-grid solar system. Paper presented at the 2023 24th International Carpathian Control Conference (ICCC).
7. Mohammed, S. A. Q., & Jung, J. W. (2021). A State-of-the-Art Review on SoftSwitching Techniques for DC-DC, DC-AC, AC-DC, and AC-AC Power Converters. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(10), 6569-6582. doi:10.1109/TII.2021.3058218
8. Patil, R., & Ugale, R. T. (2022, 21-23 Dec. 2022). Comparative Study of Single-phase
9. Power Factor Correction Topologies for Electric Vehicle Battery Charger
10. Based on Boost Converter. Paper presented at the 2022 IEEE Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI).
11. Rana, N., Ghosh, A., & Banerjee, S. (2018). Development of an Improved Tristate
12. Buck-Boost Converter With Optimized Type-3 Controller. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 6(1), 400-415. doi:10.1109/JESTPE.2017.2724847
13. Rashid, M., & Knight, A. M. (2020, 29 June-28 July 2020). Local power control by LV distributed PV for feeder power factor correction and overvoltage mitigation. Paper presented at the 2020 IEEE/IAS 56th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS).
14. Sun, Z., Cui, C., Yan, G., & Sun, X. (2022, 25-27 July 2022). Application of Fractional Kalman Filter in Modal Analysis of Buck-Boost Converter. Paper presented at the 2022 41st Chinese Control Conference (CCC).
15. Veerachary, M. (2017, 18-20 Dec. 2017). Design and analysis of a new quadratic boost converter. Paper presented at the 2017 National Power Electronics Conference (NPEC).
16. Veerachary, M., & Anu. (2020, 2-4 Oct. 2020). Stability Analysis of Higher-order
17. Buck Converters: Participation Factors Approach. Paper presented at the 2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON).
18. Wibawa, U., Mardiana, E., & Ardhenta, L. (2020, 26-28 Aug. 2020). Design and Performance Analysis of PID Controller for Extended Output Voltage BuckBoost Converter. Paper presented at the 2020 10th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS).
19. Wiryajati, I. K., Giriantari, I. A. D., Kumara, I. N. S., & Jasa, L. (2021). The performance analysis of dual-inverter three phase fed induction motor with open-end winding using various PWM schemes. *Wireless Networks*, 27(2), 871-880. doi:10.1007/s11276-019-02182-5
20. Wu, H., Zhang, J., & Xing, Y. (2015). A Family of Multiport Buck-Boost Converters Based on DC-Link-Inductors (DLIs). *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(2), 735-746. doi:10.1109/TPEL.2014.2307883
21. Yuwanda, R. I., Prasetyono, E., & Eviningsih, R. P. (2020, 22-23 July 2020). Constant Power Generation Using Modified MPPT P&O to Overcome Overvoltage on
22. Solar Power Plants. Paper presented at the 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA).

ABSTRAKSI CHEMICAL TOPOLOGICAL GRAPH (CTG) MELALUI INDEKS TOPOLOGIS GRAF ALJABAR

Salsabila Hadi Putri Ningrum, Ayes Malona Siboro, Sahin Two Lestari, I Gede Adhitya Wisnu Wardhana*, Zata Yumni Awanis

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: adhitya.wardhana@unram.ac.id

ABSTRAK

Dalam bidang kimia teoritis dan komputasional, penggunaan Chemical Topological Graph (CTG) sebagai representasi grafis molekul memainkan peran penting dalam memahami struktur molekul dan sifat-sifat kimianya. CTG memungkinkan visualisasi molekul, analisis ikatan kimia, dan pengembangan model prediktif. Kaitan antara CTG dan struktur aljabar terjadi melalui konsep representasi graf, yang membuka pintu bagi penerapan metode dan konsep aljabar dalam analisis dan pemodelan molekul. Dalam artikel ini, diberikan abstraksi hubungan antara graf topologis kimia dan struktur aljabar melalui representasi graf. Hasil yang didapatkan.

Keyword: Graf Topologi Kimia, Representasi Graf, Struktur Aljabar

1. PENDAHULUAN

Chemical Topological graph adalah representasi grafis molekul dalam kimia teoritis dan komputasional. Dalam Chemical Topological Graph (CTG), atom-atom dalam molekul direpresentasikan sebagai simpul-simpul, sedangkan ikatan antara atom direpresentasikan sebagai sisi-sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. CTG membantu dalam menganalisis struktur molekul, memahami ikatan kimia, dan memprediksi sifat dan perilaku kimia molekul. CTG ini memainkan peran penting dalam pengembangan model prediktif dan metode simulasi molekul (Hua et al., 2019).

Kaitan antara CTG dengan struktur aljabar terjadi melalui konsep homomorfisma graf. Homomorfisma graf adalah kondisi dimana dua graf yang masih mempertahankan hubungan struktural antara simpul-simpul dan sisi-sisi graf tersebut. Melalui homomorfisma graf, CTG suatu molekul dapat dikaitkan dengan struktur aljabar. Sebagai contoh, graf dari suatu molekul dapat dicari keidentikannya dalam suatu homomorfisma, yang kemudian dapat ditemukan struktur grup dari graf tersebut, hal ini memungkinkan penerapan konsep struktur aljabar dalam analisis dan pemodelan molekul (Wagner & Wang, 2019).

Oleh karena itu pada tulisan ini akan diberikan berbagai indeks topologi graf dari suatu struktur aljabar untuk memudahkan mencari homomorfisma graf antara representasi graf molekul dan representasi graf dari suatu objek pada struktur aljabar. Hal ini diharapkan memberikan jalan dalam penerapan metode dan konsep aljabar pada CTG.

2. METODE

Metode Penelitian memuat uraian terkait pendekatan, jenis, dan desain penelitian. Selanjutnya, Metode Penelitian menjelaskan data dan sumber data, metode

dan teknik pengumpulan data, prosedur pengumpulan data, instrumen pengumpulan data, metode dan teknik penganalisisan data, serta metode dan teknik penyajian hasil penganalisisan data. Metode Penelitian harus berisi uraian operasional metode dan bukan hanya berisi definisi dari metode yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks topologi dalam graf teori adalah parameter penting yang digunakan untuk menganalisis struktur molekul kimia, membantu memahami sifat-sifat dan hubungan antara atom-atom dalam molekul.

Indeks Topologi

Indeks Zagreb adalah parameter topologi molekul yang digunakan dalam kimia untuk menggambarkan kompleksitas molekul berdasarkan struktur grafiknya. Indeks ini diberi nama berdasarkan nama kota Zagreb, ibu kota Kroasia, tempat asal penemuannya. Indeks Zagreb dapat digunakan untuk memprediksi sifat-sifat fisikokimia molekul, seperti titik didih, titik leleh, entalpi pembakaran, indeks refraksi, dan sebagainya. Indeks ini juga dapat digunakan dalam penentuan struktur molekul, peramalan aktivitas biologis, dan korelasi struktur-aktivitas dalam penelitian obat-obatan. Secara umum, semakin besar Indeks Zagreb suatu molekul, semakin kompleks strukturnya. Namun, indeks ini hanya memberikan informasi topologis dan tidak memberikan detail tentang ikatan kimia spesifik dalam molekul (Mansour et al., 2016).

Terdiri dari dua indeks, dan dinamakan indeks Zagreb pertama dan indeks Zagreb kedua. Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kuadrat derajat semua simpul dalam struktur molekul. Kemudian indeks kedua didefinisikan sebagai perkalian derajat dua simpul yang bertetangga. Secara matematis, indeks Zagreb didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 1. Misalkan G adalah suatu graf, Indeks Zagreb pertama ($M_1(G)$) dan indeks Zagreb kedua ($M_2(G)$) dari graf G adalah

$$M_1(G) = \sum_{v_i \in V(G)} \text{deg}(v_i)^2$$
$$M_2(G) = \sum_{v_i v_j \in E(G)} \text{deg}(v_i) \text{deg}(v_j)$$

dimana $\text{deg}(v_i)$ adalah derajat dari simpul v_i .

Indeks Gutman adalah alat penting dalam kimia yang digunakan untuk menggambarkan struktur molekuler dan memahami hubungan antara struktur tersebut dengan sifat-sifat kimia, termasuk prediksi sifat fisik, aktivitas biologis, dan reaktivitas kimia senyawa organik. Ini berperan dalam desain obat, analisis kuantitatif struktur-sifat, dan pemahaman lebih dalam tentang struktur molekuler dan sifat kimia yang terkait (Mazorodze et al., 2016). Indeks Gutman didefinisikan sebagai berikut

Definisi 2. Misalkan G adalah suatu graf terhubung, indeks Gutman dari graf G didefinisikan dengan

$$\text{Gut}(G) = \sum_{i < j} \text{deg}(v_i) \text{deg}(v_j) d(v_i, v_j)$$

dimana $d(v_i, v_j)$ adalah jarak antara simpul v_i dan v_j , dan $\text{deg}(v_i)$ adalah derajat simpul v_i .

Indeks Wiener dinamai sesuai dengan Harry Wiener, yang memperkenalkannya pada tahun 1947. Ini adalah indeks topologi tertua yang terkait dengan percabangan molekul kimia. Berdasarkan kesuksesannya, banyak indeks topologi lain dari graf kimia, berdasarkan informasi dalam matriks jarak graf, telah dikembangkan setelah karya Wiener (Ren & Su, 2017).

Kuantitas yang sama juga telah dipelajari dalam matematika murni, dengan berbagai nama termasuk status bruto, jarak suatu graf, dan transmisi. Indeks Wiener juga berkaitan erat dengan sentralitas kedekatan dari sebuah simpul dalam sebuah graf, sebuah kuantitas yang berbanding terbalik dengan jumlah semua jarak antara simpul yang diberikan dan semua simpul lainnya yang telah sering digunakan dalam sosiometri dan teori jaringan sosial.

Definisi 3. Misalkan G adalah suatu graf, indeks Wiener dari graf G didefinisikan dengan

$$W(G) = \sum_{i < j} d(v_i, v_j)$$

dimana $d(v_i, v_j)$ adalah jarak antara simpul v_i dan v_j .

Dalam CGT, indeks hyper-Wiener atau bilangan hyper-Wiener adalah indeks topologis dari molekul yang digunakan dalam biokimia. Indeks Hyper-Wiener juga dapat digunakan untuk representasi jaringan komputer dan meningkatkan keamanan perangkat keras. Indeks Hyper-Wiener juga digunakan untuk membatasi struktur sebuah partikel ke dalam sebuah angka tunggal yang mencerminkan perpanjangan molekuler dan struktur elektroniknya. Indeks hyper-Wiener adalah generalisasi yang diperkenalkan oleh Milan Randić dari konsep indeks Wiener (Feng et al., 2014). Indeks Hyper Wiener didefinisikan Sebagai berikut:

Definisi 4. Misalkan G adalah suatu graf, indeks hyper-Weiner dari graf G didefinisikan dengan

$$WW(G) = \sum_{i < j} (d(v_i, v_j) + d(v_i, v_j)^2)$$

dimana $d(v_i, v_j)$ adalah jarak antara simpul v_i dan v_j .

Dalam Chemical Topological graph, indeks Estrada adalah indeks topologi lipatan protein. Indeks ini pertama kali didefinisikan oleh Ernesto Estrada sebagai ukuran derajat lipatan suatu protein, yang direpresentasikan sebagai graf jalur yang diberi bobot oleh sudut dihedral atau torsional dari tulang belakang protein. Indeks derajat lipatan ini telah ditemukan memiliki berbagai aplikasi dalam studi fungsi protein dan interaksi protein-ligand (Zhou, 2008). Secara matematis, indeks Estrada didefinisikan sebagai

Definisi 5. Misalkan G adalah suatu graf dengan jumlah simpul n dan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_n$ adalah nilai eigen dari matriks ketetanggaan A_G . Indeks Estrada ($EE(G)$) dari graf G adalah

$$EE(G) = \sum_{i=1}^n e^{\lambda_i}$$

Indeks Randić adalah alat penting dalam kimia yang digunakan untuk menganalisis dan menggambarkan struktur molekuler senyawa organik. Dengan bantuan indeks ini, ilmuwan dapat memprediksi sifat fisik, aktivitas biologis, dan reaktivitas kimia senyawa, serta memahami hubungan antara struktur molekuler dan sifat-sifat kimia. Ini memiliki berbagai aplikasi dalam perancangan obat, analisis struktur-sifat, dan studi struktur molekuler dalam berbagai bidang kimia (Roslly et al., 2023). Indeks Randic didefinisikan sebagai berikut

Definisi 6. Misalkan G adalah suatu graf, indeks Wiener dari graf G didefinisikan dengan

$$R(G) = \sum_{i < j} (\deg(v_i) \deg(v_j))^{1/2}$$

dimana $\deg(v_i)$ adalah derajat simpul v_i .

Dalam Chemical Topological graph, indeks Szeged adalah indeks topologi suatu molekul yang digunakan dalam biokimia. Indeks Szeged, yang diperkenalkan oleh Iván Gutman, menggeneralisasi konsep indeks Wiener yang diperkenalkan oleh Harry Wiener. Indeks Szeged telah ditunjukkan memiliki korelasi yang baik dengan berbagai sifat biologis dan fisikokimia (Alimon et al., 2020). Indeks Szeged dari sebuah graf terhubung didefinisikan sebagai

Definisi 7. Misalkan G adalah suatu graf terhubung, indeks Szeged dari graf G didefinisikan sebagai

$$Sz(G) = \sum_{e=uv \in E} n_u(e|G) n_v(e|G)$$

dimana e merupakan sisi di G yang menghubungkan u dan v , kemudian $n_u(e|G)$ menyatakan banyak titik G yang terletak lebih dekat dengan u dibandingkan dengan v .

Dalam Chemical Topological graph, indeks Padmakar–Ivan (PI) adalah indeks topologi suatu molekul yang digunakan dalam biokimia. Indeks Padmakar–Ivan merupakan generalisasi yang diperkenalkan oleh Padmakar V. Khadikar dan Iván Gutman dari konsep indeks Wiener yang diperkenalkan oleh Harry Wiener. Indeks PI sangat penting dalam studi hubungan struktur-aktivitas kuantitatif untuk model klasifikasi yang digunakan dalam ilmu kimia, biologi, rekayasa, dan nanoteknologi (Pattabiraman & Paulraja, 2012). Indeks PI dari suatu graf G didefinisikan sebagai

Definisi 8. Misalkan G adalah suatu graf terhubung, indeks Padmakar-Ivan dari graf G didefinisikan sebagai

$$PI(G) = \sum_{e=uv \in E} (n_u(e|G) + n_v(e|G))$$

dimana e merupakan sisi di G yang menghubungkan u dan v , kemudian $n_u(e|G)$ menyatakan banyak titik G yang terletak lebih dekat dengan u dibandingkan dengan v .

Indeks Harmonic, juga dikenal sebagai Bilangan Harmonic Topologis, diperkenalkan oleh Ilja Prisner pada tahun 1983 sebagai indeks topologis dalam kimia teoretis. Konsepnya didasarkan pada fungsi Harmonik dalam teori medan elektrostatis, yang digunakan untuk menggambarkan potensial elektrostatis dalam molekul. Indeks Harmonic digunakan untuk memprediksi berbagai sifat fisik dan kimia senyawa organik, seperti kelarutan, titik didih, dan titik leleh. Seiring waktu, indeks ini

telah menjadi alat penting dalam komputasi kimia, digunakan dalam perancangan obat, analisis kuantitatif struktur-sifat, dan penelitian struktur molekuler, dengan pengembangan dan pemahaman lebih lanjut yang terus berlanjut (Zhong, 2012). Indeks Harmonic didefinisikan sebagai berikut

Definisi 9. Misalkan G adalah suatu graf, indeks Harmonic dari graf G didefinisikan dengan

$$R(G) = \sum_{v_i v_j \in E(G)} \frac{2}{(\deg(v_i) + \deg(v_j))}$$

dimana $\deg(v_i)$ adalah derajat simpul v_i .

Indeks topologi ini dapat menjadi ukuran numerik terkait hubungan antar simpul pada graf pada berbagai graf. Representasi graf bervariasi dari graf koprima sampai graf koprima relatif (Syarifudin et al., 2023), graf irisan (Ramdani et al., 2022), graf pangkat (Asmarani et al., 2021), graf nilpoten (Malik et al., 2023), graf prima (Maulana et al., 2023) hingga graf pembagi nol (Semil @ Ismail et al., 2023).

Formulasi Pada Representasi Graf Koprime

Graf koprime atas suatu grup adalah topik yang sering menjadi fokus penelitian, salah satunya adalah pada grup bilangan bulat modulo \mathbb{Z}_n yang dipelajari oleh Juliana (Juliana et al., 2020). Dalam konteks ini, graf tersebut selalu memiliki struktur multipartit, yang menjadi salah satu ciri utama dalam analisisnya. Hasilnya diberikan pada Teorema berikut:

Teorema 1. Misalkan $n = p_1^{k_1} p_2^{k_2} \dots p_j^{k_j}$, dengan p_1, p_2, \dots, p_j bilangan prima berbeda dan k_1, k_2, \dots, k_j adalah bilangan asli, maka graf koprime dari \mathbb{Z}_n adalah graf $(j + 1)$ -partit.

Penelitian tentang graf koprime pada grup yang berbeda telah dilakukan oleh Syarifudin, khususnya dalam konteks graf koprime pada grup dihedral D_{2n} (Syarifudin et al., 2021). Hasil penelitiannya dipersembahkan dalam bentuk Teorema berikut ini:

Teorema 2. Misalkan $n = p_1^{k_1} p_2^{k_2} \dots p_j^{k_j}$, dengan p_1, p_2, \dots, p_j bilangan prima ganjil berbeda dan k_1, k_2, \dots, k_j adalah bilangan asli, maka graf koprime dari D_{2n} adalah graf $(j + 2)$ -partit.

Berdasarkan temuan dari dua penelitian terkait bentuk graf koprime di atas, Yatin menyajikan indeks Hyper-Wiener dan indeks Padmakar-Ivan (Zainun Yatin et al., 2023). Hasilnya diberikan pada teorema-teorema berikut

Teorema 3. Misalkan G graf koprime dari grup dihedral. Jika $n = 2^k$ untuk suatu $k \in \mathbb{N}$, maka indeks Hyper-Wiener dari graf koprime dari grup dihedral adalah

$$WW(G) = 6n^2 - 7n + 2$$

Teorema 4. Misalkan G graf koprime dari grup dihedral. Jika $n = 2^k$ untuk suatu $k \in \mathbb{N}$, maka indeks Hyper-Wiener dari graf koprime dari grup dihedral adalah

$$PI(G) = 4n^2 - 6n + 2$$

Pada sisi lain, Gayatri berhasil menemukan indeks Harary, indeks Harmonikindeks Zagreb, indeks Gutman, dan indeks Wiener dari graf koprima yang terkait dengan grup dihedral (Gayatri et al., 2023).

Teorema 5. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Harary graf adalah

$$Ha(G) = 3n^2 - 5n + 4$$

Teorema 6. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Harmonik graf adalah

$$H(G) = \frac{2n-2}{3n} + \frac{2n}{3n-1} + \frac{2n^2-2n}{2n+1}$$

Teorema 7. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Zagreb pertama graf adalah

$$M_1(G) = n(2n^2 + 5n - 5)$$

Teorema 8. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Gutman pertama graf adalah

$$Gut(G) = 3n^4 - 4n^3 + 8n^2 - 11n + 3$$

Teorema 9. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Wiener graf adalah

$$W(G) = \frac{3n^2 + 5n - 5}{2}$$

Husni sebelumnya telah memberikan dua indeks topologi, yakni indeks Harmonic dan indeks Gutman. Formulasi ini berbeda dengan yang diberikan oleh Gayatri, perbedaan utama adalah dari grup yang digunakan (Husni et al., 2022).

Teorema 10. Misalkan G graf koprima dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Harmoic dari grup adalah

$$H(G) = \frac{2n-2}{n}$$

Teorema 11. Misalkan G graf graf koprima dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Gutman dari grup adalah

$$Gut(G) = (n-1)(2n-3)$$

Selain itu juga banyak studi terkait graf koprima pada grup quaternion yang diperumum berupa karakteristik dan bentuk grafnya (Nurhabibah et al., 2021), hingga pada numerical invariannya (Nurhabibah et al., 2023). Yang menarik, graf koprima punya dual yang dinamakan graf non-koprima yang memiliki karakteristik berkebalikan (Nurhabibah et al., 2022).

Formulasi Pada Representasi Graf Pangkat

Graf pangkat pada grup menggambarkan hubungan pangkat antara elemen-elemen grup, membantu memahami sifat struktural grup, dan berguna dalam matematika, seperti teori bilangan dan kriptografi. Syechah berhasil mendapatkan representasi graf pangkat untuk grup bilangan bulat modulo berorde prima yang disempurnakan oleh Putra pada orde perpangkatan prima (Syechah et al., 2022).

Teorema 12. Misalkan G graf pangkat dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka G adalah graf lengkap K_n .

Putra kemudian memberikan formulasi indeks topologi pada graf pangkat untuk grup bilangan bulat modulo (Putra et al., 2023).

Teorema 13. Misalkan G graf koprima dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Zagreb pertama dan kedua dari graf adalah

$$M_1(G) = n(n - 1)^2$$

$$M_2(G) = \frac{n}{2}(n - 1)^3$$

Teorema 14. Misalkan G graf koprima dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Gutman dari graf adalah

$$Gut(G) = \frac{n}{2}(n - 1)^3$$

Teorema 15. Misalkan G graf koprima dari grup bilangan bulat modulo. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Wiener dari graf adalah

$$W(G) = \frac{n(n - 1)}{4}$$

Asmarani sebelumnya telah berhasil memformulasikan indeks topologi pada grup yang berbeda, yakni grup dihedral (Asmarani et al., 2023).

Teorema 16. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Wiener dari graf adalah

$$W(G) = \frac{7n^2 - 5n}{2}$$

Teorema 17. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Zagreb pertama dari graf adalah

$$M_1(G) = n^2(n - 1)$$

Teorema 18. Misalkan G graf koprima dari grup dihedral. Jika $n = p^k$ dengan p bilangan prima ganjil, dan $k \in \mathbb{N}$ maka indeks Gutman dari graf adalah

$$Gut(G) = \frac{(n^4 + n) + 3(n^3 - n^2)}{2}$$

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, dua jenis graf, yaitu graf koprima dan graf pangkat, telah diformulasikan dalam berbagai konteks grup matematis. Graf koprima pada grup bilangan bulat modulo \mathbb{Z}_n dan grup dihedral D_{2n} memiliki struktur multi-partit, dan rumus-rumus indeks topologi seperti Hyper-Wiener, Padmakar-Ivan, Harary, Harmonik, Zagreb, Gutman, dan Wiener telah berhasil dirumuskan untuk graf-graf ini. Temuan ini memberikan wawasan dalam memahami sifat-sifat struktural grup dan aplikasi dalam teori bilangan, kriptografi, dan teori jaringan. Selain itu, dalam konteks graf pangkat, formulasi indeks topologi juga telah dikembangkan, terutama pada grup bilangan bulat modulo dan grup bilangan bulat modulo berorde prima. Hasil penelitian ini memiliki implikasi dalam analisis sifat-sifat pangkat dan hubungan antara elemen-elemen grup. Keseluruhan, penelitian ini membantu memperluas pemahaman tentang graf-graf tersebut dan kontribusi mereka dalam berbagai bidang matematika.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Alimon, N. I., Sarmin, N. H., & Erfanian, A. (2020). The Szeged and Wiener indices for coprime graph of dihedral groups. *AIP Conference Proceedings*, 2266. <https://doi.org/10.1063/5.0018270>
2. Asmarani, E. Y., Lestari, S. T., Purnamasari, D., Syarifudin, A. G., Salwa, S., & Wardhana, I. G. A. W. (2023). The First Zagreb Index, The Wiener Index, and The Gutman Index of The Power of Dihedral Group. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, 7(4), 513–520. <https://doi.org/10.18860/ca.v7i4.16991>
3. Asmarani, E. Y., Syarifudin, A. G., Wardhana, I. G. A. W., & Switrayni, N. W. (2021). The Power Graph of a Dihedral Group. *Eigen Mathematics Journal*, 4(2), 80–85. <https://doi.org/10.29303/emj.v4i2.117>
4. Feng, L., Liu, W., Yu, G., & Li, S. (2014). The hyper-Wiener index of graphs with given bipartition. *Utilitas Mathematica*, 96(1), 99–108. <https://www.researchgate.net/publication/279652481>
5. Gayatri, M. R., Fadhilah, R., Lestari, S. T., Pratiwi, L. F., Abdurahim, A., & Wardhana, I. G. A. W. (2023). TOPOLOGY INDEX OF THE COPRIME GRAPH FOR DIHEDRAL GROUP OF PRIME POWER ORDER. *Jurnal Diferensial*, 5(2), 126–134. <https://doi.org/10.35508/jd.v5i2.12462>
6. Hua, H., Das, K. C., & Wang, H. (2019). On atom-bond connectivity index of graphs. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 479(1), 1099–1114. <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2019.06.069>
7. Husni, M. N., Syafitri, H., Siboro, A. M., Syarifudin, A. G., Aini, Q., & Wardhana, I. G. A. W. (2022). THE HARMONIC INDEX AND THE GUTMAN INDEX OF COPRIME GRAPH OF INTEGER GROUP MODULO WITH ORDER OF PRIME POWER. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 16(3), 961–966. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss3pp961-966>
8. Juliana, R., Masriani, M., Wardhana, I. G. A. W., Switrayni, N. W., & Irwansyah, I. (2020). COPRIME GRAPH OF INTEGERS MODULO n GROUP AND ITS SUBGROUPS. *Journal of Fundamental Mathematics and Applications (JFMA)*, 3(1), 15–18. <https://doi.org/10.14710/jfma.v3i1.7412>
9. Malik, D. P., Wardhana, I. G. A. W., Dewi, P. K., Widiastuti, R. S., Maulana, F., Syarifudin, A. G., & Awanis, Z. Y. (2023). Graf Nilpoten dari Gelanggang Bilangan Bulat Modulo Berorde Pangkat Prima (A Note on Nilpotent Graph of Ring Integer Modulo with Order Prime Power). *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(1), 28–33. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v8i1.2920>
10. Mansour, T., A. Rostami, M., Suresh, E., & B. A. Xavier, G. (2016). On the Bounds of the First Reformulated Zagreb Index. *Turkish Journal of Analysis and Number Theory*, 4(1), 8–15. <https://doi.org/10.12691/tjant-4-1-2>
11. Maulana, M., Wardhana, I. G. A. W., Switrayni, N. W., & @ Ismail, G. S. (2023). Some Characteristics of the Prime Graph of Integer Modulo Groups. *InPrime: Indonesian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 5(1), 38–46. <https://doi.org/10.15408/inprime.v5i1.29014>
12. Mazorodze, J. P., Mukwembi, S., & Vetrík, T. (2016). The Gutman index and the edge-Wiener index of graphs with given vertex-connectivity. *Discussiones Mathematicae - Graph Theory*, 36(4), 867–876. <https://doi.org/10.7151/dmgt.1900>
13. Nurhabibah, Malik, D. P., Syafitri, H., & Wardhana, I. G. A. W. (2022). Some results of the non-coprime graph of a generalized quaternion group for some n . *AIP Conference Proceedings*, 2641(December 2022), 020001. <https://doi.org/10.1063/5.0114975>
14. Nurhabibah, N., Syarifudin, A. G., & Wardhana, I. G. A. W. (2021). Some Results of The Coprime Graph of a Generalized Quaternion Group Q_{4n} . *InPrime: Indonesian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 3(1), 29–33. <https://doi.org/10.15408/inprime.v3i1.19670>
15. Nurhabibah, N., Wardhana, I. G. A. W., & Switrayni, N. W. (2023). NUMERICAL INVARIANTS OF COPRIME GRAPH OF A GENERALIZED QUATERNION GROUP. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 29(01), 36–44.

16. Pattabiraman, K., & Paulraja, P. (2012). Vertex and edge Padmakar-Ivan indices of the generalized hierarchical product of graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 160(9), 1376–1384. <https://doi.org/10.1016/j.dam.2012.01.021>
17. Putra, L. R. W., Awanis, Z. Y., Salwa, S., Aini, Q., & Wardhana, I. G. A. W. (2023). THE POWER GRAPH REPRESENTATION FOR INTEGER MODULO GROUP WITH POWER PRIME ORDER. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(3), 1393–1400. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1393-1400>
18. Ramdani, D. S., Wardhana, I. G. A. W., & Awanis, Z. Y. (2022). THE INTERSECTION GRAPH REPRESENTATION OF A DIHEDRAL GROUP WITH PRIME ORDER AND ITS NUMERICAL INVARIANTS. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 16(3), 1013–1020. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss3pp1013-1020>
19. Ren, H., & Su, X. (2017). The Annealed Entropy of Wiener Number on Random Double Hexagonal Chains. *Applied Mathematics*, 08(10), 1473–1480. <https://doi.org/10.4236/am.2017.810108>
20. Roslly, S. R. D., Ab Halem, N. F. A. Z., Zailani, N. S. S., Alimon, N. I., & Mohammad, S. A. (2023). Generalization of Randić Index of the Non-commuting Graph for Some Finite Groups. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 19(5), 762–768. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v19n5.3047>
21. Semil @ Ismail, G., Sarmin, N. H., Alimon, N. I., & Maulana, F. (2023). The First Zagreb Index of the Zero Divisor Graph for the Ring of Integers Modulo Power of Primes. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 19(5), 892–900. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v19n5.2980>
22. Syarifudin, A. G., Nurhabibah, Malik, D. P., & dan Wardhana, I. G. A. W. (2021). Some characterizatsion of coprime graph of dihedral group D_{2n} . *Journal of Physics: Conference Series*, 1722(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012051>
23. Syarifudin, A. G., Santi, L. M., Faradiyah, A. R., Wijaya, V. R., & Suwastika, E. (2023). Topological Indices of the Relative Coprime Graph of the Dihedral Group. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 7(3), 698. <https://doi.org/10.31764/jtam.v7i3.14913>
24. Syechah, B. N., Asmarani, E. Y., Syarifudin, A. G., Anggraeni, D. P., & Wardhana, I. G. A. W. W. (2022). Representasi Graf Pangkat Pada Grup Bilangan Bulat Modulo Berorde BilanganPrima. *Evolusi: Journal of Mathematics and Sciences*, 6(2), 99–104.
25. Wagner, S., & Wang, H. (2019). *Introduction to Chemical Graph Theory*. A Chapman & Hall Group. <https://www.crcpress.com/Discrete-Mathematics-and-Its-Applications/book-series/>
26. Zainun Yatin, B., Gayatri, M. R., Wardhana, I. G. A. W., & Prayanti, B. D. (2023). INDEKS HYPER-WIENER DAN INDEKS PADMAKAR-IVAN DARI GRAF KOPRIMA DARI GRUP DIHEDRAL. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, 07(02), 138–147.
27. Zhong, L. (2012). The harmonic index for graphs. *Applied Mathematics Letters*, 25(3), 561–566. <https://doi.org/10.1016/j.aml.2011.09.059>
28. Zhou, B. (2008). On Estrada index. *MATCH Commun. Math. Comput. Chem*, 60(1), 485–492. <https://www.researchgate.net/publication/265353359>

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ASAM LAKTAT ASAL FESES BAYI SECARA FENOTIPIK

Nurmi Hasbi^{1*}, Rosyunita¹, Adelia Riezka Rahim², Wayan Sulaksana Sandhi Parwata⁵,
Rahmah Dara Ayunda³, Afif Farras⁴, Al Fikar Raihan⁴, Muhammad Azim Billah⁴

¹Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

²Departemen Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

³Departemen Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

⁴Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: nurmihasbi@unram.ac.id

ABSTRAK

Bakteri asam laktat (BAL) berperan penting dalam meningkatkan kinerja dan mitigasi penyakit karena kemampuannya untuk menjaga keseimbangan fisiologis saluran cerna serta ketahanannya terhadap bakteri patogen. BAL merupakan salah satu bakteri yang terdapat dalam saluran pencernaan. Sebagai mikroorganisme yang beradaptasi secara residen, BAL harus diisolasi dan dikarakterisasi dari inangnya untuk meningkatkan efisiensinya sebagai bahan probiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat lokal BAL asal feses bayi melalui identifikasi fenotipik. Sampel yang digunakan dari penelitian yaitu feses bayi berusia 1-6 bulan yang berasal dari pasien yang berobat di Rumah Sakit Universitas Mataram. Isolasi dilakukan dengan cara menumbuhkan bakteri asal feses menggunakan metode *Total Plate Count* pada media MRSA (*deMan Rogosa Sharpe Agar*) + CaCO₃ 1%. Karakterisasi fenotipik diantaranya morfologi, pengecatan gram dan uji biokimia yang meliputi uji katalase, indol, motil, sulfur dan sitrat. Hasil isolasi bakteri diperoleh 8 isolat BAL dengan jumlah rerata sebesar $2-3 \times 10^9$ cfu/ml tiap petrinya. Bakteri asam laktat yang diperoleh menghasilkan zona bening pada media MRSA, disebabkan karena bakteri tersebut mampu mensekresikan asam pada media dan mengikat CaCO₃ menjadi Ca-laktat yang larut, sehingga menimbulkan zona bening. Karakterisasi BAL pada penelitian ini diantaranya tidak menghasilkan enzim katalase dan sitrat, tidak motil dan tidak menghasilkan indol serta sulfur. Hasil pengecatan gram menunjukkan semua isolat merupakan bakteri gram positif. Berdasarkan morfologi BAL yang ditemukan yaitu bentuk kokus sebanyak 6 isolat kokus dan basil sebanyak 2 isolat. Keberadaan isolat BAL asal feses bayi dapat dijadikan sumber acuan penelitian lanjutan untuk probiotik seperti pengujian antibakteri dan antioksidan.

Keyword: Bakteri asam laktat, Bayi, feses, isolasi, fenotipik

1. PENDAHULUAN

Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan flora normal saluran pencernaan manusia dan memainkan peran penting dalam memulihkan homeostasis mikrobiota usus manusia (Kumar *et al.*, 2020). Selain itu, BAL memberikan efek positif pada berbagai aspek kesehatan seperti penyerapan nutrisi, metabolisme, kekebalan, dan pertahanan terhadap patogen dalam saluran pencernaan (Venkateswarulu, Peele and Bobby, 2019). BAL juga tergolong dalam kategori probiotik. Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup, dapat memberikan efek menguntungkan pada inangnya.

BAL dapat menghasilkan asam laktat dan metabolit lain dalam jumlah tinggi seperti bakteriosin (Ooi, M. F. *et al.*, 2015), asam lemak rantai pendek, mediator terlarut dan eksopolisakarida. Akibatnya, BAL memiliki kemampuan untuk bertahan tumbuh dalam tubuh manusia (seperti enzim air liur, pH rendah, dan cairan usus), mengkolonisasi sel

epitel usus, menghambat patogen dan spesies oksigen reaktif (ROS) yang terkait dengan penyakit usus. Kondisi ini akan membantu untuk menjaga keseimbangan mikrobiota usus dan homeostasis kekebalan tubuh dan menjalankan peran fisiologis dalam kesehatan manusia (Wao et al., 2023).

BAL dapat diklasifikasikan berdasarkan morfologi, kemampuan dalam memfermentasi glukosa, kemampuan tumbuh dalam suhu tertentu, dan penggunaan gula sebagai sumber karbon. Pengelompokan BAL juga berdasarkan kemampuan dalam konfigurasi asam laktat yang dihasilkan dan toleransi terhadap garam, asam, dan alkali. Saat ini, BAL yang sudah teridentifikasi masuk ke dalam filum Firmicutes, kelas Bacilli dan ordo *Lactobacillales*. Famili yang diketahui saat ini adalah Aerococcaceae, Enterococcaceae, Carnobacteriaceae, Leuconostocaceae, Streptococcaceae, dan Lactobacillaceae. Beberapa anggota BAL biasa dimanfaatkan sebagai probiotik baik dalam bentuk bakteri murni maupun campuran (Mozzi et al. 2016).

Dalam beberapa tahun terakhir, BAL dalam saluran pencernaan telah banyak mendapat perhatian para peneliti karena keberadaannya dan manfaatnya dalam mikrobiota usus manusia. Namun, efektivitas probiotik bergantung pada spesies atau strain dan cara kerja probiotik masih belum sepenuhnya dipahami. Sebelum disebut sebagai probiotik, setiap kandidat strain probiotik harus diisolasi, diidentifikasi dan dinilai sifat probiotiknya seperti keamanan (kerentanan antibiotik), fungsional (adhesi mukosa usus dan ketahanan terhadap lingkungan pencernaan) dan manfaat (produksi asam laktat) dan antagonisme terhadap patogen karakteristik *in vitro* (Casarotti et al., 2017). Meskipun terdapat sejumlah probiotik komersial yang unggul di seluruh dunia dan banyak penelitian terkait telah dilaporkan, para peneliti terus mencari probiotik yang lebih unggul di masa depan. Probiotik yang dijadikan target biasanya diisolasi dari spesimen manusia karena kekhususan spesies inangnya sehingga probiotik lebih mampu beradaptasi dengan kondisi saluran cerna manusia (Argyri et al., 2013). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi dan mengidentifikasi spesies BAL dominan yang ada dalam feses bayi manusia dengan teknik isolasi dan identifikasi secara fenotipik.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan Mei hingga bulan November tahun 2023. Proses isolasi, identifikasi, dan uji aktivitas antibakteri dilakukan di laboratorium mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Mataram.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan antara lain alat gelas laboratorium (Iwaki® dan Pyrex®), *rubber bulb*, timbangan analitik (Pioneer™), cawan porselen, ayakan mesh 40, *magnetic stirrer*, pinset, cawan petri (Iwaki® dan Pyrex®), tabung reaksi (Iwaki® dan Pyrex®), jarum ose, bunsen, rak tabung reaksi, mikropipet (Labnet), botol feses, *cooler box (mr.DIY)*, autoklaf (Tomy SX-500), pinset, *spreader*, *Bio Safety Cabinet* (Jisico), vortex (Labnet), *hotplate* (Labnet), dan inkubator (Labnet), batang penyebar (*spreader*), pipet tetes, mistar, kaca preparat, kaca penutup, batang pengaduk, *glass, quebec coloni counter*, dan spuit injeksi.

Bahan yang digunakan antara lain yaitu feses (bayi berusia 0 hingga 6 bulan), kalsium karbonat (CaCO₃), media *Man Rogosa Shape agar* (MRSA), media *simon citrate* (SC), media *sulfide indole motility* (SIM), media *Mueller Hinton Agar* (MHA), akuades,

NaCl 0.9% agar, set pewarnaan gram, H₂O₂, minyak imersi, reagen kovacs, spiritus, gliserol 10% dan alkohol 70%

Desain dan Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan teknik pengambilan sampel purposive sampling dengan jumlah sampel sebanyak 8 bakteri. Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengujian isolasi bakteri dengan metode *Total Plate Count* dan identifikasi bakteri secara fenotipik berdasarkan pengecatan gram, uji motil, uji katalase, uji sulfur dan uji indol.

Pembuatan media uji mikrobiologi

Pembuatan media MRSA dengan cara menimbang sebanyak 68,2 gram bubuk MRSA dan 1 gram bubuk calcium carbonate (CaCO₃). Pembuatan media MHA dengan cara menimbang sebanyak 38 gram bubuk media MHA. Pembuatan media *SC Agar* dengan cara menimbang sebanyak 20 gram bubuk SC. Pembuatan media SIM dengan cara menimbang sebanyak 30 gram bubuk SIM. Keempat media diatas dilarutkan dalam 1 liter *aquades* dalam wadah *erlenmeyer* dan dipanaskan diatas *hotplate* kemudian diaduk dengan magnetic stirrer hingga homogen dan mendidih. Media tersebut kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media MRSA dan MHA dituangkan kedalam cawan petri volume 25 ml sedangkan media SC dan SIM dituangkan ke dalam tabung reaksi volume 5 ml. Media siap digunakan.

Persiapan pengambilan sampel feses bayi

Penggunaan sampel feses bayi telah mendapat persetujuan atas perlakuan etik dari komisi etik penelitian kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Mataram nomor No:414/UN18.F8/ETIK/2023. Karakteristik bayi yang dipilih berusia 0-6 bulan dan merupakan pasien Rumah Sakit Universitas Mataram. Pengambilan sampel feses bayi hanya dilakukan selama satu kali dengan cara menampung feses kedalam botol feses. Tahapan selanjutnya botol yang berisi feses ditempatkan dalam *cooler box* kemudian dibawa ke laboratorium mikrobiologi untuk dilakukakan pemeriksaan.

Isolasi bakteri asam laktat

Sebanyak 1 gram sampel feses bayi diambil secara aseptis ditambahkan ke dalam 9 ml larutan pengencer. Larutan pengencer yang digunakan yaitu NaCl fisiologis 0.9%, dan dihomogenkan (pengenceran ke-1). Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat sampai pengenceran ke-7. Sebanyak 0.1 ml cuplikan dari tiga seri pengenceran terakhir diambil dan dikulturkan pada media MRSA tersuplementasi CaCO₃ 1% menggunakan metode *spread plate*. Diinkubasi selama 48 jam pada inkubator suhu 37°C. Koloni yang tumbuh dihitung, dan jumlah totalnya dihitung dengan metode *total plate count* (TPC).

Tahapan Pemurnian

Koloni yang tumbuh dengan zona bening di sekelilingnya dilakukan pemurnian sel dengan menggoreskan pada media MRSA tersuplementasi CaCO₃ 1% dengan metode kuadran diinkubasi selama 24 jam pada inkubator suhu 37°C agar diperoleh koloni tunggal. Tahapan selanjutnya disubkultur kembali dengan MRSA sebagai isolat tunggal murni.

Pewarnaan Gram

Kaca objek ditetaskan NaCl fisiologis 0.9%, lalu isolat pada agar miring diambil satu ose dan isolat disebar diatas kaca objek kemudian difiksasi (preparat). Gentian violet ditetaskan di atas preparat dan didiamkan, selama 1 menit. Preparat dicuci dengan air mengalir, kemudian ditetesi dengan cairan lugol dan didiamkan lagi selama 1 menit. Preparat dicuci kembali dengan air mengalir dan ditetesi alkohol 96% kemudian didiamkan selama 30 detik. Preparat dicuci dengan air mengalir kemudian ditetesi safranin dan didiamkan selama 45-60 detik atau setengah kering. Preparat dicuci dan dikeringkan untuk diamati di bawah mikroskop. Bakteri gram positif akan berwarna ungu dan bakteri Gram negatif berwarna merah. Bakteri asam laktat merupakan bakteri gram positif.

Uji Katalase

Kaca objek dibersihkan, lalu ditetaskan beberapa tetes H₂O₂ 3% di atas kaca tersebut. Sebanyak satu ose isolat diambil dan diusapkan di atas kaca objek yang terdapat H₂O₂ 3%. Pembentukan gelembung-gelembung O₂ di dalam tetesan H₂O₂ diamati.

Uji Sitrat

Sebanyak satu ose isolat murni digoreskan pada medium *Simmon Sitrat* agar miring kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C dan diamati perubahan warna yang terjadi. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna dari hijau menjadi biru.

Uji Sulfur, Indol dan Motil

Tabung reaksi yang berisi SIM diinokulasi dengan satu ose isolat murni BAL, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C, lalu ditambahkan reagen Kovac's. Jika terdapat cincin merah, maka sampel positif indol. Jika didasara tabung ada endapan warna hitam maka positif sulfur. Uji motil ditandai dengan adanya embun atau pertumbuhan bakteri disekitar tusukan ose bakteri.

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dalam bentuk gambar dan tabel. Hasil dicatat berdasarkan jumlah isolat yang diperiksa.

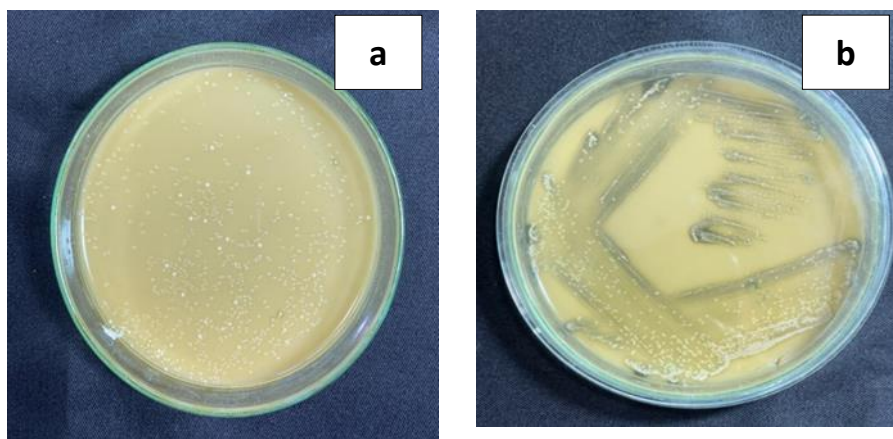
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi bakteri merupakan suatu teknik dalam memisahkan bakteri tersebut dari lingkungannya dan menumbuhkannya sebagai biakan murni dalam medium buatan. Teknik isolasi akan membuat peneliti lebih mudah untuk melihat dan mengamati bentuk-bentuk pertumbuhan bakteri. Kehadiran bakteri dalam media menunjukkan bahwa mikroba mampu menunjukkan bahwa mereka mampu memanfaatkan nutrisi yang ada dalam media. Kebutuhan sumber energi mikroba dapat berasal dari cahaya (fototrof) dan karbon organik (kemoorganotrof), sumber karbon dalam bentuk karbon anorganik (seperti kalium nitrat) dan nitrogen organik (dalam bentuk protein dan asam amino), unsur non-logam seperti belerang dan fosfor, unsur logam (seperti potasium, natrium, magnesium, besi, tembaga, dll.), air untuk fungsi metabolisme dan pertumbuhan Teknik *spread plate* umumnya digunakan untuk kelompok bakteri yang aerob. Bakteri asam laktat merupakan kelompok bakteri yang aerob. Metode *spread*

plate (cawan sebar) adalah suatu teknik di dalam menumbuhkan mikroorganisme di dalam media agar dengan cara menuangkan stok kultur bakteri di atas media yang telah padat dengan bantuan *spreader* (Jufri, 2020)

Hasil penelitian dari isolasi bakteri asal feces ditemukan bakteri asam laktat mampu tumbuh di media MRSA yang tersuplementasi CaCO_3 . Jumlah rerata sebesar $2-3 \times 10^9$ cfu/ml tiap petriernya. Bakteri asam laktat dapat tumbuh pada media MRSA, karena mengandung beberapa komponen yang dapat menunjang pertumbuhan bakteri tersebut. Media MRSA mengandung dekstrosa, ekstrak daging, ekstrak ragi, ammonium sitrat, magnesium sulfat, pepton, natrium asetat, dikalium fosfat, tween 80 dan mangan sulfat. Kandungan ammonium sitrat pada pH rendah menunjang pertumbuhan bakteri asam laktat. Dikalium fosfat dan natrium asetat merupakan dapar untuk menjaga pH tetap rendah, sementara tween 80 adalah pelarut zat-zat lain. Mangan dan magnesium sulfat merupakan sumber dari ion dan sulfat. Sedangkan pepton, daging dan ragi adalah sumber nutrisi untuk pertumbuhan karena mengandung nitrogen, vitamin, mineral dan asam amino. Dekstrosa adalah karbohidrat fermentasi yang berfungsi sebagai karbon dan sumber energi (De Man *et al.*, 1960).

Hasil pengamatan makroskopis BAL pada media MRSA yaitu koloninya berwarna putih. Kurnia, Amir and Handayani, (2020) mengatakan bahwa koloni BAL berwarna putih hingga putih kekuningan, berbentuk bulat dan tepian berwarna bening. Hasil isolasi juga menunjukkan bahwa BAL berbentuk bulat (Gambar 1a). BAL yang tumbuh dapat diamati dengan adanya koloni bakteri yang menghasilkan zona bening disekitarnya. Bakteri asam laktat yang diperoleh akan menghasilkan pembentukan zona bening pada media tersebut, disebabkan karena bakteri tersebut mampu mensekresikan asam pada media MRSA (Gambar 1b). Bakteri asam laktat yang diperoleh menghasilkan zona bening pada media MRSA, disebabkan karena bakteri tersebut mampu mensekresikan asam pada media dan mengikat CaCO_3 menjadi Ca-laktat yang larut, sehingga menimbulkan zona bening (Mastuti, 2022).



Gambar 1. Bakteri asam laktat pada media MRSA (a) Hasil isolasi TPC; (b) Hasil streak/peremajaan(sumber:dokumentasi pribadi).

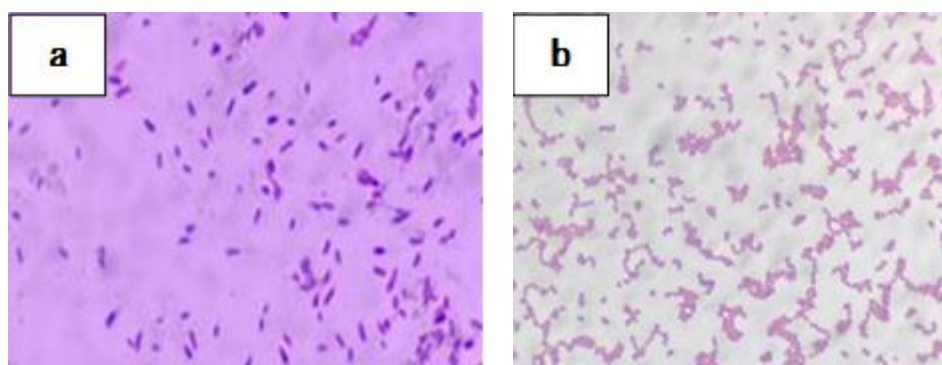
Kelompok bakteri asam laktat merupakan kelompok bakteri gram positif yaitu warna sel bakterinya ungu (Gambar 2). Pengecatan gram terdiri atas empat reagen diantaranya larutan kristal violet, larutan yodium dan iodida, campuran aseton dan etanol, dan larutan safranin atau fuchsin (Li *et al.*, 2020). Kristal violet berfungsi sebagai zat warna utama. Iodida atau yodium berfungsi untuk mengintensifkan warna utama. Alkohol atau aseton berfungsi untuk melunturkan zat warna utama. Safranin berfungsi

sebagai zat penutup atau pewarna tandingan Kelompok bakteri gram positif ditandai dengan berwarna ungu pada selnya jika diamati dibawah mikroskop. Dinding sel atau peptidoglikan gram positif lebih tebal dibandingkan gram negatif. Kondisi ini mengakibatkan bakteri gram positif dapat mengikat pewarna utama kristal violet, sehingga saat dibilas dengan alkohol bakteri gram positif tetap dapat memperhatikan warna violet/ungu. Berbeda dengan kelompok bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan yang tipis, akibatnya saat cat utama dibilas dengan alkohol warnanya menjadi hilang, dan terikat warna dengan cat tandingan safranin sehingga warnanya menjadi merah muda.

Identifikasi Bakteri Asam Laktat

Bakteri yang tumbuh di media MRSA dihitung jumlah koloninya dengan menggunakan metode *Total Plate Count* yaitu satuan perhitungan CFU/ml. Pengujian Total Plate Count (TPC) dimaksudkan untuk menunjukkan jumlah mikroba dalam suatu sampel/bahan.

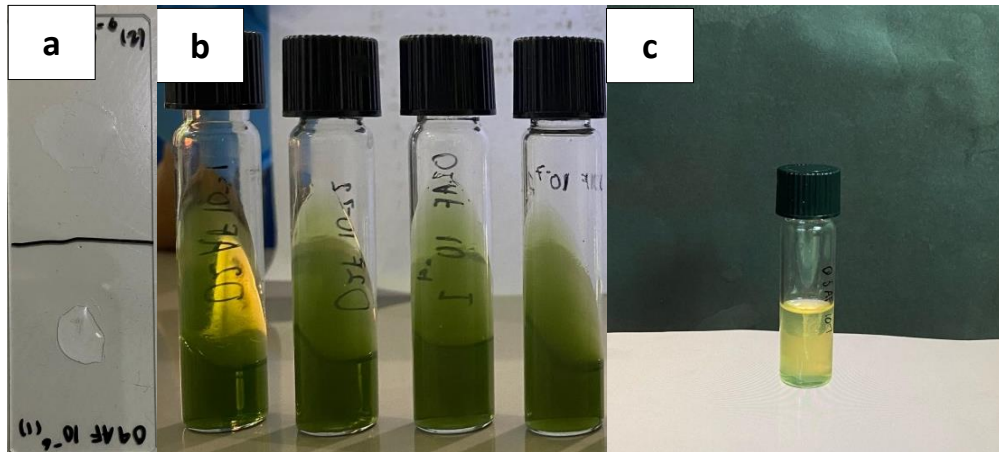
No	Kode	Jumlah Koloni	Makroskopis			Mikroskopis		Uji Biokimia			
			Bentuk	Pinggiran	Elevasi	Pewarnaan gram	Bentuk sel	Motil	Indol	Sitrat	Katalase
1	01F 10-7(2)	3×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Basil	-	-	-	-
2.	01F 10-6(2)	2.71×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-
3.	02AF 10-7 (1)	2.66×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Basil	-	-	-	-
4.	03A 10-7 (1)	2.34×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-
5.	03AF 10-7 (1)	2.86×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-
6.	01A 10-6 (2)	2.66×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-
7	01A 10-5	2.56×10^9	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-
8	04AF 10-7	$2,57 \times 10^9$	Circular	Entire	Flat	Positif	Kokus	-	-	-	-



Gambar 2. Mirkoskopis BAL gram positif pada perbesan 1000 kali (a) Bentuk basil (b) Bentuk kokus (sumber:dokumentasi pribadi)

Berdasarkan morfologi bakteri asam laktat yang berasal dari feses pada penelitian ini terdiri atas dua bentuk yaitu bentuk kokus dan basil. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Manalu *et al.*, (2020) bahwa dari ketujuh isolat bakteri asam laktat yang diuji,

memiliki karakteristik yang tidak serupa, yaitu 3 isolat berbentuk basil, 4 isolat berbentuk kokus. Bakteri asam laktat (BAL) merupakan salah satu jenis bakteri gram positif yang menggunakan karbohidrat sebagai satu-satunya atau sumber karbon utama (George *et al.*, 2018). Meskipun bakteri asam laktat mencakup lebih dari 60 genera, genera yang sering muncul umumnya mencakup *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*, dan lain sebagainya (Mokoena, 2017); (Nofiani *et al.*, 2022).



Gambar 3. Uji Biokimia BAL (a) uji katalase (b) Uji sitrat hasil negatif (c) Uji SIM (Sulfur, Indol dan motil negatif) (sumber:dokumentasi pribadi).

Pengujian biokimia dilakukan dengan beberapa cara yaitu uji katalase, uji sitrat, uji sulfur, uji indol dan uji motil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BAL uji katalasenya negatif, uji sitrat negatif, uji sulfur negatif, uji indol negatif dan uji motil juga negatif (Gambar 3). Uji katalase merupakan salah satu uji identifikasi yang penting dalam mengidentifikasi bakteri asam laktat. Uji katalase digunakan untuk mengetahui adanya enzim katalase pada isolat bakteri. Katalase merupakan enzim yang dapat mengkatalisis penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (H_2O) dan oksigen (O_2). Hasil yang diperoleh adalah negatif karena tidak terbentuknya gelembung yang berarti isolat tidak mampu menghasilkan enzim katalase. Hasil ini juga didukung oleh penelitian Joni and Abrar, (2018) bahwa bakteri asam laktat yang berasal dari feses tidak menghasilkan enzim katalase. Manalu *et al.*,(2020) juga mengatakan bahwa bakteri asam laktat yang berasal dari feses manusia hasil uji katalasenya negatif yang artinya tidak mampu menghasilkan enzim katalase. yang tidak memiliki motil.

Motilitas adalah suatu kemampuan dari bakteri untuk dapat bergerak. Uji motil menggunakan media Sulfuide Indole Motility Agar. Media SIM merupakan media semi solid berwarna krem. SIM merupakan media yang digunakan membedakan anggota keluarga Enterobacteriaceae. Kekaburan yang menyebar dari garis menusuk menunjukkan tes positif untuk motilitas. Hasil ini didukung oleh penelitian (Anindita, 2022) bakteri asam laktat yang berasal dari ASI tidak memiliki kemampuan motil. Manalu *et al.*,(2020) juga mengatakan bahwa bakteri asam laktat yang berasal dari feses manusia tidak memiliki kemampuan untuk motil atau non motil. Bakteri asam laktat memiliki kebutuhan nutrisi yang kompleks dan bergantung pada keberadaan karbohidrat yang dapat difermentasi untuk pertumbuhan aktif.

Bakteri asam laktat berpotensi bagi kesehatan atau nutrisi dari diantaranya peningkatan nilai gizi makanan, peningkatan pencernaan laktosa, pengendalian beberapa jenis kanker, pengendalian kadar kolesterol serum dan pengendalian infeksi usus. BAL

memproduksi senyawa antibakteri seperti bakteriosin. Bakteriosin adalah peptida antimikroba yang disintesis secara ribosomal, diproduksi oleh bakteri dan mempunyai aktivitas melawan bakteri lain dalam satu genera (spektrum sempit) ataupun antar genera (spektrum luas). Bakteriosin mempunyai kemampuan yang digunakan sebagai antibakteri yang menghambat bakteri *Multi Drug Resistant* (MDR (Oedjiono *et al.*, 2017).

4. KESIMPULAN

Bakteri asam laktat asal feses bayi terdiri atas 6 isolat berbentuk kokus dan 2 isolat berbentuk basil. Jumlah rerata koloni BAL sebesar $2-3 \times 10^9$ cfu/ml tiap petrinya. Bakteri asam laktat dapat tumbuh pada media. Identifikasi secara fenotipik dilaporkan warna koloni makroskopis dari BAL yaitu putih dengan membentuk zona hambat disekeliling koloni saat ditumbuhkan pada MRSA. Koloni berbentuk bulat, pinggiran entire dan elevasi flat atau datar. Hasil uji biokimia untuk semua tes yaitu negatif, diantara uji yang dilakukan uji katalase, sulfur, indol, motil dan sitrat.

5. DAFTAR REFERENSI

- Anindita, N.S., (2022). Isolasi Dan Identifikasi Fenotipik Bakteri Asam Laktat (BAL) Indigenous Asal Air Susu Ibu (ASI). *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), pp.18–23.
- Argyri, A.A., Zoumpopoulou, G., Karatzas, K.A.G., Tsakalidou, E., Nychas, G.J.E., Panagou, E.Z. and Tassou, C.C., (2013). Selection of potential probiotic lactic acid bacteria from fermented olives by in vitro tests. *Food Microbiology*, 33(2), pp.282–291.
- Casarotti, S.N., Carneiro, B.M., Todorov, S.D., Nero, L.A., Rahal, P. and Penna, A.L.B., (2017). In vitro assessment of safety and probiotic potential characteristics of Lactobacillus strains isolated from water buffalo mozzarella cheese. *Annals of Microbiology*, 67(4), pp.289–301.
- George, F., Daniel, C., Thomas, M., Singer, E., Guilbaud, A., Tessier, F.J., Revol-Junelles, A.M., Borges, F. and Foligné, B., (2018). Occurrence and dynamism of lactic acid bacteria in distinct ecological niches: A multifaceted functional health perspective. *Frontiers in Microbiology*, 9(NOV), pp.1–15.
- Joni, L.S. and Abrar, M., (2018). Total bakteri asam laktat (BAL) pada feses rusa sambar (*Cervus unicolor*) di taman rusa aceh besar. *Jimvet*, [online] 2(1), pp.77–85. Available at: <<http://www.jim.unsyiah.ac.id/FKH/article/view/6782>>.
- Jufri, R.F., (2020). Microbial Isolation. *Journal La Lifesci*, 1(1), pp.18–23.
- Kumar, R., Sood, U., Gupta, V. and Singh, M., (2020). Recent Advancements in the Development of Modern Probiotics for Restoring Human Gut Microbiome Dysbiosis. *Indian Journal of Microbiology*, [online] 60(1), pp.12–25. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s12088-019-00808-y>>.
- Kurnia, M., Amir, H. and Handayani, D., (2020). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Dari Makanan Tradisional Suku Rejang Di Provinsi Bengkulu: “Lemea”. *Alotrop*, 4(1), pp.25–32.
- Li, H., Li, L., Chi, Y., Tian, Q., Zhou, T., Han, C., Zhu, Y. and Zhou, Y., (2020). Development of a standardized Gram stain procedure for bacteria and inflammatory cells using an automated staining instrument. *MicrobiologyOpen*, 9(9), pp.1–10.
- Manalu, R.T., Bahri, S., Melisa and Sarah, S., 2020. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat asal Feses Manusia sebagai Antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Sainstech Farma*, [online] 13(1), pp.55–59. Available at: <<https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sainstechfarma/article/view/525>>.
- Mastuti, S., (2022). Potensi Bakteriosin pada Bakteri Asam Laktat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*,

- 11(1), pp.25–30.
- Mokoena, M.P., (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*, 22(8).
- Nofiani, R., Ardiningsih, P., Adhitiyawarman and Sarwiyati, 2022. Characteristics of Lactic Acid Bacteria isolated from traditional fermented fish. *Biodiversitas*, 23(11), pp.5662–5669.
- Ooi, M. F., Mazlan, N., Foo, H. L., Loh, T. C., Rosfarizan, M., Rahim, R. A. and Ariff, A., (2017). Effects of carbon and nitrogen sources on bacteriocin-inhibitory activity of postbiotic metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* I-UL4. *Malaysian Journal of Microbiology*
- Venkateswarulu, M.I.T.C., Peele, K.A. and Bobby, N., (2019). Bioactive molecules of probiotic bacteria and their mechanism of action : a review. *3 Biotech*, [online] 9(8), pp.1–11. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s13205-019-1841-2>>.
- Wao, A.A., Singh, S., Pandey, A., Kant, G., Choure, K., Amesho, K.T.T. and Srivastava, S., (2023). Microbial exopolysaccharides in the biomedical and pharmaceutical industries. *Heliyon*, [online] 9(8), p.e18613. Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18613>>.

ANALISIS EFISIENSI USAHATANI CABAI RAWIT DI KECAMATAN SURALAGA KABUPATEN LOMBOK TIMUR

Fadli*, Muhammad Nursan, M. Yusuf
Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: fadliabbas185@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) Mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur; dan 2) Menganalisis efisiensi usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, mulai bulan Mei hingga Oktober 2023 di Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur. Responden penelitian ini adalah petani yang melaksanakan usahatani cabai rawit yang ditentukan secara kuota sampling sebanyak 50 responden (2% dari populasi petani cabai rawit sebanyak 2443 orang). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan pengumpulan data menggunakan teknik survei. Hasil penelitian menunjukkan : 1) Biaya usahatani cabai rawit ini meliputi biaya tetap sebesar Rp Rp 29.096.000 per hektar dan biaya variabel sebesar Rp 39.820.000 per hektar dan 2) Usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga sangat efisien untuk dikembangkan karena diperoleh nilai R/C ratio sebesar 2,29 (R/C ratio > 1).

Keyword: cabai rawit, efisiensi, usahatani

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang sangat strategis dalam menunjang perekonomian nasional, diantaranya subsektor hortikultura, subsektor perikanan, subsektor kehutanan, subsektor perkebunan dan subsektor peternakan. Selain itu, sektor pertanian memiliki peran sebagai penyedia sumber bahan pangan, penyedia lapangan kerja, penyangga sektor industri, menjadi sumber devisa negara, dan sebagai katalisator sektor lainnya (Kementerian Pertanian, 2022).

Pada sektor pertanian, terdapat salah satu subsektor yang memiliki peran penting dan strategis dalam menunjang perekonomian nasional, subsektor yang dimaksud adalah subsektor hortikultura. Subsektor hortikultura ini memiliki manfaat sebagai sumber vitamin, mineral, karbohidrat, bahkan menjadi penunjang bagi ekonomi masyarakat terutama sebagai sumber pendapatan dan sumber penyerapan lapangan kerja. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Zulkarnian (2009) yang menyebutkan bahwa tanaman hortikultura memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai sumber bahan makanan, menjadi hiasan atau keindahan, bahan baku obat-obatan, dan sebagai sumber mata pencaharian masyarakat. Lebih lanjut, Pantastico (1975) menjelaskan bahwa keberadaan sayuran dan buah-buahan menduduki fungsi utama yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat.

Data dari Badan Pusat Statistika (2023) menjelaskan produksi sayuran dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2022. Produksi sayuran pada tahun 2018 sebesar 44.090.074 ton, pada tahun 2019 sebesar 46.548.488 ton, pada tahun 2020 sebesar 17.370.059 ton, pada tahun 2021 sebesar 14.803.775 ton, dan pada tahun 2022 sebesar 15.270.425 ton. Dari data tersebut terlihat adanya fluktuasi produksi cabai rawit, penyebabnya adalah adanya perubahan iklim, rendahnya curah hujan, kemarau

panjang, adanya serangan hama dan penyakit tanaman (HPT), dan terjadi fenomena alih fungsi lahan pertanian ke sektor lain.

Salah satu komoditas sayuran yang paling banyak dibudidayakan oleh petani adalah tanaman cabai. Tanaman cabai ini sudah menjadi komoditas usahatani yang potensial dan banyak diminati oleh petani. Secara biologis, menurut Kementerian Pertanian (2020), menyebutkan bahwa tanaman cabai termasuk komoditas hortikultura semusim serta meliputi beberapa jenis, yaitu cabai merah besar, cabai merah keriting, dan cabai rawit.

Sentra produksi cabai rawit tersebar merata hampir seluruh Indonesia, beberapa Provinsi yang terkenal sebagai sentra produksi cabai rawit meliputi Provinsi Jawa Timur, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam, dan Provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan Data dari Pusat Data dan Informasi Pertanian Kementerian Pertanian (2022), menyebutkan bahwa salah satu provinsi yang memiliki kontribusi dalam produksi cabai rawit adalah provinsi Nusa Tenggara Barat dengan nilai kontribusi sebesar 12,44% dari produksi nasional. Pada tahun 2020, produksi cabai rawit di wilayah Nusa Tenggara Barat sebesar 989.414,03 ton dan luas areal panen seluas 8.679,5 ha.

Produksi cabai rawit di Provinsi Nusa Tenggara Barat tersebar merata pada semua wilayah kabupaten dan kota, meliputi Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Lombok Tengah, Kabupaten Lombok Barat, Kabupaten Lombok Utara, Kabupaten Sumbawa, Kabupaten Sumbawa Barat, Kabupaten Bima, Kota Dompu, Kota Bima, dan Kota Mataram. Namun, besarnya produksi dan produktivitas cabai rawit pada masing-masing wilayah tersebut cenderung berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh karena adanya perbedaan dalam penggunaan input dalam kegiatan usahatani cabai rawit.

Kabupaten Lombok Timur merupakan salah satu sentra produksi cabai rawit di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang hampir sebagian besar petani yang ada di wilayah ini pernah melakukan usahatani cabai rawit. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021) menyebutkan bahwa produksi cabai rawit pada tahun 2020 diperoleh sebesar 171.591 kuintal atau 171,591 ton dan luas areal panen sekitar 5.693,35 ha. Produksi cabai rawit di Kabupaten Lombok Timur tersebar merata pada seluruh kecamatan, jumlah kecamatan yang ada sebanyak 21 kecamatan. Salah satu kecamatan yang menjadi sentra produksi cabai rawit di Kabupaten Lombok Timur ini adalah Kecamatan Suralaga.

Berdasarkan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Lombok Timur (2021), menjelaskan bahwa produksi cabai rawit di Kecamatan Suralaga cenderung mengalami peningkatan yang signifikan sejak tahun 2018 sampai dengan tahun 2020. Peningkatan produksi cabai rawit ini diikuti dengan peningkatan luas areal budidaya. Pada tahun 2018, luas areal budidaya sebesar 1347 ha dan jumlah produksi sebesar 96.543 kuintal. Pada tahun 2019, luas areal produksi cabai rawit sebesar 1.573 ha dan jumlah produksi sebesar 120.376 kuintal, serta pada tahun 2020 luas areal sebesar 2.532,8 ha dengan produksi sebesar 160.077 kuintal. Dalam konteks usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga sering dihadapkan pada berbagai kendala yang mempengaruhi belum optimalnya produksi cabai rawit dan jumlah penerimaan usahatani yang diperoleh petani. Besarnya penerimaan usahatani cabai rawit juga dipengaruhi oleh harga cabai rawit yang diterima oleh petani.

Fluktuasi harga cabai dipengaruhi oleh adanya permintaan pada musim-musim tertentu, seperti hari besar keagamaan, acara hajatan, dan kebutuhan cabai dari rumah tangga masyarakat setiap hari. Oleh karena itu, bisa dikatakan bahwa cabai rawit menjadi salah satu komoditas yang cenderung terjadi fluktuasi harga dan sering

terjadi disparitas (perbedaan) harga cabai antar wilayah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022), menjelaskan bahwa konsumsi cabai berasal dari sektor rumah tangga sebesar 90,64% dari total konsumsi cabai, sedangkan untuk cabai rawit sebagian besar untuk tujuan ekspor seperti Saudi Arabia (3,3 ribu ton), Nigeria (793 ton), dan Malaysia (1,37 ton). Permintaan yang tinggi terhadap cabai rawit tidak hanya berasal dari permintaan rumah tangga, tetapi juga permintaan yang tinggi berasal dari permintaan industri makanan.

Sebagai wilayah yang menjadi sentra produksi cabai rawit, usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga perlu adanya efisiensi. Menurut Haryani (2009), menjelaskan bahwa efisiensi merupakan indikator dalam mengukur kinerja usahatani. Lebih lanjut, Madau (2007) menyebutkan bahwa analisis efisiensi merupakan hal utama untuk menaksir keberlanjutan. Perilaku petani cabai rawit sebagian besar belum melakukan perhitungan mengenai efisiensi atau tidaknya jika usahatani cabai rawit ini dijalankan.

2. METODE

Metode Pengambilan Sampel dan Unit Analisis

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, kondisi, sistem pemikiran ataupun suatu peristiwa pada masa sekarang dengan tujuan untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki (Effendi, S. dan Tukiran, 2014; Nazir, 2017).

Pengumpulan data dan informasi dengan menggunakan berbagai pendekatan/teknik, diantaranya (Mardialis, 2014): penelusuran dokumen, observasi langsung, wawancara mendalam (*in-depth interview*); dan diskusi kelompok terarah, *Focus Group Discussion* (FGD) (Burhan Mungi, 2008). Pelaksanaan penelitian ini menggunakan teknik survei, yaitu teknik penelitian yang mengambil sampel dari suatu populasi dan menggunakan kuesioner sebagai salah satu alat pengumpulan data.

Lokasi, Waktu, dan Responden Penelitian

Lokasi penelitian dipilih secara sengaja (*purposive*), yaitu Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur. Beberapa pertimbangan dalam pemilihan lokasi ini adalah: (1) Kecamatan Suralaga merupakan kecamatan yang terluas areal penanaman cabai rawit di Kabupaten Lombok Timur; (2) Memiliki petani dan kelompok tani usahatani cabai rawit; (3) Kecamatan Suralaga terdiri atas 15 desa, dan dari 15 desa tersebut ditetapkan tiga desa sebagai sampel penelitian yaitu Desa Anjani, Desa Suralaga, dan Desa Tababan. Pertimbangan dalam pemilihan tiga desa tersebut sebagai lokasi penelitian adalah ketiga desa tersebut memiliki jumlah petani terbanyak yang mengembangkan usahatani cabai rawit dan memiliki kelompok tani.

Penelitian ini dilakukan selama 6 (enam) bulan, mulai dari Bulan Mei hingga Oktober 2023. Waktu tersebut digunakan untuk tahap persiapan hingga penulisan laporan akhir penelitian. Responden dalam penelitian adalah petani yang melaksakan usahatani cabai rawit pada tiga desa sampel tersebut (Desa Anjani, Desa Suralaga, dan Desa Tababan) yang ditentukan secara kuota sampling. Jumlah responden yang menjadi sampel penelitian adalah sebanyak 50 responden (2 % dari populasi petani cabai rawit sebanyak 2443). Selain itu juga, dilakukan kegiatan wawancara pada ketua kelompok tani, dan ketua Gapoktan di Desa yang menjadi lokasi penelitian.

Jenis dan Sumber Data

Jenis data dalam penelitian ini meliputi data kualitatif dan data kuantitatif, sedangkan sumber data terdiri atas data sekunder dan primer. Data sekunder diperoleh dari literatur-literatur yang tersedia (yang bersumber dari dinas/instansi/lembaga terkait) dan data primer diperoleh langsung di lapangan, yang bersumber dari responden, yang terdiri petani cabai rawit, keluarga petani cabai rawit, ketua kelompok tani dan gabungan kelompok tani.

Analisis Data

A. Perhitungan Biaya dan Penerimaan Perhitungan biaya usahatani cabai rawit

$$TC = FC + VC$$

Keterangan :

TC = Total Cost

FC = Biaya Tetap

VC = Biaya Variabel

Selanjutnya, perhitungan penerimaan sebagai berikut :

$$TR = Y.Py$$

Keterangan :

TR = Total Penerimaan

Y = Produksi Usahatani

Py = Harga Output

Kemudian, analisis pendapatan sebagai berikut ;

$$Pd = TR - TC$$

Keterangan :

Pd = Pendapatan Usahatani TR = Total Penerimaan

TC = Biaya Total

B. Perhitungan Kelayakan Usaha (Efisiensi Usahatani)

$$a = R/C \text{ Ratio}$$

$$R = Py.Y$$

$$C = FC + VC$$

$$a = (Py.Y)/(FC + VC)$$

Keterangan :

R = Penerimaan

C = Biaya

Py = Harga Output

Y = Produksi Usahatani

FC = Biaya Tetap

VC = Biaya Variabel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Kecamatan Suralaga merupakan salah satu dari 15 Kecamatan yang ada di Kabupaten Lombok Timur dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Aikmel

Sebelah Selatan : Kecamatan Selong

Sebelah Timur : Kecamatan Labuhan Haji

Sebelah Barat : Kecamatan Pringgasela

Kecamatan Suralaga merupakan kecamatan dengan wilayah 27,02 km, secara administratif terdiri dari 15 (lima belas) desa yaitu Desa Anjani, Desa Tebaban, Desa Kerongkong, Desa Bagek Payung Selatan, Desa Suralaga, Desa Gerung Permai, Desa Dasan Borok, Desa Tumbuh Mulia, Desa Gapuk, Desa Bintang Rinjani, Desa Paok Lombok, Desa Dames Damai, Desa Bagek Payung Timur, dan Desa Waringin.

Ditinjau dari segi jarak, Desa Dames Damai adalah desa yang terletak paling jauh dari ibu kota kecamatan, yaitu sejauh 6,5 km. Sedangkan, Desa Suralaga merupakan desa terdekat dengan ibu kota kecamatan dengan jarak 1 km. Ketinggian desa-desa yang ada di Kecamatan Suralaga berkisar antara 113 meter sampai dengan 263 meter diatas permukaan laut. Desa Anjani, Desa Gapuk dan Desa Bintang Rinjani adalah desa dengan ketinggian 263 meter diatas permukaan laut. Selanjutnya, Desa Waringin merupakan desa dengan ketinggian 113 meter diatas permukaan laut (BPS Lombok Timur, 2019).

Karakteristik, Umur dan Pendidikan Petani

Karakteristik petani merupakan faktor penting dalam suatu penelitian untuk mengetahui keadaan umum petani. Karakteristik petani yang dibahas dalam penelitian ini adalah umur petani, jumlah tanggungan keluarga petani, tingkat pendidikan petani dan pengalaman usahatani petani.

Karakteristik umur merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kemampuan seseorang untuk melakukan pekerjaan, baik secara fisik maupun mental guna memenuhi kebutuhan hidupnya. Berdasarkan Data BPS (2016), bahwa usia produktif seseorang yang dianggap memiliki kemampuan secara fisik dan mental dalam berusaha berada pada kisaran umur 15-64 tahun.

Berdasarkan Tabel 1 dibawah ini, dapat diketahui bahwa umur petani pada usahatani cabai rawit di daerah penelitian didominasi oleh umur antara 55-60 tahun sebanyak 7 orang petani dengan presentase 24%. Sedangkan, rata-rata umur petani cabai rawit di daerah penelitian adalah 45 tahun. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian petaninya tergolong masih berumur produktif. Berikut karakteristik petani berdasarkan umur disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kisaran Umur Petani Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Kelompok Umur	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
1	25-30	2	4
2	31-35	5	10
3	36-40	9	18
4	41-45	13	26
5	46-50	6	12
6	51-55	8	16
7	56-60	2	4
8	61-65	1	2
9	66-70	4	8
Jumlah		50	100%

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Tingkat pendidikan merupakan salah satu faktor yang menentukan dan berpengaruh terhadap produktivitas usaha karena berkaitan dengan pengetahuan

dan keterampilan yang dimiliki. Menurut Soekartawi (2012), bahwa petani yang berpendidikan tinggi akan relatif lebih cepat melaksanakan adopsi teknologi. Sebaliknya, petani yang berpendidikan rendah akan sulit untuk melaksanakan adopsi inovasi dengan cepat. Berikut ini tingkat pendidikan responden usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023.

Tabel 2. Pendidikan Terakhir Petani Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Tingkat Pendidikan	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
1	TIDAK LULUS SD	8	16%
2	SD	16	32%
3	SMP	9	18%
4	SMA	10	20%
5	Sarjana (Diploma/S1)	7	14%
Jumlah		50	100%

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Berdasarkan Tabel 2 diatas, dapat diketahui bahwa jumlah petani yang memiliki tingkat pendidikan SD sebanyak 15 orang dengan persentase 30%, jumlah petani yang memiliki tingkat pendidikan SMP sebanyak 5 orang dengan persentase 10%, jumlah petani yang memiliki tingkat pendidikan SMA sebanyak 20 orang dengan persentase 40%, dan jumlah petani yang memiliki tingkat pendidikan sarjana (Diploma/S1) sebanyak 10 orang dengan persentase 20%.

Biaya Produksi Usahatani Cabai Rawit

Biaya adalah seluruh modal yang digunakan atau dikeluarkan dalam kegiatan atau usaha. Jika kegiatan yang dilakukan adalah proses produksi, maka seluruh modal yang digunakan adalah sebagai biaya produksi (Padangaran, 2013). Total biaya produksi adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan usahatani cabai rawit. Biaya usahatani cabai rawit meliputi biaya tetap, biaya tidak tetap, biaya tunai dan biaya tidak tunai.

Biaya Tetap (*Fixed Cost*) Usahatani Cabai Rawit

Biaya tetap adalah biaya yang jumlahnya tetap sama meskipun biaya produksi selalu berubah-ubah. Pada penelitian ini, biaya tetap terdiri dari biaya sewa lahan, biaya pajak lahan, penyusutan alat, bunga modal, iuran pengairan dan gaji pengelola. Berikut rincian biaya tetap pada usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga Kabupaten Lombok Timur Tahun 2023.

Tabel 3. Rata-Rata Biaya Tetap Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Jenis Biaya Tetap	Biaya Tetap Rata-Rata/LLG (Rp)	Rata-Rata/Ha (Rp)
1	Sewa Lahan	6.250.000	25.000.000
2	Pajak Lahan	50.000	200.000
3	Penyusutan Alat	849.000	3.516.000
4	Iuran Pengairan	125.000	500.000
Jumlah		7.274.000	29.216.000

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Berdasarkan Tabel 3 diatas, menunjukkan bahwa total biaya tetap yang dikeluarkan dalam kegiatan usahatani cabai rawit sebesar Rp 7.274.000 per LLG dan Rp 29.216.000 per hektar.

Biaya Variabel (Variabel Cost) Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga

Biaya tidak tetap adalah seluruh biaya yang dikeluarkan oleh petani dalam kegiatan usahatani cabai rawit yang besarnya tergantung dari kegiatan produksi dan mempengaruhi jumlah produksi yang dihasilkan. Biaya tidak tetap terdiri dari bibit, pupuk, pestisida, dan tenaga kerja.

Tabel 4. Rata-Rata Biaya Tetap Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Jenis Biaya Tidak Tetap	Jumlah Biaya Tidak Tetap	
		Rata-Rata/LLG (Rp)	Rata-Rata/Ha (Rp)
1	Bibit	800.000	3.200.000
2	Pupuk	2.045.000	8.180.000
3	Pestisida	450.000	1.800.000
4	Tenaga Kerja	6.660.000	26.720.000
Jumlah		9.955.000	39.820.000

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Total Biaya Produksi Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga

Total biaya produksi pada penelitian ini adalah total biaya keseluruhan yang dikeluarkan oleh petani cabai rawit yang meliputi biaya tetap dan biaya tidak tetap dalam kegiatan usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga. Berikut ini Total biaya produksi usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga.

Tabel 5. Total Rata-Rata Biaya Produksi Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Komponen Biaya Produksi	Biaya Produksi	
		Rata-rata Biaya/LLG (Rp)	Rata-RataBiaya/Ha (Rp)
1	Biaya Tetap	7.274.000	29.216.000
2	Biaya Tidak Tetap	9.955.000	39.820.000
Jumlah		17.229.000	69.036.000

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Berdasarkan Tabel 5 diatas, menunjukkan bahwa rata-rata biaya yang dikeluarkan petani setiap hektar sebesar 69.036.000, yang terdiri dari biaya tetap sebesar Rp 29.216.000 per hektar dan biaya variabel sebesar Rp 39.820.000. Sedangkan biaya yang dikeluarkan setiap luas lahan garap (LLG) dengan perhitungan sebesar 2.500 m² setiap LLG dibutuhkan biaya tetap sebesar Rp 7.274.000 dan biaya variabel sebesar Rp 9.955.000, sehingga total biaya yang dikeluarkan petani setiap LLG sebesar Rp 17.229.000.

Penerimaan Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga

Penerimaan adalah perkalian antara jumlah produksi dan harga jual petani yang berlaku pada musim panen produksi. Rincian harga, jumlah produksi dan penerimaan disajikan dalam tabel 6 berikut

Tabel 6. Jumlah Produksi, Nilai Produksi, dan Penerimaan Usahatani Cabai Rawit di Kecamatan Suralaga Tahun 2023

No	Komponen Usahatani	Rata-Rata LLG	Rata-Rata Ha
1	Produksi (Kg)	1.980	7.920
2	Harga Produksi (Rp)	20.000	20.000
Total Penerimaan		39.600.000	158.400.000

Sumber : Data Primer, diolah 2023

Berdasarkan Tabel 6 diatas, menunjukkan bahwa rata-rata penerimaan petani dalam kegiatan usahatani cabai rawit per hektar sebesar Rp 158.400.000 dengan jumlah produksi rata-rata per hektarnya sebesar 7.920 kg dan rata rata harga cabai rawit sebesar Rp 20.000 per kg.

Efisiensi Usahatani Cabai Rawit

Suatu usaha dalam hal ini akan dinilai efisien atau tidak untuk dijalankan berdasarkan pada beberapa kriteria berikut ini. Efisien atau layak bagi suatu usaha artinya menguntungkan dari berbagai aspek. Analisis kelayakan agribisnis adalah upaya untuk mengetahui tingkat kelayakan atau kepantasan untuk dikerjakan dari suatu jenis usaha, dengan melihat beberapa parameter atau kriteria kelayakan tertentu. Dengan demikian, suatu usaha dikatakan layak jika keuntungan yang diperoleh dapat menutup seluruh biaya yang dikeluarkan, baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung. Dibawah ini adalah rincian analisa kelayakan usahatani berdasarkan data primer yang diperoleh oleh peneliti ; yaitu

$$R/C \text{ ratio} = \frac{158.400.000}{69.036.000} = 2,29$$

Nilai R/C ratio 2,29 artinya setiap Rp 1 biaya yang dikeluarkan oleh petani dalam kegiatan usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga maka akan diperoleh keuntungan sebesar Rp 1,29. Semakin tinggi nilai R/C ratio yang diperoleh dalam kegiatan usahatani maka keuntungan yang diperoleh juga akan semakin tinggi. Oleh karena itu, atas dasar nilai R/C ratio yang diperoleh lebih besar dari 1 maka usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga efisien atau layak untuk dijalankan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Biaya usahatani cabai rawit meliputi biaya tetap dan biaya variabel dengan total biaya setiap hektar setiap musim tanam sebesar Rp 69.036.000
2. Usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga dapat dikategorikan efisien (layak) untuk dijalankan karena penerimaan yang diperoleh dalam kegiatan usahatani lebih besar dari biaya yang dikeluarkan (R/C ratio = 2,29)

Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian dikhususkan untuk petani cabai rawit di Kecamatan Suralaga, yaitu dalam upaya meningkatkan efisiensi usahatani cabai rawit di Kecamatan Suralaga dapat dilakukan dengan meningkatkan kelembagaan usahatani dan akses pasar yang lebih luas sehingga harga cabai rawit di tingkat petani bisa lebih besar.

5. DAFTAR REFERENSI

1. BPS NTB, 2021. Nusa Tenggara Barat Dalam Angka 2020. BPS NTB. Mataram BPS NTB, 2021b. Lombok Timur Dalam Angka 2021. BPS NTB. Jakarta.
2. BPS, 2020. Statistik Pertanian Indonesia. Jakarta
3. Brigham & Houston, 2010. Dasar-dasar Manajemen Keuangan Buku 1 (edisi II). Jakarta: Salemba Empat.
4. Burhan Mungi, 2008. Bungin & Burhan, 2008. Analisa Data Penelitian Kualitatif. Jakarta: Prenada Media Group
5. Daniel, Moehar. 2004. Pengantar Ekonomi Pertanian. Bumi Aksara: Jakarta. 178 hal. Darmawati, Ni Kadek Sri. 2014. Analisis Efisiensi Penggunaan Faktor-Faktor Produksi pada Usahatani Jagung di Desa Bayunggede Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. Jurnal Ekonomi Vol: 4 Nomor: 1 Tahun 2014. (<https://ejournal.undiksha.ac.id>. Diterbitkan, Diakses 09 Oktober 2019).
6. Dewi, R.K. 2016. Diktat Mata Kuliah Manajemen Usahatani. Fakultas Pertanian Nuversitas Udayana. Denpasar.
7. Dinas Pertanian Kabupaten Lombok Timur, 2021. Laporan Tahunan Tahun 2021. Selong. Djoenha, 2003. Padi, Budidaya, dan Pengelolaan. Kansius. Jakarta.
8. Effendi, S. dan Tukiran. 2014. *Effendi, S dan Tukiran. 2014. Metode Penelitian Survei*.
9. LP3ES. Jakarta
10. Haryani, D. 2009. Analisis Efisiensi Usahatani Padi Sawah Pada Program Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu di Kabupaten Serang Provinsi Banten. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hlm. 67-89.
11. Madau F.A, 2007, Technical Efficiency in Organic and Conventional Farming: 117 Evidence from Italian Cereal Farms, Agricultural Economic Review, Vol.8, No.1.
12. Pantastico, F. 1975. Fisiologi Pascapanen: Penanganan dan Pemanfaatan buahbuahan dan sayuran: Tropika dan Subtropika (diterjemahkan oleh Kamariyani). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
13. Zulkarnain. 2009. Dasar-dasar Hortikultura. Bumi Aksara. Jakarta.

AKTIVITAS ANTIBAKTERI FRAKSI AIR EKSTRAK ETANOL PEGAGAN (*CENTELLA ASIATICA* L.) TERHADAP BAKTERI *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

Rosyunita*¹, Metta Octora¹, Nurmi Hasbi¹, Alifia Amanda Larasati¹, Lina Permatasari², Neneng Rachmalia Izzatul Mukhlisah²

¹Program Studi Pendidikan Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram

²Program Studi Farmasi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: rosyunita@unram.ac.id

ABSTRAK.

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri yang bersifat patogen pada manusia. Bakteri ini memiliki morbiditas yang tinggi pada pasien dengan kekebalan tubuh yang lemah serta memiliki kemampuan resistensi yang tinggi terhadap beberapa jenis antibiotik. Maka usaha menemukan jenis antibiotik bagi bakteri ini sangat dibutuhkan. Pegagan (*Centella asiatica* L.) merupakan tanaman herba yang memiliki senyawa flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid, fenol, dan glikosida. Senyawa-senyawa ini telah diketahui sebagai antibakteri. Pegagan telah dikonsumsi sebagai minuman herbal dan aman bagi manusia. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis aktivitas antibakteri ekstrak etanol fraksi air pegagan terhadap bakteri *P. aeruginosa*. Metode yang digunakan pada penelitian ini bersifat *true experimental laboratories* dan analisis pengaruh aktivitas antibakteri menggunakan uji *post-test only control group design*. Ekstraksi pegagan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%, kemudian dilanjutkan dengan proses fraksinasi air. Hasil ekstraksi fraksinasi air dilakukan pengujian aktivitasnya terhadap bakteri *P. aeruginosa* dengan menggunakan metode difusi cakram. Konsentrasi ekstrak pegagan yang digunakan terdiri dari 5000 ppm, 7500 ppm, dan 10000 ppm. Kontrol positif menggunakan kolistin 10 μ g serta kontrol negatif menggunakan DMSO 10%. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak pegagan pada semua konsentrasi yang diuji mampu menghambat pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* dengan terbentuknya zona bening berturut-turut sebesar 1.46 mm, 1.66 mm dan 1.87 mm. Pada kontrol positif dengan kolistin membentuk zona bening sebesar 7.3 mm dan kontrol negatif DMSO 10% tidak membentuk zona bening. Hasil analisis statistika dengan Kruskal-Wallis menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi ekstrak fraksi air terhadap diameter zona hambat bakteri. Namun, pada uji Post hoc dengan Mann-Whitney menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Maka, penggunaan pelarut yang tepat pada proses fraksinasi memungkinkan untuk dapat menghasilkan senyawa yang efektif dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa*.

Keyword: Antibakteri, MDR, Patogen, Pegagan, Pseudomonas

1. PENDAHULUAN

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif yang bersifat patogen oportunistik yang menyebabkan infeksi akut dan kronis dengan morbiditas dan mortalitas yang tinggi, terutama pada pasien dengan kekebalan tubuh yang rendah (Jurado-Martinet et al., 2021). Bakteri *P. aeruginosa* memiliki faktor virulensi yang terkait dengan sel dan ekstraseluler yang berkontribusi terhadap

patogenesisnya. Faktor virulensi dari patogen ini terdiri dari kemampuannya untuk membentuk biofilm, sistem quorum sensing, flagellin, pili, lipopolisakarida, dan protein membrane luar serta beberapa enzim yang dirilis untuk melumpuhkan inangnya (Jimenez et al., 2012). Menurut WHO, bakteri ini merupakan bakteri patogen yang dikategorikan sebagai “kritis” untuk dilakukan penelitian dan pengembangan antibiotik baru (Tacconelli et al., 2018). Pengembangan antibiotik baru dapat dieksplorasi dari sumber-sumber hayati atau bahan alam yang memiliki senyawa aktif, contoh tumbuhan yang banyak dieksplorasi adalah tumbuhan pegagan (*Centella asiatica*L).

Pegagan (*C. asiatica*. L) telah dilaporkan memiliki senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid, fenol, glikosida (Yasurin et al., 2016). Untuk mendapatkan senyawa-senyawa tersebut perlu dilakukan ekstraksi dengan menggunakan metode dan pelarut tertentu. Metode yang sering digunakan adalah maserasi etanol dan dilanjutkan dengan fraksinasi pelarut lain. Jamansyah et al., (2020) melaporkan bahwa minyak atsiri dari pegagan memiliki konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) berturut-turut pada 50% dan 100% terhadap bakteri *P. aeruginosa*. Hasil penelitian lain dari Indah et al., (2022) dengan rebusan daun pegagan sebagai bio reduktor dalam sintesis nanopartikel perak dapat menghambat bakteri *P. aeruginosa* sebesar 22,6 mm. Sandy et al., (2020) melaporkan bahwa pegagan yang dimaserasi dengan etanol 96% dan dilanjutkan dengan fraksinasi n-heksan, fraksi etil asetat dan fraksi air mampu menghambat bakteri *Escherchia coli* ATCC 25922. Pada penelitian Fatimah et al., (2022) melaporkan bahwa pegagan yang dimaserasi etanol 70% yang selanjutnya hasil ekstraksi tersebut diencerkan dengan air destilasi steril, pada konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dapat menghambat *P. aeruginosa*.

Berdasarkan laporan-laporan hasil penelitian tersebut, belum terdapat laporan penerapan metode yang sama untuk menguji ekstrak pegagan fraksi air terhadap bakteri *P. aeruginosa* isolate klinis. Penggunaan konsentrasi yang berbeda dengan metode yang sama juga terhadap bakteri *P. aeruginosa* belum terdapat laporannya. Maka tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis apakah ekstrak etanol daun pegagan fraksi air dapat menghambat pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* isolate klinis

2. METODE

Metode penelitian ini bersifat eksperimental dengan pengujian aktivitas antibakteri dari fraksi air ekstrak pegagan terhadap bakteri *P. aeruginosa*. Analisis hasil uji aktivitas antibakteri menggunakan analisis statistikan Kruskal Wallis.

Pembuatan Esktrak Etanol Pegagan

Sebanyak 400 gram simplisia pegagan diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:10 pada bejana tertutup. Lama waktu perendaman 3x24 jam dan dilakukan pengadukan 2 kali sehari. Proses ini dilakukan pada suhu ruang dan tidak terkena matahari secara langsung. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kain mori, ampas pegagan dilakukan maserasi ulang dengan cara yang sama sebanyak 2 kali. Semua hasil maserasi digabung selanjutnya dilakukan proses evaporasi untuk diperoleh ekstrak kental dari pegagan.

Fraksinasi Ekstrak Etanol Pegagan dengan Air

Proses ini menggunakan fraksinasi cair-cair. Sebanyak 20 gram ekstrak pegagan hasil maserasi dilarutkan pada 200 mL aquades. Selanjutnya ditambahkan n-heksan sebanyak 200 ml ke dalam larutan tersebut. Selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pisah statif dan dikocok selama 5 menit kemudian, didiamkan sampai terbentuk lapisan fraksi n-heksan dan fraksi air kemudian dilakukan penyaringan terhadap kedua fraksi tersebut. Proses ini dilakukan berulang sampai didapatkan fraksi n-heksan berwarna jernih. Metode yang sama dilakukan untuk fraksi kloroform dan etil asetat. Kemudian ekstrak yang tersisa dilakukan penguapan menggunakan rotary evaporator untuk mendapatkan hasil fraksi air yang kental. Ekstrak ini kemudian disimpan pada freezer dengan suhu -80°C untuk dilakukan pengujian selanjutnya.

Ekstrak kering yang telah ada dilakukan penimbangan dan dilarutkan pada DMSO 10% untuk membuat seri konsentrasi yang diuji. Seri konsentrasi tersebut terdiri dari 5000 ppm, 7500 ppm dan 10000 ppm. Pada penelitian ini digunakan colistin $10\ \mu\text{g}$ sebagai kontrol positif dan DMSO 10% untuk kontrol negatif. Tahap selanjutnya memasukan kertas cakram steril dan kosong pada larutan seri konsentrasi tersebut. Hal yang sama juga dilakukan pada kontrol baik positif maupun negatif.

Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Air

Bakteri *P. aeruginosa* merupakan isolate klinis yang diperoleh dari salah satu rumah sakit di Mataram. Sebelum diremajakan bakteri terlebih dilakukan pemeriksaan gram untuk konfirmasi jenis bakteri. Bakteri ini diremajakan dengan menggunakan media pertumbuhan Mac conkey. Media pertumbuhan yang digunakan pada pengujian aktivitas antibakteri adalah *Mueller Hinton Agar* (MHA). Bakteri yang telah diremajakan dan dikonfirmasi spesiesnya sebagai *P. Aeruginosa* dibuatkan suspensinya. Satu ose bakteri hasil peremajaan dimasukan ke dalam larutan NaCl fisiologis dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kekekruhan bakteri distandarisai dengan 0.5 ml McFarland dengan cara disejajarkan pada kertas putih bergaris hitam. Langkah selanjutnya mengambil suspensi bakteri yang telah distandarisasi menggunakan satu kapas swab, ditekan pada pinggir tabung untuk mengurangi basah lalu diratakan pada cawan petri yang telah berisi media MAH padat steril. Pada penelitian pengujian aktivitas antibakteri ini dilakukan dengan 5 kali pengulangan.

Kertas cakram kosong steril yang telah direndam pada seri konsentrasi, kontrol positif, dan kontrol negatif dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah berisi media MAH dan bakteri. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam untuk melihat aktivitas ekstrak terhadap bakteri. Terbentuknya zona bening mengindikasikan bahwa ekstrak pegagan mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Pengukuran zona bening dilakukan dengan menggunakan penggaris skala milimeter.

Analisis Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Pegagan

Adapun analisis uji aktivitas antibakteri menggunakan uji Kruskal Wallis dan uji lanjut menggunakan uji Mann Whitney.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas antibakteri

Pada penelitian ini menggunakan semua bagian dari herba mulai dari akar hingga daun. Aktivitas antibakteri yang dihasilkan oleh pegagan disebabkan oleh keberadaan

senyawa bioaktif yang ada pada herba tersebut. Namun, jumlah senyawa bioaktif pada pegagan tersebut relatif kecil, maka pemilihan metode ekstraksi harus cermat untuk mendapatkan senyawa yang diinginkan dari ramuan tersebut (Idris & Nazir, 2021). Pada metode ekstraksi dengan maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 120 menit pada suhu 60°C pada pegagan mampu mengeluarkan senyawa berupa madekasosida, asiaticosida, asam asiatic dan asam madekasik (Monton, et al., 2019). Pelarut etanol juga merupakan pelarut ekstraksi terbaik untuk menghasilkan antibakteri dari akar dan daun pegagan dibandingkan kloroform dan air (Nasution et al., 2018). Pada penelitian ini selain ekstraksi dengan etanol juga dilanjutkan dengan fraksinasi air untuk memperoleh aktivitas antibakteri yang terbaik. Hasil uji aktivitas antibakteri fraksi air terhadap bakteri *P. aeruginosa* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

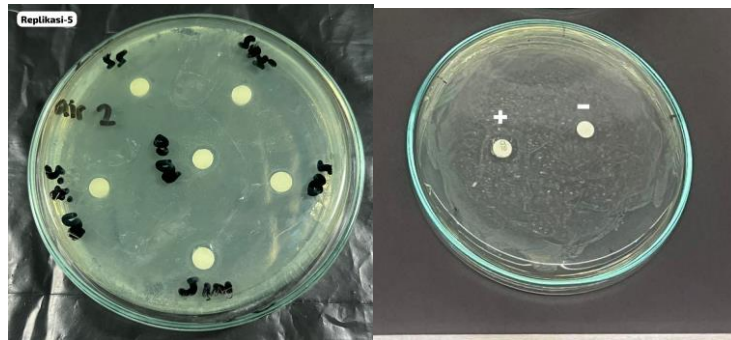
Tabel 1. Diameter zona hambat fraksi air terhadap *P. aeruginosa*

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata diameter zona hambat (mm)
5000	1.46
7500	1.66
10000	1.83
Kontrol positif Colistin	7.3
Kontrol negatif DMSO 10% (100000)	0

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 1 menunjukkan bahwa zona hambat terbesar dihasilkan oleh konsentrasi pegagan 10000 ppm sebesar 1.83 mm dan zona hambat terkecil dihasilkan oleh konsentrasi pegagan 5000 ppm. Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi maka zona penghambatan juga semakin besar. Data tersebut menunjukkan juga bahwa perbedaan zona hambat pada semua seri konsentrasi fraksi air ekstrak pegagan lebih kecil dibandingkan kolistin sebagai kontrol positif. Namun, jika dilihat efektivitas antibakteri fraksi air pegagan pada semua seri konsentrasi dan kolistin sebagai kontrol positif maka zona hambat yang terbentuk sangatlah kecil bahkan dapat dikatakan bakteri resisten terhadap senyawa-senyawa tersebut. Fatima et al., (2019) menyatakan bahwa diameter zona hambat yang terbentuk untuk pengujian kolistin maupun senyawa lain terhadap bakteri *P. aeruginosa* jika ≤ 10 mm diinterpretasikan bahwa bakteri tersebut resisten.

antibiotik standar terhadap *P. aeruginosa* semakin meningkat

Bakteri *P. aeruginosa* merupakan bakteri dengan kemampuan untuk meningkatkan level pertahanan terhadap antibiotik bahkan dikenal dengan *multi drug resistance* (MDR) (Coyne et al., 2022). *Pseudomonas aeruginosa* telah terbukti memiliki tingkat resistensi intrinsik yang tinggi terhadap sebagian besar antibiotik melalui terbatasnya permeabilitas membran luar, *efflux system* yang memompa antibiotik keluar dari sel dan produksi enzim yang menonaktifkan antibiotik seperti β -laktamase. Selain itu, resistensi antibiotik adaptif *P. aeruginosa* berupa mekanisme resistensi yang dimediasi oleh biofilm dan pembentukan sel persisten yang toleran terhadap beberapa obat, dan bertanggung jawab atas kekambuhan dan kekambuhan infeksi. (Pang et al., 2019).



Gambar 1. Aktivitas fraksi air Pegagan terhadap *P. Aeruginosa*

Analisis aktivitas antibakteri fraksi air pegagan terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan uji statistika *post-test only control group design*, pada uji untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap diameter zona hambat menggunakan Kruskal-Wallis diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh konsentrasi fraksi air ekstrak pegagan terhadap besarnya diameter zona hambat bakteri *P. aeruginosa*. Hal ini sesuai dengan data pengamatan bawah semakin tinggi konsentrasi yang digunakan zona hambat yang dihasilkan juga semakin besar. Namun pada uji lanjut *Post hoc* dengan Mann-Whitney menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi yang diujikan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini sesuai juga dengan rata-rata perhitungan manual zona hambat pada cawan petri yang tingkat perbedaannya tidak signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, fraksi air ekstrak etanol pegagan mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Namun, memiliki daya efektif yang kecil dalam menghambat bakteri tersebut. Pada analisis aktivitas dengan statistika Kruskal-Wallis dinyatakan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi fraksi air ekstrak pegagan terhadap besarnya zona hambat pertumbuhan bakteri. Namun pada uji lanjut dengan Mann-Whitney dinyatakan bahwa seluruh konsentrasi tidak berbeda secara signifikan terhadap besarnya zona hambat bakteri.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Coyne, A. J. K., El Ghali, A., Holger, D. Rebold, N., & Rybak, M. J. (2022). Therapeutic strategies for emerging Multidrug-Resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Infect Dis Ther.* 11, 661-682. <https://doi.org/10.1007/s40121-022-00591-2>
2. Fatima, N., Marwan, A., Anwar, A., Madhkhali, A., Ali, N., Gadi, A., Hasnany, A., Hamali, R., Ayyashi, M., & Hobani, Y. (2019). Effect of combined therapy on colistin resistant *Pseudomonas aeruginosa*: an in vitro study. *Advances in Microbiology*, 9, 877-892. [10.4236/aim.2019.910054](https://doi.org/10.4236/aim.2019.910054).
3. Jasmansyah., Fitriyani, P., Sujono, H., Aisyah, L. S. (2020). Uji aktivitas antimikroba minyak atsiri tanaman pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb). *J. Kartika Kimia*, 3, (1), 43-47. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i1.54>
4. Jimenez, P.N., Koch, G., Thompson, J.A., Xavier, K.B., Cool, R.H., Quax, W.J. (2012). The multiple signaling systems regulating virulence in *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 76 (1), 46-65. <https://doi.org/10.1128/mubr.05007-11>
5. Jurado-Martin, I., Sainz-Mejiaz, M., McClean, S. (2020). *Pseudomonas aeruginosa*: An audacious pathogen with an adaptable arsenal of virulence factors. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (6), 3128. <https://doi.org/10.3390/ijms22063128>
6. Idris, F.N., & Nadzir, M. M. (2021). Comparative studies on different extraction methods of *Centella asiatica* and extracts bioactive compounds effects on antimicrobial activities. *Antibiotics*, 17,10 (4), 457. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040457>
7. Indah, Asri, M., Auliah, N., & Ashari, A. T. (2022). Sintesis nanopartikel perak dengan air rebusan daun pegagan (*Centella asiatica* L.) dan uji aktivitas dalam menghambat pertumbuhan bakteri

- Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*, 26(2), 88-91. <https://doi.org/10.20956/mff.v26i2.19903>
8. Monton, C., Settharaksa, S., Luprasong, C., Songsak, T. (2019). An optimization approach of dynamic maceration of *Centella asiatica* to obtain the highest content of four centelloids by response surface methodology. *Braz. J. Pharmacogn.* 29, 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2019.01.001>
 9. Nasution, M.Y., Restuati, M., Pulungan, A. S.S., Pratiwi, N., & Dinatingrat, D.S. (2018). Antimicrobial activities of *Centella asiatica* leaf and root extracts on selected pathogenic micro-organisms. *Journal of Medical Sciences*, 18, 198-204. <https://doi.org/10.3923/jms.2018.198.204>
 10. Pang, Z., Raudonis, R., Glick, B. R., Lin, T., & Cheng, Z. (2018). Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: Mechanisms and alternative therapeutic strategies. *Biotechnology Advances*, 37(1), 177-192. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.013>
 11. Tacconelli, E., Carrara, E., Savoldi, A., Harbarth, S., Mendelson, M., Monnet, D.L., Pulcini, C., Kahlmeter, G., Kluytmans, J., Carmeli, Y., et al. (2018). Discovery, research, and development of new antibiotics: The WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect. Dis*, 18 (3), 318-327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
 12. Sandy, M., Wardani, T.S., Septiarini, A, D. (2020). Uji aktivitas antibakteri ekstrak fraksi n-heksan, fraksi etil asetat, fraksi air daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922. *Media Farmasi Indonesia*. 16(2). 1683-1692. <https://doi.org/10.53359/mfi.v16i2.184>
 13. Yasurin P., Sriariyanun, M., Phusantisampan, T. (2016). Review: The bioavailability activity of *Centella asiatica*. *Int. J. Appl. Sci. Technol*, 9 (1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.14416/j.ijast.2015.11.001>

AKTIVITAS ANTIBAKTERI FRAKSI AIR HERBA PEGAGAN (*Centella asiatica*) METODE SOXHLETASI TERHADAP ISOLAT KLINIS *Pseudomonas aeruginosa*

Nurmi Hasbi^{1*}, Metta Octora¹, Lina Permatasari², Rosyunita¹, Neneng Rachmalia Izzatul Mukhlisah², Rima Cahyati Kusumadewi¹

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

²Pendidikan Studi farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: nurmihasbi@unram.ac.id

ABSTRAK

Pegagan (*Centella asiatica L.*) merupakan tanaman herba yang berpotensi sebagai antibakteri berbahan alami. Pemilihan pelarut yang tepat dapat memengaruhi kandungan fitokimia yang dapat diekstrak dari bahan uji. Penelitian terhadap aktivitas antibakteri dari pegagan telah banyak dilaporkan terutama menggunakan pelarut etanol, methanol dan kloroform, sedangkan pelarut air masih sedikit yang melaporkan. *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif yang sering menginfeksi manusia. Bakteri ini dilaporkan menjadi resisten terhadap beberapa antibiotik. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan sumber antibakteri yang baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas antibakteri fraksi air herba pegagan metode soxhletasi terhadap *P. aeruginosa*. Design yang digunakan adalah penelitian *experimental laboratorium* dengan rancangan *post test only control group design*. Pegagan diekstraksi dengan air menggunakan metode soxhletasi. Ekstrak pegagan kemudian diencerkan menggunakan DMSO 10% dengan konsentrasi 5.000, 7.500 dan 10.000 ppm. Kontrol positif menggunakan colistin dan negatif DMSO 10%. Uji antibakteri dilakukan lima replikasi. Hasil statistik *Kruskal-Wallis* menunjukkan zona hambat dari kelima perlakuan didapatkan nilai signifikansi 0.001 ($p < 0.005$). Diameter zona hambat paling efektif yaitu konsentrasi 10.000 ppm sebesar 2.9 mm. Konsentrasi 7.500 dan 5.000 ppm diameter zona hambatnya masing-masing 2.2 dan 1.1 mm. Uji *post-hoc Mann-Whitney* menunjukkan nilai signifikansi dari tiga konsentrasi jika dibandingkan kontrol positif. Kontrol positif memiliki diameter zona hambat tertinggi yaitu 7.5 mm dikategorikan sedang. Fraksi air herba pegagan memiliki aktivitas antibakteri terhadap *P. aeruginosa* dalam kategori lemah bersifat bakteriostatik dengan diameter zona hambat ≤ 5 mm. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi konsentrasi fraksi air herba pegagan, maka akan semakin tinggi diameter zona hambatnya.

Keyword: antibakteri, fraksi air, pegagan, *Pseudomonas aeruginosa*, soxhletasi

1. PENDAHULUAN

Pseudomonas aeruginosa merupakan salah satu bakteri gram negatif yang bersifat aerob, dan bergerak dengan menggunakan flagel (Yosias Beslar *et al.*, 2022). Bakteri ini bersifat patogen oportunistik dimana dapat menyebabkan infeksi pada mata, telinga (otitis eksternal), kulit, tulang, sistem saraf pusat, saluran pencernaan, jantung (endocarditis), saluran kemih, sistem pernafasan dan sistem peredaran pada darah (bakterimia dan septikemia) (Mielko *et al.*, 2019). *P. aeruginosa* juga merupakan bakteri penyebab infeksi nosokomial yang paling sering diisolasi dari pasien yang dirawat di rumah sakit. *P.aeruginosa* dapat menjadi penyebab infeksi yang penting terutama pada pasien dengan imunitas yang menurun. Bakteri ini dapat hidup pada peralatan-peralatan medis dan bagian bagian lain di rumah sakit, sehingga mudah menginfeksi pasien dengan penurunan imunitas. Kasus infeksi bakteri *P. aeruginosa* yang terjadi di rumah sakit biasanya menyerang pasien luka bakar, sistik fibrosis, sepsis, ventilator-asosiasi

pneumonia dan meningococcal meningitis (Reynolds and Kollef, 2021). Terapi pada penyakit infeksi akibat *P. aeruginosa* menjadi sulit karena adanya resistensi terhadap berbagai jenis antibiotik (Anggraini, Yulindra and Savira, 2018). Kemampuan resistensi antibiotik dari *P. aeruginosa* disebabkan oleh kemampuannya dalam membentuk *biofilm* (Wahyudi and Soetarto, 2021).

Saat ini, pengobatan dengan bahan alami semakin menjadi pilihan masyarakat, karena diyakini memiliki efek samping yang ringan dibandingkan obat sintetik atau kimia. Pemanfaatan tanaman sebagai obat tradisional telah dilakukan oleh nenek moyang kita selama berabad-abad yang lalu (Sari, 2006). WHO merekomendasikan penggunaan obat tradisional untuk menjaga kesehatan masyarakat seperti mencegah dan mengobati penyakit akibat infeksi (WHO, 2013). Hal ini mendorong eksplorasi dan penelitian lebih lanjut terhadap bahan-bahan alami tersebut, salah satunya *Centella asiatica* [L.] Urban yang juga dikenal dengan pegagan (Fatimah, Prasetyaningsih and Astuti Carmanyta, 2022). Herba pegagan dilaporkan memiliki banyak senyawa fitokimia diantaranya tanin, saponin, steroid dan flavonoid (Hapsari *et al.*, (2017)

Dalam penggunaannya herba pegagan terlebih dahulu diolah dalam bentuk ekstrak. Ekstrak merupakan zat yang dihasilkan dari ekstraksi bahan mentah secara kimiawi. Harapannya senyawa antibakteri yang terdapat dalam herba pegagan dapat keluar melalui proses ekstraksi ini. Pembuatan ekstrak antara lain dapat dilakukan secara infudasi, soxhletasi maserasi, perkolasi, dan penyarian berkesinambungan. Dalam proses pelarutan ditetapkan bahwa sebagai cairan penyari yang umum digunakan adalah air, etanol, campuran air-etanol, atau eter (Dianasari and Nadjib, 2022). Ekstrak etanol 96% pegagan berpotensi sebagai antibakteri terhadap *P. aeruginosa* (Octora *et al.*, 2022). Ekstrak kloroform pegagan berpotensi sebagai antibakteri terhadap *P. aeruginosa* (Rachmawati *et al.*, 2023) Penelitian terhadap aktivitas antibakteri dari pegagan telah banyak dilaporkan terutama menggunakan pelarut etanol dan metanol, sedangkan pelarut air masih sedikit yang melaporkan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan sumber antibakteri yang baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas antibakteri fraksi air herba pegagan metode soxhletasi terhadap *P. aeruginosa*.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain alat gelas laboratorium (Iwaki® dan Pyrex®), *rubber bulb*, timbangan analitik (Pioneer™), cawan porselen, ayakan mesh 40, *magnetic stirrer*, pinset, cawan petri (Iwaki® dan Pyrex®), ose, bunsen, rak tabung reaksi, mikropipet (Labnet), autoklaf (Tomy SX-500), pinset, *spreader*, *Bio Safety Cabinet* (Jisico), *rotary evaporator* (Heidolph), *waterbath* (Labnet), vortex (Labnet), *hotplate* (Labnet), dan inkubator (Labnet), blender, pipet tetes, penangas air 6 L (Labnet), mistar, sendok tanduk, kaca preparat, batang pengaduk, dan spuit injeksi.

Bahan yang digunakan antara lain simplisia pegagan (*C. asiatica*), isolat klinis *P. aeruginosa* MDR, NaCl 0,9% (Widatra), HCl 2N, aquadest, n-heksana (Brataco), media *Mueller Hinton Agar* (MHA), tip kuning, tip biru, cakram antibiotik colistin 10 µg, kertas cakram (Macherey-Nagel), spiritus, larutan *Mc Farland*, media *Mac Conkey Agar*, larutan salin NaCl kristal violet, lugol, alkohol 70% (Medika), safranin, sarung tangan (Sensi), dan standar 0,5 Mc Farland.

Perolehan Sampel Uji

C. asiatica diperoleh dan diterminasi dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dalam bentuk simplisia. Hasil determinasi menunjukkan bahwa yang digunakan merupakan tanaman *C. asiatica* (L.) Urb. dari famili *Apiaceae* dengan nomor surat: KM.04.01/H.IX/596/2023.

Pembuatan Ekstrak

Sampel diekstraksi menggunakan metode soxhletasi. Simplisia kering dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan dengan nomor mesh 40. Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 300 gram dan dimasukkan ke dalam wadah kaca dengan menambahkan 500 ml pelarut air kemudian di soxhletasi menggunakan *apparatus soklet*. Hasil soxhletasi disaring untuk memisahkan filtrat dengan ampas menggunakan kain mori dan kertas saring. Ampas dari penyaringan tersebut disonikasi kembali dengan cara yang sama sebanyak 2 kali. Semua filtrat dikumpulkan kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* dengan kecepatan 50 rpm pada suhu 40°C dan dilanjutkan dengan menggunakan *water bath* hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak kental yang dihasilkan kemudian ditimbang untuk menghitung persen rendemen dan dimasukkan ke dalam wadah tertutup.

Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian disterilisasi menggunakan alat autoklaf yang diatur pada suhu 121°C selama 15 menit. Peralatan lainnya seperti jarum ose dan pinset disterilisasi dengan alkohol 70% dan dilakukan pemijaran menggunakan api Bunsen (Armaleni, Nasir and Agustien, 2019).

Pembuatan Larutan Uji Antibakteri

Ekstrak air *C. asiatica* ditimbang 0.001 gram; 0.003 gram; dan 0.005 gram kemudian masing-masing dilarutkan dengan 1 mL DMSO. Didapatkan konsentrasi larutan uji masing-masing yaitu 5.000 ppm, 7.500 ppm, dan 10.000 ppm.

Pengecatan Gram

Prosedur kerja dari pengecatan Gram ini yaitu bersihkan preparat glass dengan alkohol 70% kemudian di fiksasi di atas bunsen, beri label pada bagian bawah preparat glass, pijarkan jarum ose kemudian dicelupkan ke aquades dan teteskan 1 ose aquades pada preparat glass menggunakan jarum ose, pijarkan lagi jarum ose dan diambil isolate *P. aeruginosa* dari media dengan cara aseptik lalu diratakan di atas preparat glass, keringkan teteskan larutan zat warna methylen blue sebanyak 1 atau 2 tetes keringkan selama 30 detik, cuci dengan aquades, keringkan preparat dengan dianginkan, kemudian teteskan 1 atau 2 tetes larutan iodine selama 1 menit kemudian bilas dengan alkohol 70% dan di cuci dengan aquades, terakhir tetes larutan Safranin sebanyak 1-2 tetes selama 30 detik kemudian bilas dengan aquades kembali dikeringkan dan diamkan terakhir amati dibawah mikroskop.

Pengujian Aktivitas Antibakteri

Bakteri *P. aeruginosa* hasil peremajaan diambil sebanyak 1 ose dimasukkan ke dalam tabung yang berisi 10 mL larutan NaCl fisiologi 0,9%. Suspensi bakteri *P. aeruginosa* dihomogenkan menggunakan vortex, kemudian kekeruhan suspensi disetarakan dengan standar *Mc Farland* 0.5 (Misna and Diana, 2016). Uji kepekaan bakteri *P. aeruginosa* MDR terhadap antibakteri dari ekstrak n-heksan *C. asiatica* dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram. Cakram antibiotik colistin 10 µg digunakan sebagai kontrol positif dan larutan n-heksan sebagai kontrol negatif. Cakram

kosong diteteskan dengan larutan uji sebanyak 20 μ L sampai merata ke seluruh permukaan cakram dengan berbagai konsentrasi yang telah disiapkan. Cakram kemudian diletakkan di atas media uji yang telah ditambahkan bakteri, selanjutnya dilakukan inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Aktivitas antibakteri dilihat dari terbentuknya zona bening pada cawan petri. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan.

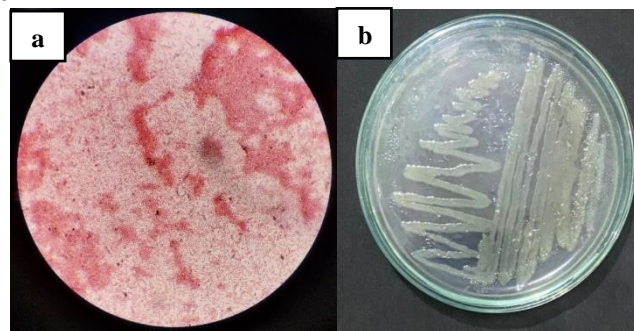
Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan SPSS. Untuk mengetahui adanya pengaruh perbedaan konsentrasi fraksi air herba pegagan (*C. asiatica*) terhadap pertumbuhan isolat klinis *P. aeruginosa* dilakukan uji *One Way* ANOVA. Jika data yang dihasilkan tidak terdistribusi normal atau varians data tidak sama maka dilakukan uji Kruskal-Wallis. Jika pada uji *One Way* ANOVA dan uji Kruskal-Wallis dihasilkan nilai $p < 0,05$ maka dapat dilanjutkan dengan analisis Post Hoc menggunakan metode Mann-Whitney.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik isolat klinis *P. aeruginosa*

Pengamatan bakteri isolat klinis *P. aeruginosa* dengan pewarnaan Gram bertujuan untuk melihat keseragaman bakteri dan menghindari kontaminasi. Pewarnaan Gram menggunakan empat jenis reagen diantaranya kristal violet (pewarna utama), iodine atau lugol (pengikat zat warna utama), alkohol (sebagai pembilas zat warna) dan safranin atau fuchsin (zat warna sekunder atau tandingan. Pewarnaan Gram terhadap bakteri *P. aeruginosa* menunjukkan bahwa sel bakteri berbentuk basil dan berwarna merah muda (Gambar 1a dan 1b).



Gambar 1. Isolat klinis *P. aeruginosa*; (a) Pengamatan mikroskopis pada pengecatan gram dengan perbesaran 1000 X; (b) Pengamatan mikroskopis pigmentasi bakteri pada media *Mueller Hinton* (sumber: dokumentasi pribadi)

Sel berwarna merah menandakan bakteri *P. aeruginosa* termasuk dalam kelompok bakteri Gram negatif. Bakteri Gram negatif mempunyai lapisan peptidoglikan yang tipis karena lapisan peptidoglikannya memiliki ketebalan 10% dari total susunan yang ada pada dinding selnya. Akibatnya bakteri Gram negatif mudah melepas zat pewarna utama kristal. Pewarnaan terakhir dengan safranin menyebabkan sel bakteri Gram negatif menyerap warna tersebut dan menghasilkan warna merah muda. Berbeda dengan bakteri Gram positif yang memiliki lapisan peptidoglikan tebal, sehingga dapat mempertahankan warna ungu dari pewarna primer kristal violet.

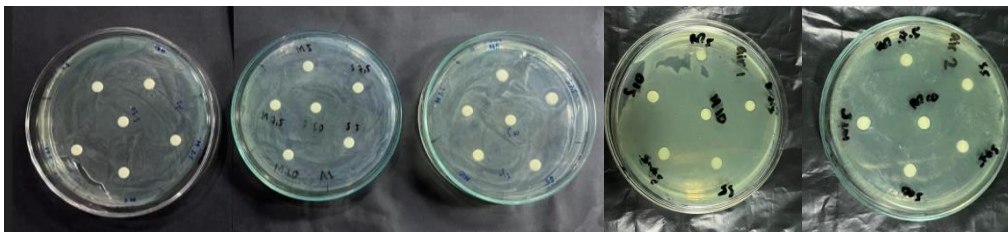
Aktivitas Antibakteri Ekstrak *C. asiatica*

Hasil pengamatan uji antibakteri ekstrak air *C. asiatica* menunjukkan bahwa diameter zona hambat pada semua konsentrasi termasuk dalam kategori yang lemah disajikan (Tabel 1 dan Gambar 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa semua ekstrak n-heksan *C. asiatica* mampu menghambat pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* MDR dalam kategori lemah. Kontrol positif colistin termasuk dalam kategori, sedangkan kontrol negatif tidak ada aktivitas antibakteri terhadap *P. aeruginosa*.

Tabel 1. Uji aktivitas antibakteri ekstrak air pegangan terhadap *P. aeruginosa*

Pengujian	Rata-rata diameter zona hambat (mm)	Kategori kekuatan antibakteri
Konsentrasi ekstrak air	5.000 ppm	lemah
	7.500 ppm	lemah
	10.000 ppm	lemah
Kontrol positif (colistin)	7.5	sedang
Kontrol negatif	0	Tidak ada aktivitas

Hasil penelitian menyajikan bahwasanya ekstrak air pegangan pada konsentrasi 10.000 ppm memiliki zona hambat yang paling tinggi dibandingkan dua konsentrasi lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak, maka akan semakin besar zona hambat yang terbentuk. Hal ini karena senyawa aktif yang terdapat pada setiap konsentrasi semakin besar sehingga daya kerja dalam menghambat pertumbuhan bakteri (antibakteri) semakin baik pula. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pelczar dan Chan (2005) bahwa semakin tinggi konsentrasi zat anti mikroba maka semakin besar pula kemampuannya untuk mengendalikan dan membunuh mikroorganisme tertentu.



Gambar 2. Diameter Zona Hambat Ekstrak N-Heksan *C. asiatica* Terhadap isolat klinis *P. aeruginosa* sebanyak lima kali pengulangan (sumber: dokumentasi pribadi)

Hasil penelitian juga menyajikan bahwasanya pada semua konsentrasi ekstrak air pegangan termasuk dalam kategori lemah. Hal ini dikarenakan diameter zona hambatnya sebesar < 5 mm. Jika dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Octora *et al.*, (2022) menyatakan hasil uji antibakteri dari ekstraksi *C. asiatica* dengan pelarut etanol 96% pada 1.000 ppm, 3.000 ppm dan 5.000 ppm juga dikategorikan aktivitasnya lemah. Berdasarkan perbandingan dua penelitian ini, penulis dapat menyatakan bahwasanya perbandingan jenis pelarut antara etanol dan air tidak terdapat perbedaan dalam menghasilkan zona hambat terhadap isolat klinis *P. aeruginosa*.

Kontrol positif yang digunakan pada penelitian ini adalah colistin. Aktivitas zona hambat yang dihasilkan oleh kontrol positif ini yaitu sebesar 7.5 mm atau dikategorikan sedang. Hasil yang sama juga didapatkan oleh Octora *et al.* (2022) dengan menggunakan isolat klinis *P. aeruginosa* yang sama termasuk dalam kategori yang sedang yaitu sebesar 8 mm. Namun hasil berbeda diperoleh (Uwizeyimana *et al.*, 2020) yaitu sebesar 13 mm dan termasuk dalam kategori kuat. Namun jika dibandingkan dengan tiga konsentrasi ekstrak air pegagan pada penelitian ini, kontrol positif colistin masih menjadi pilihan antibiotik terbaik untuk *P. aeruginosa* (Venkateswarulu, Peele and Bobby, 2019). Farajzadeh Sheikh *et al.*, (2019) juga menggunakan colistin sebagai kontrol positifnya terhadap bakteri *P. aeruginosa*. Colistin termasuk dalam antibiotik golongan famili polimiksin. Anggota kelas antibiotik polimiksin B menjadi pilihan terakhir untuk pengobatan antibiotik bakteri resisten karbapenem seperti isolat *P. aeruginosa* dan *Enterobacteriaceae*. Mekanisme kerja colistin yaitu menghancurkan membran sel dari bakteri target. Colistin akan mensubstitusi magnesium (Mg^{+2}) dan kalsium (Ca^{+2}) dari bakteri target. Senyawa Mg^{+2} dan Ca^{+2} ini bergungsi untuk menstabilkan molekul lipopolisakarida (LPS). Kondisi ini mengakibatkan terganggu aktivitas transportasi pada membran sel bakteri target, sehingga sel menjadi bocor dan akan terjadi kematian sel.

4. KESIMPULAN

Fraksi air herba pegagan metode soxhletasi memiliki aktivitas antibakteri terhadap pertumbuhan *P. aeruginosa*. Semakin tinggi konsentrasi herba pegagan maka akan semakin besar kemampuannya dalam menghambat bakteri *P.aeruginosa*. Fraksi air herba pegagan pada konsentrasi 10.000 ppm memiliki aktivitas zona hambat terbaik dibandingkan 2 kosentrasi lainnya yaitu sebesar 2.9 mm. Fraksi air herba pegagan pada konsentrasi 7.500 ppm dan 5.000 ppm memiliki aktivitas zona hambat masing-masing sebesar 2.1 mm dan 1.1 mm. Fraksi air herba pegagan pada semua konsentrasi yang diuji yaitu 10.000 ppm, 7.500 ppm dan 5.000 ppm memiliki aktivitas zona hambat terhadap *P. aeruginosa* pada kategori lemah karena diameternya < 5 mm.

5. DAFTAR REFERENSI

- Anggraini, D., Yulindra, U.G. and Savira, M., (2018). Prevalensi dan Pola Sensitivitas Antimikroba Multidrug Resistant Pseudomonas aeruginosa di RSUD Arifin Achmad. *Majalah Kedokteran Bandung*, 50(1), pp.6–12.
- Armaleni, N.N., Nasir, N. and Agustien, A., (2019). Antagonis Pseudomonas fluorescens indogenous terhadap Ralstonia solanacearum pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of Biological Sciences*, 6(1), p.119.
- Dianasari, W. and Nadjib, M., (2022). Supervision of Traditional Medicines Containing Undeclared Substance: Analysis of Indonesian Fda Monitoring Data for 2012 - 2021. *Journal of Indonesian Health Policy and Administration*, 7(1), p.196.
- Farajzadeh Sheikh, A., Shahin, M., Shokoohizadeh, L., Halaji, M., Shahcheraghi, F. and Ghanbari, F., (2019). Molecular epidemiology of colistin-resistant Pseudomonas aeruginosa producing NDM-1 from hospitalized patients in Iran. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 22(1), pp.38–42.
- Fatimah, S., Prasetyaningsih, Y. and Astuti Carmanyta, S., (2022). UJI EFEKTIFITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK DAUN PEGAGAN (*Centella asiatica*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI Pseudomonas aeruginosa. *JFL : Jurnal Farmasi Lampung*, 10(2), pp.92–99.
- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S., (2005), Dasar-Dasar Mikrobiologi, Jilid I Penerjemah

- Hadiotomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S., dan Angka, S.L., UI-Press, Jakarta.
- Mielko, K.A., Jabłoński, S.J., Milczewska, J., Sands, D., Łukaszewicz, M. and Młynarz, P., (2019). Metabolomic studies of *Pseudomonas aeruginosa*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, [online] 35(11), pp.1–11. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s11274-019-2739-1>>.
- Misna, M. and Diana, K., (2016). Aktivitas antibakteri ekstrak kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)(e-Journal)*, 2(2), pp.138–144.
- Octora, M., Permatasari, L., Hasbi, N., Sunarwidhi, A.L. and Dirja, B.T.,(2022). Centella asiatica Extract as Antibacterial Agent against Multidrug Resistant (MDR) *Pseudomonas aeruginosa*. *Azerbaijan Medical Journal*, 62(9), pp.5007–5015.
- Rachmawati, F., Nuria, M.C., Farmasi, F., Wahid, U., Semarang, H., Farmasi, F., Gadjah, U. and Yogyakarta, M., 2023. UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI FRAKSI KLOOROFORM EKSTRAK ETANOL PEGAGAN (Centella asiatica (L) Urb) SERTA IDENTIFIKASI. *Jurnal Sains*, (L), pp.7–13.
- Reynolds, D. and Kollef, M., (2021). The Epidemiology and Pathogenesis and Treatment of *Pseudomonas aeruginosa* Infections: An Update. *Drugs*, [online] 81(18), pp.2117–2131. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s40265-021-01635-6>>.
- Santi Hapsari, W., Rohmayanti, Yuliasuti, F. and Putri Kurnia Pradani, M., (2017). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Herba Pegagan dan Analisa Rendemen. *The 6th University Research Colloquium*, pp.471–476.
- Sari, L.O.R.K., (2006). Pemanfaatan Obat Tradisional Dengan Pertimbangan Manfaat Dan Keamanannya. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(1), pp.1–7.
- Uwizeyimana, J.D., Kim, D., Lee, H., Byun, J.H. and Yong, D., (2020). Determination of colistin resistance by simple disk diffusion test using modified Mueller-Hinton agar. *Annals of Laboratory Medicine*, 40(4), pp.306–312.
- Venkateswarulu, M.I.T.C., Peele, K.A. and Bobby, N., (2019). Bioactive molecules of probiotic bacteria and their mechanism of action : a review. *3 Biotech*, [online] 9(8), pp.1–11. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s13205-019-1841-2>>.
- Wahyudi, D. and Soetarto, S., (2021). Pembentukan Biofilm *Pseudomonas aeruginosa* pada Beberapa Media Cair Formation of *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm on Some Liquid Media. *Journal of Pharmacy*, 10(2), pp.35–40.
- WHO, (2013). *Traditional medicine. The Ecology of Health and Disease In Ethiopia*, .
- Yosias Beslar, S., Norma Ethica, S., Srikandi Fitria, M. and Rahman Ernanto, A., (2022). Deteksi Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Isolat Pus Luka Berbasis Polymerase Chain Reaction dengan Target Gen Penkode Flagelin fliC. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, [online] 5, pp.1–13. Available at: <<https://prosiding.unimus.ac.id>>.

ANALISIS BIAYA TERAPI HEMODIALISIS DI RUMAH SAKIT TIPE B DI NUSA TENGGARA BARAT

Candra Eka Puspitasari*^{1,2}, Mahacita Andanalusia¹, Yoga Dwi Saputra¹, Ni Made Amelia Ratnata Dewi¹, Melda Putri Zakiah¹, Ni Luh Ayu Sri Widyasari¹

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram¹
Apotek Pendidikan Universitas Mataram²
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: candrapuspitasari@unram.ac.id

ABSTRAK

Hemodialisis merupakan salah satu alternatif terapi penyakit ginjal kronis (PGK) dengan biaya terapi yang cukup tinggi dan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penderita PGK yang menjalani hemodialisis tiap tahunnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran biaya langsung medis terapi hemodialisis pasien PGK di Rumah Sakit Tipe B di Nusa Tenggara Barat. Penelitian ini merupakan penelitian farmakoeкономикi yakni analisis biaya terapi dengan pendekatan prevalensi dan perspektif rumah sakit. Responden yang terlibat dalam penelitian ini berjumlah 30 orang yang diambil dengan teknik *consecutive sampling*. Pengumpulan data dilakukan secara retrospektif dengan menelaah data rekam medis serta data keuangan pasien selama menjalani terapi hemodialisis pada periode Januari hingga Juni 2023. Hasil penelitian menunjukkan total biaya langsung medis pada periode tersebut sebesar Rp3.300.328.993,00 dimana rerata per pasien sebesar Rp110.010.966,00. Jenis biaya langsung medis yang menjadi beban pembiayaan tertinggi rumah sakit adalah biaya tindakan keperawatan dengan total biaya sebesar Rp2.113.073.500,00 dan rerata total biaya tersebut sebesar Rp70.435.783,00. Rerata jumlah tindakan hemodialisis yang dilakukan pasien selama 6 bulan yaitu 48 kali tindakan per pasien, sehingga rerata biaya langsung medis yang diperlukan per pasien untuk satu kali tindakan hemodialisis yaitu sebesar Rp2.293.391,00 per pasien.

Keyword: hemodialisis, biaya langsung medis, biaya tindakan keperawatan

1. PENDAHULUAN

PGK merupakan penyakit tidak menular (PTM) atau *non-communicable disease* namun berdampak besar terhadap tingginya morbiditas dan mortalitas serta sosial ekonomi masyarakat karena biaya terapinya yang cukup tinggi dan berulang (Damayantie et al., 2022). Prevalensi penderita PGK secara global termasuk Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) tahun 2018, prevalensi PGK di Indonesia sebesar 0,38% dari jumlah penduduk Indonesia atau sekitar 713.783 jiwa (Kemenkes RI, 2019b). Sementara itu, prevalensi PGK di Provinsi Nusa Tenggara Barat pada tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 0,42% dari tahun 2013 yaitu sebesar 0,1% (Dinas Kesehatan Republik Indonesia, 2013; Kemenkes RI, 2019a).

Menurut data *Indonesian Renal Registry* (IRR) tahun 2018, terjadi peningkatan tindakan hemodialisis pada pasien PGK pada tahun 2018 di Indonesia yaitu sebanyak 132.142 pasien, dibandingkan dengan tahun 2017 yaitu sebanyak 77.892 pasien (Fatonah et al., 2021; *Indonesian Renal Registry*, 2018). Peningkatan jumlah pasien

hemodialisis tersebut menyebabkan kebutuhan dana untuk pengobatan juga meningkat (Fauziah et al., 2015).

Peningkatan kebutuhan dana pengobatan berdampak buruk terhadap akses dan mutu pelayanan kesehatan, sehingga dibutuhkan suatu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada era Jaminan Kesehatan Nasional (JKN), pembiayaan kesehatan pada Fasilitas Kesehatan Rujukan Tingkat Lanjutan (FKRTL) sudah menggunakan tarif Indonesian Case Based Group (INA-CBGs), dimana penerapannya melalui mekanisme asuransi sosial (Fauziah et al., 2015). Namun, seringkali ditemukan biaya riil lebih besar dari tarif INA-CBGs (Azalea et al., 2016).

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2017 menyatakan total biaya hemodialisis pada tahun 2012 yang ditanggung oleh PT Askes dan asuransi lainnya yaitu sebesar Rp.227 miliar (US\$ 15 juta). Biaya tersebut merupakan salah satu prosedur medis yang menyerap porsi terbesar sehingga menyebabkan tekanan keuangan dalam sistem keuangan nasional (Kristina et al., 2021). Rerata biaya terapi hemodialisa yang ditanggung oleh PT Askes mencapai Rp56.501.237,90 dan rerata biaya terapi hemodialisis yang ditanggung oleh tiap pasien mencapai Rp6.042.141,18 setiap tahunnya (Wiguna et al., 2013). Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya terapi hemodialisis pasien PGK di Rumah Sakit Tipe B di Provinsi NTB.

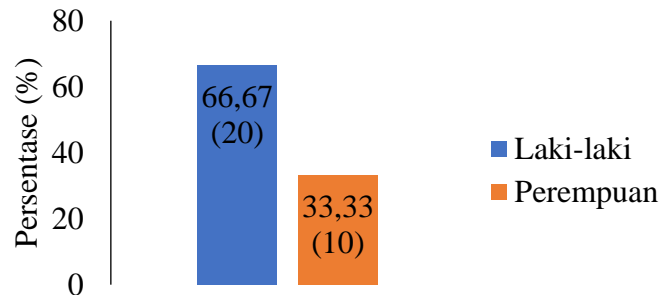
2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian farmakoekonomi menggunakan pendekatan prevalensi yakni analisis biaya terapi dengan perspektif rumah sakit. Pengumpulan data dilakukan secara retrospektif dengan menelaah data rekam medis serta data keuangan pasien PGK selama menjalani terapi hemodialisis pada periode Januari hingga Juni 2023. Penelitian ini telah dilakukan pada 18 – 30 September 2023 di Instalasi Hemodialisa Rumah Sakit Tipe B Provinsi NTB. Penelitian ini telah mendapatkan izin etik penelitian dari Litbangkes RSUD Provinsi NTB dengan Nomor Surat Kode Etik No.00.9.1/04/KEP/2023. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pasien PGK yang menjalani terapi hemodialisis di Instalasi hemodialisa Rumah Sakit Tipe B di Provinsi NTB periode Januari hingga Juni 2023. Sampel penelitian ini adalah pasien hemodialisis yang memenuhi kriteria penelitian yakni pasien hemodialisis berusia ≥ 18 tahun dengan data rekam medis serta catatan keuangan lengkap dan terbaca, tidak memiliki penyakit penyerta seperti kanker, tumor, HIV/AIDS, hepatitis B, serta tidak pernah melakukan transplantasi ginjal. Jumlah responden yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 30 pasien. Selanjutnya, data responden tersebut dicatat pada lembar pengambilan data (*case report form*) yang terdiri dari data karakteristik pasien (usia, jenis kelamin, dan jenis pembiayaan), data karakteristik klinis pasien (komorbid dan frekuensi hemodialisis), dan data catatan keuangan pasien (biaya langsung medis). Setelah itu, dilakukan analisis data secara deskriptif dengan mengelompokkan masing-masing variabel biaya langsung medis yaitu biaya hemodialisis, biaya kamar, biaya obat, dan biaya laboratorium. Selanjutnya, dihitung jumlah, rata-rata, dan standar deviasi tiap variabel biaya langsung medis tersebut menggunakan bantuan *microsoft excel*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

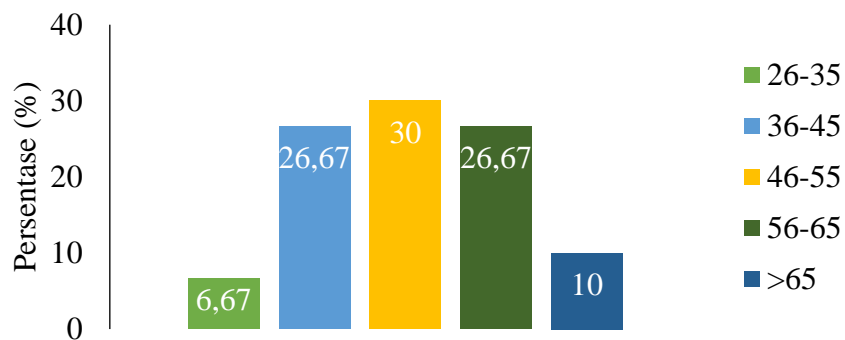
Pada penelitian diperoleh 30 pasien hemodialisis yang memenuhi kriteria penelitian. Berdasarkan gambar 1, pasien PGK yang menjalankan terapi hemodialisis didominasi oleh jenis kelamin laki-laki (66,67%). Hal tersebut disebabkan laki-laki

lebih dominan mengalami penurunan fungsi ginjal karena gaya hidup tidak sehat dan faktor hormonal (Maqfiroh et al., 2021). Hasil ini serupa dengan penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di RSUD dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung, dimana pasien hemodialisis didominasi oleh laki-laki (63,50%) (Wahyuni & Indarti, 2019).



Gambar 1. Distribusi jenis kelamin pasien

Salah satu penyebab tingginya kasus PGK pada pasien berjenis kelamin laki-laki adalah kebiasaan merokok yang merupakan salah satu faktor risiko pemicu terjadinya penurunan fungsi ginjal (Fauziah et al., 2015). Penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di Iran menunjukkan bahwa perokok mempunyai peluang 1,17 kali lebih tinggi terkena PGK dibandingkan bukan perokok (Dehghani et al., 2022). Selain itu, tingginya kasus PGK pada pasien laki-laki juga disebabkan karena adanya perbedaan hormonal. Pada laki-laki terdapat hormon androgen yang dapat mempercepat progresivitas kerusakan ginjal, sedangkan pada perempuan terdapat hormon estrogen yang bersifat renoprotektif (Fauziah et al., 2015). Hormon androgen pada laki-laki dapat memicu terjadinya peningkatan fibrosis dan produksi matriks mesangial, serta merangsang *Renin-Angiotensin System* sehingga terjadi peningkatan retensi natrium yang menyebabkan terjadinya peningkatan tekanan darah (hipertensi) (Maqfiroh et al., 2021).



Gambar 2. Distribusi usia pasien

Berdasarkan gambar 2, pasien PGK yang menjalankan terapi hemodialisis didominasi oleh pasien dengan rentang usia 46 – 55 tahun (30,00%) diikuti oleh pasien dengan rentang usia 36 – 45 tahun dan 56 – 65 tahun masing-masing sebesar 26,67%. Hal serupa juga diperoleh dari penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di RSUD dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung, dimana sebagian besar pasien hemodialisis berusia 41 – 60 tahun (64,87%) (Wahyuni & Indarti, 2019). Usia merupakan salah satu faktor utama penyebab meningkatnya kasus PGK, karena seiring bertambahnya usia akan terjadi peningkatan fibrosis ginjal yang merujuk ke

fibrosis interstisial, artrofi tubulus, glumerosklerosis, seclerosis vaskuler, dan menurun hingga hilangnya fungsi ginjal (Fauziah et al., 2015). Proses penuaan menyebabkan terjadinya perubahan struktural, fungsional, dan molekuler berbagai sistem organ, termasuk ginjal yang ditandai dengan terjadinya perubahan histologi makroskopis dan mikroskopis ginjal (Arriyani & Wahyono, 2023).

Tabel 1. Distribusi kondisi komorbid

Kondisi Komorbid	Jumlah responden (%)
Hipertensi	27 (90,00%)
Diabetes Melitus	1 (3,33%)
Hipertensi dan Diabetes Melitus	2 (6,67%)

Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa sebagian besar pasien PGK yang menjalankan terapi hemodialisis menderita penyakit hipertensi (90,00%). Penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di Rumah Sakit Pendidikan Ayub, Abbottabad Pakistan menunjukkan hasil serupa dimana sebagian besar pasien PGK menderita penyakit hipertensi (97,4%) (Malik et al., 2019). Hipertensi merupakan salah satu faktor risiko terjadinya PGK dan/atau sebagai akibat dari PGK (Agussalim et al., 2022). Hipertensi yang berlangsung lama dapat memicu terjadinya kerusakan pada ginjal akibat tertekannya pembuluh darah ginjal karena terjadi penyempitan arteriol eferen dan perubahan resistensi arteriol aferen yang berimplikasi terjadinya penurunan fungsi ginjal (Sari et al., 2019). Selain itu, terdapat 1 pasien yang memiliki komorbid diabetes melitus dan 2 pasien yang memiliki komorbid hipertensi disertai diabetes melitus. Apabila terjadi hiperglikemia yang berkepanjangan maka akan terjadi fibrosis serta inflamasi pada tubulus dan gromelurus yang memicu terjadinya albuminuria yang menyebabkan menurunnya fungsi ginjal (Sari et al., 2019).

Tabel 2. Distribusi frekuensi dialisis

Frekuensi Dialisis	N (%)
1x /minggu	1 (3,33%)
2x /minggu	29 (96,67%)

Berdasarkan tabel 2, mayoritas pasien PGK melakukan terapi hemodialisis dengan frekuensi 2 kali seminggu (96,67%). Sementara itu, hanya terdapat 1 pasien yang melakukan hemodialisis dengan frekuensi 1 kali seminggu. Penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di RS Bethesda Yogyakarta menunjukkan bahwa sebagian besar pasien melakukan terapi hemodialisis dengan frekuensi 2 kali seminggu (47,1%)(Fauziah et al., 2015). Menurut Persatuan Nefrologi Indonesia (2003), lama dan frekuensi hemodialisis disesuaikan dengan kebutuhan pasien. Umumnya, terapi hemodialisis dilakukan selama 4 – 5 jam dengan frekuensi 2 hingga 3 kali seminggu (Perhimpunan Nefrologi Indonesia, 2003). Frekuensi hemodialisis dapat mempengaruhi kadar komponen darah (hemoglobin, hematokrit, dan jumlah eritrosit) karena terjadi penurunan fungsi ekskresi cairan dan natrium yang menyebabkan dilusi sehingga kadar komponen darah pasien lebih rendah dari rentang normalnya (Dwitarini et al., 2017). Penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di RSUD Prof. dr. W. Z. Johannes menunjukkan bahwa frekuensi hemodialisis mempengaruhi kadar hemoglobin pasien (Puspita et al., 2019).

Tabel 3. Komponen Biaya Langsung Medis Pasien Hemodialisis

Komponen Biaya	Total Biaya (Rupiah)	Rerata \pm SD (Rupiah)
Biaya Tindakan Perawatan	2.113.073.500	70.435.783 \pm 14.118.009
Biaya Penunjang	52.627.500	1.754.250 \pm 2.673.989
Biaya Obat	1.098.727.993	36.624.266 \pm 8.168.076
Biaya Kamar	35.900.000	1.196.667 \pm 239.857
Total	3.300.328.993	110.010.966 \pm 22.899.387

Tabel 4. Rerata biaya langsung medis per sesi dialisis per pasien

Komponen Biaya	Rerata Biaya Langsung Medis (Rupiah)	Rerata Biaya Langsung Medis per Sesi Dialisis \pm SD (Rupiah)
Biaya Tindakan Perawatan	70.435.783	1.471.500 \pm 0,00
Biaya Penunjang	1.754.250	36.026 \pm 51.085
Biaya Obat	36.624.266	760.865 \pm 66.884
Biaya Kamar	1.196.667	25.000 \pm 0,00
Total	110.010.966	2.293.391 \pm 86.640

Terapi hemodialisis memiliki beban biaya yang sangat tinggi sehingga sebagian besar pasien hemodialisis menggunakan sistem pembiayaan JKN (Fauziah et al., 2015). Pada penelitian ini, seluruh pasien yang terlibat menggunakan sistem pembayaran JKN. Total biaya langsung medis pasien PGK dengan tindakan hemodialisis pada periode Januari hingga Juni 2023 sebesar Rp.3.300.328.993,00 dengan rerata sebesar Rp.110.010.966,00 (**Tabel 3**). Total biaya tersebut didapatkan dari penjumlahan biaya tindakan perawatan, biaya penunjang, biaya obat, dan biaya kamar. Sementara itu, biaya hemodialisis yang dikeluarkan tiap pasien untuk satu kali tindakan hemodialisis yaitu sebesar Rp.2.293.391,00 (**Tabel 4**).

Pada penelitian yang dilakukan terhadap pasien PGK di RS Bethesda Yogyakarta menunjukkan bahwa beban pembiayaan tertinggi yang dikeluarkan pasien hemodialisis adalah biaya paket hemodialisis yaitu sebesar Rp.1.374.690.150,00 (Fauziah et al., 2015). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit Tipe B di Nusa Tenggara Barat, biaya tindakan perawatan menjadi beban pembiayaan tertinggi yang dikeluarkan pasien hemodialisis yaitu sebesar Rp.2.113.073.500,00, diikuti biaya obat, biaya penunjang, dan biaya kamar.

4. KESIMPULAN

Total biaya langsung medis terapi hemodialisis di Rumah Sakit Tipe B di Nusa Tenggara Barat pada periode Januari hingga Juni 2023 sebesar Rp3.300.328.993,00 dimana rerata biaya langsung medis yang diperlukan per pasien untuk satu kali tindakan hemodialisis yaitu sebesar Rp2.293.391,00 per pasien.

5. DAFTAR REFERENSI

- Agussalim, A. S., Maulana, A. E. F., Putradana, A., & Marvia, E. (2022). Hubungan Hipertensi dengan Kejadian Gagal Ginjal Kronik di Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Lombok Utara. *Research of Service Administration Health and Sains Healthys*, 3(2), 2830-4772. <https://doi.org/10.58258/rehat.v3i1.4691/>
- Arriyani, F., & Wahyono, T. Y. M. (2023). Faktor Risiko Penyakit Ginjal Kronis pada Kelompok Usia Dewasa : Literature Review. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 6(5), 788-797. <https://doi.org/10.56338/mppki.v6i5.3239>

3. Azalea, M., Andayani, T. M., & Satibi. (2016). Analisis Biaya Pengobatan Penyakit Ginjal Kronis Rawat Inap Dengan Hemodialisis Di Rumah Sakit. *Jurnal Manajemen Dan Pelayanan Farmasi*, 6(2), 141–150.
4. Damayantie, N., Rusmimping, Mashudi, & Ditiharman, R. (2022). Analisis Faktor Kualitas Hidup Pasien Gagal Ginjal Kronis yang Menjalankan Hemodialisis. *Jurnal Keperawatan Silampari*, 6(1), 585–592. <https://doi.org/https://doi.org/10.31539/jks.v6i1.4647>
5. Dehghani, A., Alishavandi, S., Nourimajalan, N., Fallahzadeh, H., & Rahmanian, V. (2022). Prevalence of Chronic Kidney Diseases and its Determinants Among Iranian Adults: Results of the First Phase of Shahedieh Cohort Study. *BMC Nephrology*, 23(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12882-022-02832-5>
6. Dinas Kesehatan Republik Indonesia. (2013). Riset Kesehatan Dasar. Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI.
7. Dwitarini, M. N. E., Herawati, S., & Subawa, A. A. N. (2017). Perbedaan Kadar Hemoglobin Sebelum Dan Sesudah. *Jurnal Medika*, 6(4), 56–62.
8. Fatonah, L., Andayani, T. M., & Yasin, N. M. (2021). Hubungan antara Efektivitas Hemodialisis dengan Kualitas Hidup Pasien Penyakit Ginjal Kronis di Yogyakarta. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(1), 22–28.
9. Fauziah, Wahyono, D., & Budiarti, L. E. (2015). Cost of Illness dari Chronic Kidney Disease dengan Tindakan Hemodialisis. *Jurnal Manajemen Dan Pelayanan Farmasi*, 5(3), 149–158.
10. Indonesian Renal Registry. (2018). 11th Report of Indonesian Renal Registry 2018. Indonesian Renal Registry.
11. Kemenkes RI. (2019a). Laporan Provinsi Nusa Tenggara Barat RISKESDAS 2018. Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
12. Kemenkes RI. (2019b). Laporan Riskesdas 2018 Nasional. Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
13. Kristina, S. A. R. I., Endarti, D. W. I., Andayani, T. R. I. M., & Aditama, H. (2021). Area Efficient Quadrature Amplitude Modulation Using Booth Multiplier for Network Applications. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1), 2815–2820. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.01.375>
14. Malik, S., Syed, Z., Naz, F., Rehman, N., Rauf, A., & Ali, R. (2019). Risk Factors of Chronic Kidney Disease Leading to Dialysis in Patients Presenting at Ayub Teaching Hospital Abbottabad. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, 31(4), 672–673.
15. Maqfiroh, Y., Bayhakki, & Hasanah, O. (2021). Pengetahuan Manajemen Cairan dan Inter-Dialytic Weight Gain (IDWG) Pasien Yang Menjalani Hemodialisis: Studi Lieratur. *Jurnal Ilmiah Keperawatan Indonesia*, 4(2), 88–97.
16. Perhimpunan Nefrologi Indonesia. (2003). Konsensus Dialisis. Jakarta: PERNEFRI (Perhimpunan Nefrologi Indonesia).
17. Puspita, A. A., Setianingrum, E. L. S., & Lidia, K. (2019). Pengaruh Frekuensi Hemodialisis Terhadap Perbedaan Kadar Hemoglobin dan Indeks Eritrosit Pasien Gagal Ginjal Kronik Pre dan Post Hemodialisis di RSUD Prof. dr. W. Z. Johannes Tahun 2018. *Cendana Medical Journal*, 7(1), 102–111. <http://ejurnal.undana.ac.id/CMJ/article/view/1462>
18. Sari, Y., Simanjuntak, S., & Hutasoit, E. S. P. (2019). Hubungan Faktor Risiko dengan Penyakit Gagal Ginjal Kronik di Unit Hemodialisa. *Jurnal Kedokteran Methodist*, 12(2), 36–41. <https://ejurnal.methodist.ac.id/index.php/jkm/article/view/615/531>
19. Wahyuni, E. S., & Indarti, S. (2019). Hubungan Karakteristik, Pengetahuan Tentang Asupan Natrium dan Cairan Dengan Interdialytic Weight Gain (IDWG) pada Penderita Gagal Ginjal Kronik yang Menjalani Hemodialisis (HD). *Holistik Jurnal Kesehatan*, 13(2), 102–113. <https://doi.org/10.33024/hjk.v13i2.1269>
20. Wiguna, C., Ahmad, R. A., & Utarini, A. (2013). Biaya Pelayanan Hemodialisis Peserta Asuransi Kesehatan Menurut Perspektif Pasien di Rumah Sakit Umum Daerah Tipe B, Provinsi Bali. *Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan*, 16(1), 37–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jmpk.v16i01.6449>

FORMULASI DAN EVALUASI FITOSOM DARI EKSTRAK ETANOL DAUN KOPASANDA (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King&H.Rob) DENGAN METODE HIDRASI LAPIS TIPIS

Sucilawaty Ridwan*, Wahida Hajrin, Windah Anugrah Subaidah, Eskarani Tri Pratiwi, Nur Amalina Sabdarriifa

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: sucilr@unram.ac.id

ABSTRAK.

Kopasanda (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King&H.Rob) merupakan tanaman yang dianggap sebagai gulma karena memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat mengganggu sektor pertanian. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa daun kopasanda mengandung beragam metabolit sekunder seperti fenol, flavonoid, saponin, steroid, dan terpenoid. Di Nusa Tenggara Barat, daun kopasanda secara luas digunakan sebagai penyembuh luka. Untuk meningkatkan pemanfaatan dan efektivitasnya, ekstrak daun kopasanda dapat dibuat suatu sistem penghantaran obat fitosom. Fitosom telah luas digunakan sebagai sistem penghantaran obat senyawa fitokimia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk formulasi dan evaluasi fitosom dari ekstrak etanol daun kopasanda dengan menggunakan metode hidrasi lapis tipis. Simplisia daun kopasanda diekstraksi dengan menggunakan metode sonikasi selama 30 menit, kemudian ekstrak kentalnya dievaluasi total kandungan fenolnya. Selanjutnya dibuat fitosom pada variasi perbandingan ekstrak : fosfolipid (1:1; 1:2; 1:3; 2:1), dan ditentukan fitosom optimum melalui %efisiensi penjerapan. Formula optimum fitosom dihomogenizer dengan amplitudo 50 selama satu menit. Kemudian formula optimum dievaluasi ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitosom yang dibuat dengan metode hidrasi lapis dengan perbandingan tipis memiliki formula optimum pada perbandingan 1:3, dengan nilai %efisiensi penjerapan sebesar $99,670 \pm 0,005$; ukuran partikel dan indeks polidispersitas sebesar $281,367 \pm 20,199$ nm dan $0,500 \pm 0,014$. Gambar pengujian TEM menunjukkan bahwa terjadi pembentukan fitosom yang sferis. Penelitian ini menunjukkan bahwa fitosom ekstrak etanol daun kopasanda dengan metode pembentukan hidrasi lapis tipis dapat terbentuk.

Keyword: Ekstrak etanol daun kopasanda, fitosom, indeks polidispersitas, metode hidrasi lapis tipis, ukuran partikel, *Transmission Electron Microscope* (TEM)

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, termasuk sumber daya hayati (Rintelen et al., 2017). Potensi pemanfaatan tanaman pada bidang pengobatan telah dilaporkan memiliki manfaat kesehatan. Pemanfaatan tanaman pada bidang pengobatan dapat mendukung pengembangan bahan baku obat di Indonesia. Setiap daerah memiliki pemanfaatan tanaman untuk pengobatan yang digunakan secara turun temurun. Salah satu daerah yang memiliki tradisi penggunaan obat secara turun temurun yaitu Nusa Tenggara Barat (NTB). Namun, penggunaan tanaman obat tersebut masih perlu dikembangkan untuk menjadi suatu sediaan yang dapat digunakan secara luas dan memiliki efektifitas yang baik.

Pengembangan tanaman obat dapat dilakukan melalui pengembangan di bidang formulasi untuk meningkatkan efektifitas dan mengurangi toksisitas. Salah satu dasar pengembangan formulasi yaitu sifat fisika kimia dari kandungan tanaman obat yang

memiliki absorpsi yang rendah baik penggunaan secara oral maupun topikal. Selain itu, formulasi juga dapat dilakukan untuk meningkatkan keberterimaan masyarakat dalam penggunaan obat yang memiliki sifat kimia yang kurang nyaman seperti rasa pahit atau perih saat penggunaan.

Salah satu metabolit sekunder yang memiliki absorpsi yang rendah dan kurang dapat diterima saat penggunaan adalah golongan senyawa fenol. Senyawa fenol dalam tanaman umumnya ditemukan dalam bentuk glikosida, yaitu fenol yang berikatan dengan gula. Sehingga memiliki ukuran besar yang menyebabkan tingkat absorpsi yang rendah (Ratz-Lyko et al., 2015). Selain itu, sifat asam pada golongan senyawa fenol menyebabkan rasa perih/ tidak nyaman saat digunakan secara topikal. Salah satu tanaman yang memiliki kandungan fenol tinggi yang digunakan oleh masyarakat NTB sebagai penyembuh luka adalah tanaman kopasanda (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King&H.Rob). Kandungan total fenol pada daun kopasanda adalah 58,34 mgGAE/g – 242 mgGAE/g (Alara et al., 2019; Madhavan, 2015; Rao et al., 2009).

Penelitian secara *in vitro* pada uji penyembuhan luka menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kopasanda (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King&H.Rob) dapat meningkatkan proliferasi fibroblast, sel endotel, dan keratinosit (Pandith et al., 2013). Sedangkan penelitian secara *in vivo*, ekstrak etanol daun kopasanda (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King&H.Rob) sebesar 20% merupakan konsentrasi paling optimal yang dapat meningkatkan jumlah kolagen, fibroblas, serta ketebalan epidermis pada kulit tikus putih (Amfotis et al., 2022). Adanya perbedaan konsentrasi yang signifikan pada penelitian *in vitro* dan *in vivo* dapat disebabkan karena rendahnya senyawa fitokimia seperti fenol yang dapat diabsorpsi.

Penggunaan tanaman kopasanda di NTB terhadap pengobatan luka memiliki potensi untuk dikembangkan baik secara peningkatan efektifitas maupun secara sediaan melalui formulasi. Sehingga dapat meningkatkan efektifitas dan keberterimaan masyarakat. Salah satu metode untuk meningkatkan efektifitas dan keberterimaan masyarakat adalah dengan dibuat sistem penghantaran fitosom. Fitosom merupakan sistem penghantaran obat dengan mereaksikan sejumlah fosfolipid dengan ekstrak terstandar. Implementasi fitosom dimanfaatkan untuk memperbaiki senyawa fitokimia yang memiliki absorpsi dan penetrasi rendah pada membran biologis. Pembuatan fitosom dapat dilakukan dengan metode pembentukan lapis tipis (Alharbi et al., 2021; Barani et al., 2021; Varadkar and Gadgoli, 2022).

2. METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah simplisia daun kopasanda, fosfolipid, etanol 70%, etanol 96% (teknis), kain kasa, kertas saring, asam galat (p.a), Na₂CO₃ (p.a), Follin Ciaocalteu (p.a), aquadest. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah alat-alat gelas, rotary evaporator, Spektrofotometer UV-Vis, Spektroskopi Infra Red, *Transmission Electron Microscope*, magnetic stirrer, mikropipet, pH meter, Viskosimeter Brookfield, ultrasonikator probe, dan *Particle Size Analyzer*.

Determinasi Tanaman Kopasanda

Simplisia daun dari tanaman kopasanda diperoleh dari kebun di wilayah Lombok Utara. Determinasi tanaman dilakukan di Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Matematika, Program Studi Biologi, Universitas Mataram.

Ekstraksi

Sebanyak 1 kg simplisia diekstraksi dengan menggunakan metode sonikasi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan simplisia dan pelarut sebesar 1 : 10 w/v selama 30 menit dengan metode sonikasi.

Penetapan Total Kandungan Fenol Ekstrak

Penetapan total kandungan fenol ekstrak, ditetapkan dengan menggunakan reagent Folin-Ciocalteu. Pengujian dilakukan dengan mereaksikan 0,2 mL sample dengan 0,8 mL reagent Folin-Ciocalteu 10% dan didiamkan selama 5 menit, kemudian ditambahkan dengan 8% larutan natrium karbonat dan ditambahkan etanol 96% hingga 3mL. Campuran dijaga pada suhu ruang dan dalam kondisi gelap selama waktu optimum. Absorbansi dibaca pada Panjang gelombang 725 nm menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Total kandungan fenol diekspresikan sebagai gram asam galat dalam 100 g ekstrak.

Preparasi Fitosom metode Pembentukan Lapis Tipis

Pembuatan fitosom dari ekstrak etanol daun kopasanda dilakukan dengan menggunakan metode pembentukan lapis tipis. Tahap awal ekstrak dilarutkan dalam etanol 96% dan fosfolipid dalam diklorometane dengan persentasi pelarut, suhu, kecepatan rotasi, serta waktu hidrasi pembentukan lapis tipis yang optimal. Setelah optimasi proses dilanjutkan dengan optimasi perbandingan berat antara ekstrak dan fosfolipid untuk diperoleh efisiensi penjerapan optimal. Formula optimal berdasarkan nilai persentase efisiensi penjerapan disonikasi dengan amplitude 50 selama 1 menit untuk memperkecil ukuran partikelnya.

Evaluasi Fitosom

Efisiensi Penjeratan

Efisiensi penjeratan diukur dengan menggunakan instrument Spektrophotometer UV-Vis. Sejumlah 1 ml fitosom dilarutkan dalam 5 ml air kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 50 menit pada suhu ruang (27°C). Jumlah total fenol pada supernatan dianalisis dengan instrument Spektrophotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 733 nm. Pengukuran konsentrasi total fenol dilakukan secara triplo.

Persen efisiensi penjeratan dihitung berdasarkan persamaan :

$$EE(\%) = (T - S) \times 100 T$$

Keterangan :

T = Jumlah total senyawa fenol yang ditambahkan saat preparasi fitosom

S = Jumlah total senyawa fenol pada supernatant (fenol bebas)

T-S = Jumlah total senyawa fenol yang terjerat

(Purnamasari et al., 2020).

Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas

Ukuran partikel dan indeks polidispersitas vesikel fitosom yang terbentuk ditentukan dengan menggunakan Particle Size Analyzer. Ukuran partikel dan nilai indeks polidispersitas larutan fitosom diukur oleh dynamic light scattering (DLS) menggunakan sinar foton yang terkoneksi pada spektrometer yang dapat mendeteksi

fluktuasi hamburan cahaya yang disebabkan oleh gerakan Brown. Hamburan cahaya tersebut dimonitor pada suhu 25°C dengan sudut hamburan 90°C (Purnamasari et al., 2020).

Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan dapat diperoleh menggunakan Transmission Electron Microscope (TEM). Sebanyak 10 µL fitosom diteteskan diatas spesimen yang selanjutnya ditutup dengan grid 300 mesh dan dibiarkan selama 1 menit untuk diadsorpsi sebagai lapisan tipis dengan menghilangkan kelebihan sample dengan kertas saring. Kemudian sample diwarnai dengan larutan uranyl asetat (2% w/v). Sample dimasukkan ke alat TEM untuk diambil gambarnya (Shriram et al., 2022).

Spektroskopi InfraRed

Analisis spektrum inframerah dilakukan terhadap ekstrak, fosfolipid, campuran fisik ekstrak dan fosfolipid, serta fitosom ekstrak-fosfolipid dengan cara mencampurkan KBr dengan perbandingan 1 :100. Campuran diaduk di atas mortar hingga homogen yang kemudian dikempa dalam suatu cetakan, dan dianalisis pada panjang gelombang 4000-400 cm⁻¹.

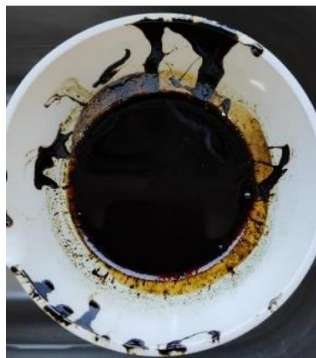
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Determinasi Tanaman

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah kopasanda. Hasil determinasi di Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Matematika, Program Studi Biologi, Universitas Mataram, menunjukkan bahwa tanaman yang digunakan untuk penelitian ini adalah kopasanda (*Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob).

Hasil Ekstraksi

Ekstrak dipreparasi menggunakan metode sonikasi selama 30 menit. Ekstrak yang diperoleh merupakan ekstrak kental, berwarna coklat, dan berbau khas.

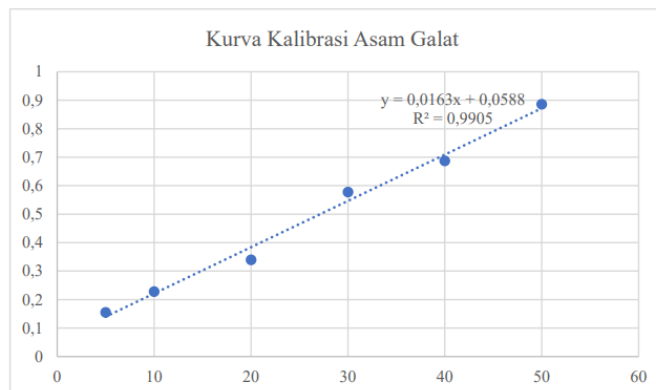


Gambar 1. Ekstrak kental daun kopasanda

Hasil Penetapan Total Kandungan Fenol

Kandungan total fenol diukur dengan metode Follin-Ciocalteu. Pengukuran dengan metode ini dilakukan berdasarkan adanya pembentukan kompleks phosphotungstat-phosphomolibdat dari proses oksidasi gugus hidroksil fenol menghasilkan kompleks berwarna biru yang dapat dibaca oleh spektrofotometer UV-Vis (Singleton and Rossi, 1965). Total kandungan fenol ekstrak kopasanda pada penelitian ini adalah 110,97±0,75 mgGAE/g. Berdasarkan beberapa penelitian,

ekstrak kopasanda mengandung total kandungan fenol sebesar 58,34 mgGAE/g – 242 mgGAE/g (Alara et al., 2019; Madhavan, 2015; Rao et al., 2009).

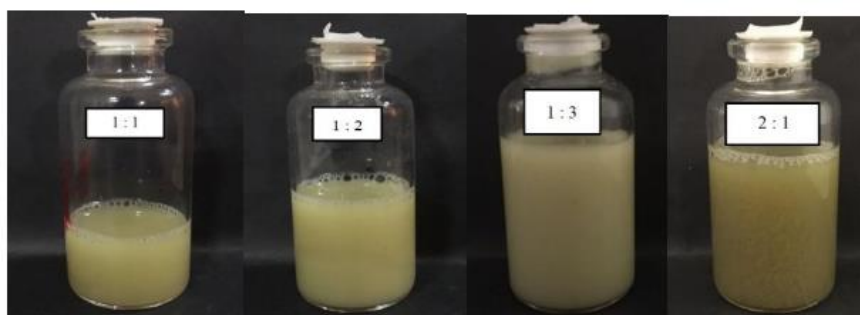


Gambar 2. Kurva kalibrasi standar asam gallat

Hasil Pembuatan Fitosom Kopasanda dengan Metode Hidrasi Lapis Tipis

Kata “phyto” berarti tanaman dan “some” berarti menyerupai sel. Fitosom diperoleh dari mereaksikan sejumlah fosfolipid (fosfatidilkolin) dengan ekstrak terstandar secara stokiometri dalam pelarut non polar. Material yang dihasilkan berupa fitosom dengan fosfolipid yang bersifat kompatibel dengan lipid (Lu et al., 2019).

Metode pembuatan fitosom yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode pembentukan hidrasi lapis tipis. Pelarut organik yang digunakan pada penelitian ini adalah etanol. Campuran direaksikan pada rentang dan temperatur yang dapat menghasilkan penyerapan obat paling optimal. Kemudian pelarut organik diuapkan pada tekanan rendah melalui rotary evaporator. Sedangkan, metode pembuatan lapis tipis dibuat dengan menggunakan vacuum rotary evaporator. Fitokimia pada bahan dan fosfolipid dilarutkan dalam pelarut ethanol dalam labu alas bundar. Kemudian dirotasi pada kecepatan, suhu, serta waktu yang optimum dibawah cakum. Lapisan tipis yang terbentuk pada labu kemudian didispersikan pada pelarut aquadest dengan kecepatan dan waktu optimum saat hidrasi (Damle and Mallya, 2016). Pada tiap metode dilakukan optimasi perbandingan antara ekstrak dan fosfolipid (1:1; 1:2; 1:3; 2:1) untuk mengetahui perbandingan paling optimum. Perbandingan paling optimum diperoleh melalui pengukuran nilai efisiensi penyerapan (%).



Gambar 3. Suspensi fitosom metode pembentukan hidrasi lapis tipis dengan Variasi perbandingan ekstrak dan fosfolipid (1:1; 1:2; 1:3; 2:1)

Hasil Evaluasi Fitosom Efisiensi Penjerapan

Efisiensi penjerapan diukur dengan menggunakan instrument Spektrophotometer UV-Vis dengan metode tidak langsung pada pengukuran total kandungan fenol (Purnamasari et al., 2020).

Hasil pengukuran % penjerapan dari pembuatan fitosom metode hidrasi lapis menunjukkan bahwa perbandingan 1:3 merupakan perbandingan antara ekstrak dan fosfolipid paling optimum. Nilai % efisiensi penjerapan ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Perbandingan (E:F)	% Efisiensi Penjerapan
1:1	99,640 ±0,016
1:2	99,602 ±0,028
1:3	99,670 ±0,005
2:1	99,390 ±0,016

Tabel 1. % Efisiensi penjerapan dengan variasi perbandingan Ekstrak dan fosfolipid (E:F)

Berdasarkan analisis statistic metode One-Way Annova, dengan taraf kepercayaan 0,05% terdapat perbedaan signifikan antara grup kecuali pada metode lapis tipis perbandingan 1:1 dan 1:3 tidak menunjukkan adanya perbedaan signifikan.

Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas

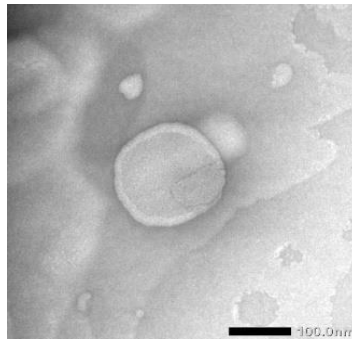
Pengujian ukuran partikel bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel fitosom yang terbentuk. Pada formula optimum dengan perbandingan E: F adalah 1:3, diperoleh ukuran partikel sebesar $281,4 \pm 20,2$ nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa vesikel yang terbentuk termasuk ke golongan Large Unilamellar Vesicles (LUV), karena berada pada rentang 100 nm – 1000 nm (Indalifiany et al., 2022) . Indeks polidispersitas merupakan nilai yang menunjukkan distribusi ukuran vesikel. Rentang untuk monodispersi adalah berada pada rentang 0,01-0,7 (Akib et al., 2021). Nilai indeks polidispersitas untuk penelitian ini adalah sebesar $0,500 \pm 0,014$. Hal tersebut menunjukkan bahwa suspensi fitosom yang terbentuk merupakan monodisperse.

Replikasi	Ukuran Partikel (nm)	Indeks Polidispersitas
1	278,1	0,485
2	263	0,502
3	303	0,512
Rata-rata	$281,4 \pm 20,2$	$0,500 \pm 0,014$

Tabel 2. Ukuran partikel dan indeks polidispersitas fitosom 1:3 metode hidrasi lapis tipis

Morfologi Permukaan

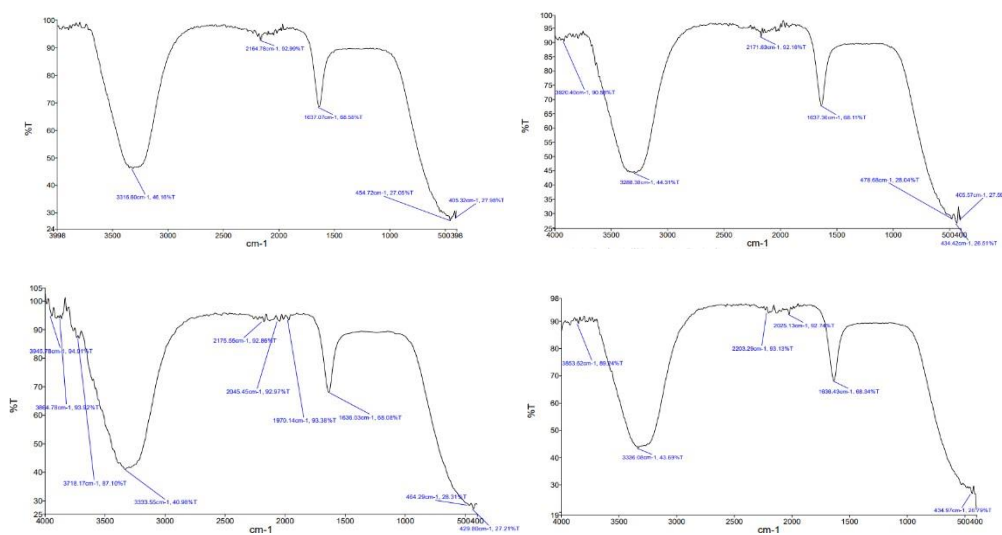
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa fitosom yang terbentuk memiliki bentuk sferis. Dan jika dilihat dari perkiraan ukurannya adalah pada rentang >100 nm.



Gambar 4. Hasil morfologi fitosom metode hidrasi lapis tipis berdasarkan pengujian TEM

Spektroskopi InfraRed

Dari spektrum yang terbentuk menunjukkan bahwa ada perbedaan spektrum antara campuran fisik antara fosfolipid dan ekstrak dengan spektrum fitosom ekstrak kopasanda. Adanya penurunan intensitas pada fitosom merupakan indikasi terbentuknya fitosom, sedangkan pada spektrum campuran fisik merupakan gabungan dari spektrum ekstrak dan fosfolipis (Das and Kalita, 2014).



Gambar 5. Spektrum FTIR metode hidrasi lapis tipis (a) ekstrak, (b) fosfolipid, (c) campuran fisik ekstrak dan fosfolipid, (d) fitosom

4. KESIMPULAN

Fitosom kopasanda yang dihasilkan melalui metode hidrasi lapis tipis menunjukkan perbandingan optimal antara ekstrak dan fosfolipid adalah 1 : 3 dengan efisiensi penyerapan sebesar $99,670 \pm 0,005$, serta ukuran partikel dan indeks polidispersitas sebesar $281,4 \pm 20,2$ nm dan $0,500 \pm 0,014$. Hasil pengamatan morfologi permukaan mengkonfirmasi fitosom yang terbentuk berbentuk sferis dan spektrum FTIR mengkonfirmasi pembentukan fitosom.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Akib, N.I., Hendra, N.S., Putri, A.E.P., Armadhani, I., Adjeng, A.N.T., Mahmudah, R., 2021. preparation of phytosome of kersen leaves (*muntingia calabura* l.) ethanol exrtact as antioxidant. *J. Farm. Sains Dan Prakt.* 7, 393-404. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v7i3.6206>

2. Alara, O.R., Nour, A.H., Mudalip, S.K. binti A., 2019. Screening of Microwave- Assisted-Batch Extraction Parameters for Recovering Total Phenolic and Flavonoid Contents from *Chromolaena odorata* Leaves through Two-Level Factorial Design. *Indones. J. Chem.* 19, 511–521. <https://doi.org/10.22146/ijc.40863>
3. Alharbi, W.S., Almughem, F.A., Almeahmady, A.M., Jarallah, S.J., Alsharif, W.K., Alzahrani, N.M., Alshehri, A.A., 2021. Phytosomes as an Emerging Nanotechnology Platform for the Topical Delivery of Bioactive Phytochemicals. *Pharmaceutics* 13, 1475. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091475>
4. Amfotis, M.L., Suarni, N.M.R., Arpiwi, N.L., 2022. Wound Healing Of Cuts in the Skin of White Rat (*Rattus norvegicus*) Is Given Kirinyuh (*Chromolaena odorata*) Leaf Extract. *Metamorf. J. Biol. Sci.* 9, 139–151. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2022.v09.i01.p14>
5. Barani, M., Sangiovanni, E., Angarano, M., Rajizadeh, M.A., Mehrabani, M., Piazza, S., Gangadharappa, H.V., Pardakhty, A., Mehrbani, M., Dell'Agli, M., Nematollahi, M.H., 2021. Phytosomes as Innovative Delivery Systems for Phytochemicals: A Comprehensive Review of Literature. *Int. J. Nanomedicine* 16, 6983–7022. <https://doi.org/10.2147/IJN.S318416>
6. Damle, M., Mallya, R., 2016. Development and Evaluation of a Novel Delivery System Containing Phytophospholipid Complex for Skin Aging. *AAPS PharmSciTech* 17, 607–617. <https://doi.org/10.1208/s12249-015-0386-x>
7. Das, M., Kalita, B., 2014. Design and Evaluation of Phyto-Phospholipid Complexes (Phytosomes) of Rutin for Transdermal Application. *J. Appl. Pharm. Sci.* 4, 51–57. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.40110>
8. Indalifiany, A., Sahidin, S., Wahyuni, W., Bafadal, M., Yodha, A., Andryani, R., Fitrawan, L., Munasari, D., 2022. Formulasi dan Karakterisasi Ekstrak Etanol Wualae (*Etingera elatior*) dalam Sistem Penghantaran Vesikuler Fitofosfolipid. *J. Mandala Pharmacon Indones.* 8, 24–33. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v8i1.152>
9. Lu, M., Qiu, Q., Luo, X., Liu, X., Sun, J., Wang, C., Lin, X., Deng, Y., Song, Y., 2019. Phyto-phospholipid complexes (phytosomes): A novel strategy to improve the bioavailability of active constituents. *Asian J. Pharm. Sci.* 14, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2018.05.011>
10. Madhavan, M., 2015. Quantitative estimation of total phenols and antibacterial studies of leaves extracts of *Chromolaena odorata* (L.) King & H.E. Robins. *Int. J. Herb. Med.* 3, 20–23.
11. Pandith, H., Zhang, X., Liggett, J., Min, K.-W., Gritsanapan, W., Baek, S.J., 2013. Hemostatic and Wound Healing Properties of *Chromolaena odorata* Leaf Extract. *Int. Sch. Res. Not.* 2013, e168269. <https://doi.org/10.1155/2013/168269>
12. PURNAMASARI, N., DZAKWAN, M., PRAMUKANTORO, G., MAULUDIN, R., Yaman, E., 2020. EVALUATION OF MYRICETIN NANOPHYTOSOME WITH THIN-SONICATION LAYER HYDRATION METHOD USING ETHANOL AND ACETONE SOLVENTS. *Int. J. Appl. Pharm.* 153–157. <https://doi.org/10.22159/ijap.2020v12i5.36520>
13. Rao, K., Chaudhury, P., Pradhan, A., 2009. Evaluation of anti-oxidant activities and total phenolic content of *Chromolaena odorata*. *Food Chem. Toxicol. Int. J. Publ. Br. Ind. Biol. Res. Assoc.* 48, 729–32. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.12.005>
14. Ratz-Lyko, A., Arct, J., Majewski, S., Pytkowska, K., 2015. Influence of polyphenols on the physiological processes in the skin. *Phytother. Res. PTR* 29, 509–517. <https://doi.org/10.1002/ptr.5289>
15. Rintelen, K. von, Arida, E., Häuser, C., 2017. A review of biodiversity-related issues and challenges in megadiverse Indonesia and other Southeast Asian countries. *Res Ideas Outcomes* 3, e20860. <https://doi.org/10.3897/rio.3.e20860>
16. Shriram, R.G., Moin, A., Alotaibi, H.F., Khafagy, E.-S., Al Saqr, A., Abu Lila, A.S., Charyulu, R.N., 2022. Phytosomes as a Plausible Nano-Delivery System for Enhanced Oral Bioavailability and Improved Hepatoprotective Activity of Silymarin. *Pharm. Basel Switz.* 15, 790. <https://doi.org/10.3390/ph15070790>

KEANEKARAGAMAN JENIS GASTROPODA PADA LAHAN SILVOFISHERY MANGROVE DESA EYAT MAYANG, KECAMATAN LEMBAR, KABUPATEN LOMBOK BARAT

Nurul Safira Wahida¹, Mahardika Rizki Himawan, Chandrika Eka Larasati, Wiwid
Andriyani Lestariningsih¹, Ibadur Rahman^{1*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: ibadur.rahman@unram.ac.id

ABSTRAK

Gastropoda merupakan hewan bertubuh lunak, umumnya memiliki cangkang hidup menempel pada akar dan batang mangrove serta pada permukaan sedimen. Gastropoda memiliki peran penting dalam struktur makanan yaitu dalam proses dekomposisi serasah dan mineralisasi materi organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman jenis gastropoda pada lahan *silvofishery* mangrove, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat. Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Juli 2023 di kawasan *silvofishery* Desa Eyat Mayang, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan yaitu metode observasi lapangan. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yaitu pada 4 stasiun dengan 4 (empat) kali pengulangan. Setiap stasiun pengambilan sampel memiliki kriteria yang berbeda-beda yaitu stasiun dengan kerapatan mangrove tinggi, sedang, rendah, dan stasiun yang tidak terdapat mangrove. Sampel gastropoda diambil dengan metode *hand picking*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 8 jenis gastropoda, yaitu *Cerithidea alata*, *Cerithidea cingulata*, *Cerithidea quadrata*, *Telescopium telescopium*, *Terebralia sulcata*, *Littoraria scabra*, *Littorina brevicula*, dan *Cerithium coralium*. Nilai indeks keanekaragaman termasuk dalam kategori rendah, indeks dominansi termasuk kategori tinggi dengan spesies *Cerithidea cingulata* yang mendominasi, dan nilai indeks keseragaman termasuk kategori rendah pada stasiun 1, 2, dan 4, sedangkan stasiun 3 termasuk kategori keseragaman sedang.

Keyword: gastropoda, keanekaragaman, mangrove, *silvofishery*, spesies

1. PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan vegetasi hutan yang tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut (Majid *et al.*, 2016). Menurut Anugrah *et al.* (2014) dalam Ely *et al.* (2021), keberadaan ekosistem mangrove yang berada di daerah muara sungai atau estuari menjadikan daerah ini sebagai tujuan akhir dari partikel-partikel organik ataupun endapan lumpur yang terbawa dari daerah hulu akibat adanya erosi. Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam jaring makanan ekosistem pesisir (Martuti, 2013). Ekosistem mangrove digunakan sebagai tempat pemijahan oleh berbagai biota perairan (*spawning ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), sebagian tempat berkembang biak dan daerah asuhan (*nursery ground*) bagi biota-biota perairan (Akbar *et al.*, 2015).

Silvofishery mangrove merupakan suatu pola agroferestri yang menggabungkan antara kegiatan budidaya dengan penanaman mangrove untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan (Paruntu *et al.*, 2016). Wibowo (2006) dalam Hastuti *et al.* (2016) menyebutkan bahwa integrasi tegakan mangrove di dalam kolam *silvofishery* diperkirakan dapat meningkatkan kualitas lingkungan hidup dan produktivitas primer. Dalam penelitiannya Marpaung *et al.* (2014) menyebutkan bahwa mangrove yang ditanam dengan sistem *silvofishery* memiliki kerapatan mangrove lebih tinggi dibandingkan mangrove alami, sehingga kandungan bahan organik yang terdapat pada

lahan *silvofishery* mangrove lebih tinggi. Tingginya kandungan bahan organik pada lahan *silvofishery* dapat menunjang kelangsungan hidup biota perairan yaitu sebagai tempat berlindung biota perairan yang terdapat pada area tambak (Paruntu *et al.*, 2016).

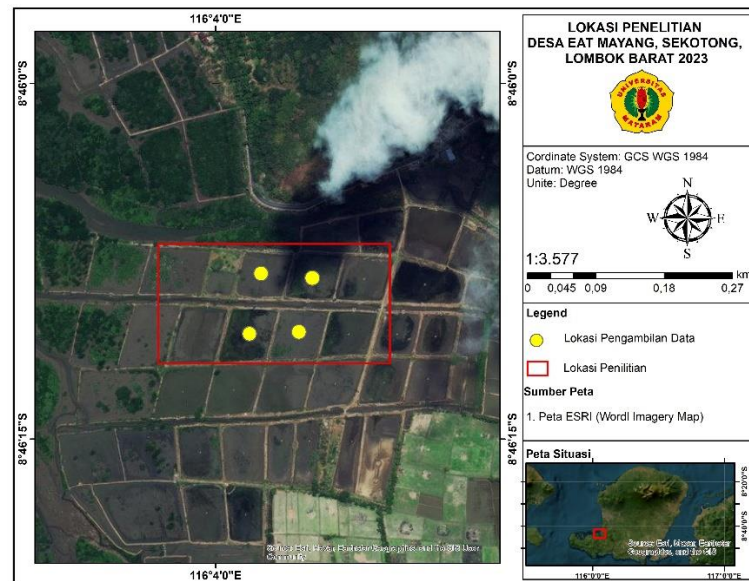
Ekosistem mangrove adalah area yang memiliki peran penting bagi biota perairan. Tingginya kandungan bahan organik menjadikan kawasan mangrove sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang berada di perairan sekitarnya (Latif, 2018 dalam Pratiwi *et al.*, 2021). Berbagai jenis biota perairan menjadikan hutan mangrove sebagai habitatnya, baik habitat sementara maupun habitat pokok (Ely *et al.*, 2021). Biota asosiasi yang umumnya dijumpai pada kawasan ekosistem mangrove yaitu monyet, musang, luwak, berang-berang, biawak, ular, buaya, burung, ikan, kepiting, udang, dan beragam jenis moluska seperti gastropoda dan bivalvia (Senoaji dan Hidayat, 2016 dalam Pratiwi *et al.*, 2021).

Gastropoda merupakan hewan bertubuh lunak, umumnya memiliki cangkang hidup menempel pada akar dan batang mangrove serta pada permukaan sedimen (Laraswati *et al.*, 2020). Menurut Silaen *et al.* (2013), gastropoda merupakan sumberdaya hayati yang memiliki keanekaragaman yang tinggi pada ekosistem mangrove. Gastropoda yang hidup pada hutan mangrove memiliki peran penting dalam struktur makanan yaitu dalam proses dekomposisi serasah dan mineralisasi materi organik yang kemudian akan dilanjutkan oleh mikroorganisme. Keanekaragaman jenis gastropoda pada suatu ekosistem mangrove dapat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik yang meliputi kondisi lingkungan (suhu, salinitas, pH), substrat, ketersediaan makanan (Mathius *et al.*, 2018), pemangsaan oleh predator dan kompetisi (Karim *et al.*, 2021). Kondisi perairan serta keseimbangan ekologi pada suatu ekosistem mangrove dapat digambarkan melalui keanekaragaman jenis gastropoda yang terdapat pada suatu ekosistem mangrove (Ernawati *et al.*, 2019).

Desa Eyat Mayang merupakan desa yang berada di Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat. Daerah pesisir di Kecamatan Lembar sebagian besar dijadikan sebagai lahan tambak, baik tambak udang, ikan dan sebagainya. Namun, dikarenakan banyaknya lahan tambak yang berhenti produksi, lahan tambak tersebut kemudian dialihfungsikan sebagai lahan *silvofishery* mangrove. Menurut penelitian Rahmasari *et al.* (2015), hutan mangrove sangat cocok bagi kehidupan gastropoda karena gerakan air pada area ini relatif minimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman jenis gastropoda pada lahan *silvofishery* mangrove Desa Eyat Mayang, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat.

2. METODE PENELITIAN

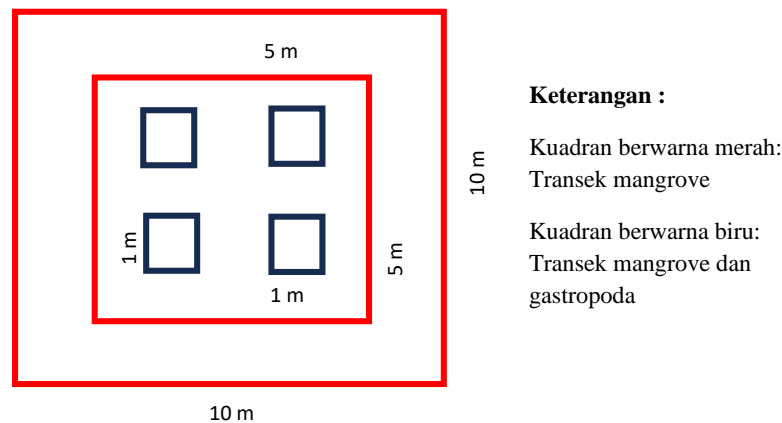
Penelitian dilakukan pada tanggal 20 Juni sampai 17 Juli 2023 di kawasan *silvofishery* mangrove Desa Eyat Mayang, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yaitu pada 4 (empat) stasiun dengan 4 (empat) kali pengulangan. Setiap stasiun pengambilan sampel memiliki kriteria yang berbeda-beda yaitu stasiun dengan kerapatan mangrove tinggi, sedang, rendah, dan stasiun yang tidak terdapat mangrove. Perbedaan kriteria stasiun dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman jenis gastropoda yang terdapat pada setiap stasiun.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan data mangrove dilakukan dengan teknik *purposive sampling*. Pada transek 10×10 m dilakukan pengambilan data pohon yaitu dengan melakukan identifikasi jenis, pengukuran diameter batang menggunakan standar DBH (*diameter breast high*). Pengambilan data anakan dilakukan pada transek 5×5 m yang meliputi identifikasi jenis, pengukuran diameter batang. Untuk data semai diambil pada transek 1×1 m, data yang diambil yaitu identifikasi jenis dan dihitung jumlah semai yang ada di dalam transek.

Pengambilan sampel gastropoda dilakukan dengan membuat transek berukuran 10×10 m terlebih dahulu, lalu membuat transek 5×5 m. Transek selanjutnya yang dibuat yaitu dengan ukuran 1×1 m sebanyak 4 (empat) pada setiap transek 5×5 m dengan menggunakan tali yang sudah diukur lebarnya dengan *roll* meter. Gastropoda yang diambil yaitu berukuran >2 mm (*makrofauna*). Sampel gastropoda diambil dengan metode *hand picking* (diambil secara langsung menggunakan tangan) yang terdapat di atas permukaan substrat perairan dan di dalam substrat sampai kedalaman 5 cm, lalu diayak menggunakan *sieve net* (*mesh size 2 mm*) untuk memisahkan sampel dari sedimen yang menempel. Hal ini sejalan dengan penelitian Setiyowati (2018), bahwa gastropoda yang diambil pada penelitian tersebut yaitu yang terdapat pada setiap plot kuadrat dan di dalam substrat sampai kedalaman 5 cm agar gastropoda yang membenamkan diri dapat dikumpulkan. Gastropoda yang didapat langsung dibersihkan dan disimpan kedalam plastik *ziplock* lalu disimpan dalam *freezer*. Setiap jenis yang ditemukan dicocokkan karakteristik morfologi dengan mengacu pada buku identifikasi (*The Living Marine Resources of The Western Central Pacific volume 1. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods*) dan *World Register of Marine Species* (WORMS).



Keterangan :

Kuadran berwarna merah:
Transek mangrove

Kuadran berwarna biru:
Transek mangrove dan
gastropoda

Gambar 2 Layout Pengambilan Sampel

Analisis Data

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis data yaitu:

1. Kerapatan Mangrove

Data kerapatan mangrove dapat dianalisis dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{N_i}{A} \times 1 \text{ ha}$$

Dimana :

K = Kerapatan spesies

N_i = Jumlah individu dari suatu spesies dalam plot

A = Luas total area plot pengambilan data (m²)

1 ha = 10000

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004, kategori kerapatan mangrove dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1 Kategori Kerapatan Mangrove

Kerapatan Mangrove	Kategori
≥ 1500	Sangat padat
≥ 1000 - < 1500	Sedang
<1000	Jarang

Sumber: Kepmen LH No. 201 (2004)

2. Indeks Keanekaragaman

Suatu indeks keanekaragaman jenis dapat diketahui dengan rumus Shanom-Wiener (Odum 1996 dalam Rosario *et al.*, 2019) sebagai berikut:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Dimana :

H' = Indeks keanekaragaman Shanom-Wiener

P_i = $\frac{n_i}{N}$

N_i = Jumlah individu suatu jenis

N = Jumlah individu seluruh jenis

Besarnya indeks keanekaragaman jenis menurut Shanom-Wiener didefinisikan sebagai berikut :

Tabel 2 Kategori Keanekaragaman

Nilai H'	Kategori
$0 < H' < 1$	Keanekaragaman rendah
$1 < H' < 3$	Keanekaragaman sedang
$H' > 3$	Keanekaragaman tinggi

Sumber: Odum (1996) dalam Rosario *et al.* (2019)

3. Indeks Dominansi Simpson

Indeks dominansi digunakan untuk menentukan dominasi suatu jenis satwa yang terpusat dalam komunitas digunakan rumus sebagai berikut (Odum 1996 dalam Rosario *et al.*, 2019)

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Dimana :

C = Indeks Dominansi

n_i = Jumlah individu

N = Jumlah individu seluruh jenis

Indikator menurut (Odum 1971 dalam Rosario *et al.*, 2019) :

Tabel 3 Kategori Dominansi

Nilai Indeks	Kategori
$C < 0,5$	Tidak terdapat jenis yang mendominasi jenis lainnya
$C > 0,8$	Terdapat jenis yang mendominasi jenis lainnya

Sumber: Odum (1971) dalam Rosario *et al.* (2019)

4. Indeks Keseragaman

Keseragaman dapat dikatakan sebagai keseimbangan yaitu komposisi individu tiap spesies yang terdapat dalam suatu komunitas. Rumus indeks keseragaman.

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Dimana :

E = Indeks Keseragaman

S = Jumlah Keseluruhan dari spesies

H' = Keanekaragaman maksimum

Menurut (Nugroho *et al.* 2012 dalam Yanti *et al.*, 2022), besarnya indeks keseragaman jenis berkisar antara 0-1 dengan kategori sebagai berikut :

Tabel 4 Kategori Keseragaman

Nilai Indeks	Kategori
$0 < E \leq 0,4$	Keseragaman populasi rendah
$0,4 < E \leq 0,6$	Keseragaman populasi sedang
$0,6 < E \leq 1,0$	Keseragaman populasi tinggi

Sumber: Nugroho *et al.* (2012) dalam Yanti *et al.* (2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan ekosistem mangrove pada lahan *silvofishery* Desa Eyat Mayang dengan rata-rata sebesar 3214 ind/ha, dimana stasiun 2 memiliki nilai kerapatan mangrove tertinggi (5450 ind/ha), sedangkan kerapatan mangrove terendah di stasiun 1 (867 ind/ha), dan untuk stasiun 4 tidak ditemukan adanya vegetasi mangrove. Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup N0. 201 (2004), ekosistem mangrove pada lahan *silvofishery* Desa Eyat Mayang ini termasuk ke dalam kategori padat (>1500 ind/ha). Hal ini sejalan dengan penelitian Marpaung *et al.* (2014), bahwa *silvofishery* mangrove memiliki kerapatan yang tinggi dikarenakan siklus airnya tertutup, dan jenis substrat lumpur sangat disukai oleh mangrove (Zakia *et al.*, 2022).

Tabel 5 Kerapatan Mangrove di Desa Eyat Mayang

Stasiun	Spesies	Kerapatan Mangrove		
		Pohon (ind/ha)	Anakan (ind/ha)	Semai (%)
1	<i>Avicenia marina</i>	1000	1800	-
	<i>Rhizophora apiculata</i>	800	100	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	800	100	1
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	5900	-	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	5000	-	-
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	500	200	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	1300	100	-
	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	200	-

Berdasarkan hasil sampling yang telah dilakukan, terdapat 8 spesies gastropoda yang ditemukan pada 4 stasiun. Adapun spesies gastropoda yang ditemukan yaitu *Cerithidea alata*, *Cerithidea cingulata*, *Cerithidea quadrata*, *Telescopium telescopium*, *Terebralia sulcata*, *Littoraria scabra*, *Littorina brevicula*, dan *Cerithium coralium*. Spesies yang ditemukan paling melimpah yaitu spesies *Cerithidea cingulata* yang terdapat pada semua stasiun dengan jumlah yang paling banyak. Menurut Silaen *et al.* (2013), *Cerithidea cingulata* pada umumnya ditemukan lebih melimpah pada permukaan tanah yang selalu tergenang oleh air. Diduga jenis ini lebih menyukai daerah mangrove terbuka dan daerah yang memiliki jenis substrat berlumpur. Dalam penelitian Marpaung *et al.* (2014) menyebutkan bahwa jenis sedimen pada *silvofishery* mangrove termasuk dalam kategori pasir halus dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan mangrove alami, hal ini dikarenakan kerapatan mangrove pada *silvofishery* mangrove lebih tinggi dan merupakan siklus air tertutup.

Tabel 6 Jenis Gastropoda

No	Spesies	Stasiun				Total Frekuensi
		I	II	III	IV	
1	<i>Cerithidea alata</i>	0	0	8	0	8
2	<i>Cerithidea cingulata</i>	210	66	106	298	680
3	<i>Cerithidea quadrata</i>	0	0	2	0	2
4	<i>Telescopium telescopium</i>	3	3	0	0	6
5	<i>Terebralia sulcata</i>	1	0	0	3	4
6	<i>Littoraria scabra</i>	0	0	4	0	4
7	<i>Littorina brevicula</i>	2	3	6	0	11
8	<i>Cerithium coralium</i>	1	0	0	30	31
Jumlah						746

Indeks Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman jenis merupakan jumlah jenis diantara jumlah total individu dari seluruh jenis yang ada. Suatu komunitas dikatakan memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi apabila komunitas tersebut disusun oleh banyak jenis. Sebaliknya suatu komunitas dikatakan memiliki keragaman jenis rendah jika komunitas tersebut disusun hanya oleh sedikit jenis tertentu (Ernawati *et al.*, 2019). Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa keanekaragaman jenis gastropoda yang ada pada lahan *silvofishery* Desa Eyat Mayang tergolong rendah (Tabel 2). Tingkat keanekaragaman jenis gastropoda pada 4 (empat) stasiun tergolong rendah, karena nilai indeks keanekaragaman yang didapatkan berkisar antara 0,2 - 0,6. Menurut Nurrudin *et al.* (2015), rendahnya nilai indeks keanekaragaman jenis dapat menunjukkan bahwa interaksi antar jenis gastropoda yang terjadi juga rendah. Tinggi rendahnya keanekaragaman jenis dipengaruhi oleh jumlah jenis dan pemerataan jumlah individu dalam suatu komunitas (Odum 1993 dalam Nurrudin *et al.*, 2015).

Tabel 7 Indeks Keanekaragaman Jenis

No	Stasiun	Keanekaragaman (H')
1	ST.1	0,2
2	ST.2	0,3
3	ST.3	0,6
4	ST.4	0,4

Rendahnya tingkat keanekaragaman jenis gastropoda pada ke-4 (empat) stasiun ini, tidak dipengaruhi oleh faktor kualitas air. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air baik meliputi suhu, salinitas, dan pH menunjukkan angka yang normal bagi pertumbuhan dan perkembangan gastropoda. Setiap spesies gastropoda memiliki kebiasaan dan habitat yang berbeda-beda. Selain itu pada setiap stasiun juga memiliki tingkat kerapatan mangrove yang berbeda. Hal ini yang mungkin dapat menyebabkan rendahnya nilai indeks keanekaragaman jenis gastropoda pada lahan *silvofishery* Desa Eyat Mayang. Menurut Budi *et al.* (2013), indeks keanekaragaman yang tergolong rendah dapat dipengaruhi oleh faktor pembatas lingkungan yang mengakibatkan banyak spesies gastropoda yang tidak dapat beradaptasi dan mentolerir lingkungan perairan yang sudah banyak dipengaruhi oleh berbagai macam aktifitas manusia sehingga mengalami penurunan kualitas perairan. Berbagai macam aktifitas manusia di sekitar wilayah perairan tersebut adalah pertambakan penduduk, penangkapan ikan dan bivalvia oleh warga sekitar (Budi *et al.*, 2013).

Indeks Dominansi

Nilai indeks dominansi (D) gastropoda pada 4 (empat) stasiun penelitian di lahan *silvofishery* mangrove Desa Eyat Mayang berkisar antara 0,7 - 0,9 (Tabel 3). Hasil perhitungan indeks dominansi ini menunjukkan bahwa nilai indeks dominansi (C) > 0,8 yang berarti terdapat spesies yang mendominasi jenis lainnya. Spesies yang mendominasi yaitu spesies *Cerithidea cingulata*, spesies ini ditemukan disemua stasiun dan plot pengulangan. Menurut Nurrudin *et al.* (2015), nilai keanekaragaman jenis (H') bersifat kebalikan terhadap indeks dominansi, karena nilai H' yang tinggi menunjukkan nilai dominansi yang rendah, begitupun sebaliknya apabila nilai H' rendah maka nilai dominansinya tinggi.

Tabel 8 Indeks Dominansi

No	Stasiun	Dominansi (C)
1	ST.1	0,9
2	ST.2	0,8
3	ST.3	0,7
4	ST.4	0,8

Indeks Keseragaman Jenis

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, didapatkan nilai indeks keseragaman pada 4 (empat) stasiun berkisar antara 0,1 - 0,4. Stasiun 1 (satu), stasiun 2 (dua), dan stasiun 4 (empat) nilai indeks keseragamannya termasuk kategori keseragaman rendah, sedangkan stasiun 3 (tiga) termasuk kategori keseragaman sedang. Nilai indeks keseragaman ini dikategorikan rendah karena $0 < E \leq 0,4$. Menurut Nugroho *et al.* (2012) dalam Yanti *et al.* (2022), apabila indeks keseragaman mendekati 1 berarti keseragaman populasi tinggi dan organisme dalam keadaan seimbang, dan apabila dibawah 0,5 atau mendekati 0 berarti keseragaman organisme tidak seimbang. Nilai indeks keseragaman mendekati 1, maka ekosistem tersebut berada dalam kondisi yang relatif merata, yaitu jumlah individu untuk setiap spesies relatif sama.

Tabel 9 Indeks Keseragaman

No	Stasiun	Keseragaman (E)
1	ST.1	0,1
2	ST.2	0,3
3	ST.3	0,4
4	ST.4	0,3

Deskripsi Ciri-ciri Gastropoda

Berdasarkan hasil identifikasi jenis gastropoda yang telah dilakukan, berikut deskripsi masing-masing jenis gastropoda yang ditemukan di kawasan *silvofishery* mangrove Desa Eyat Mayang, Kecamatan Lembar :

1. *Cerithidea alata*

Cerithidea alata merupakan spesies gastropoda dari famili *Potamididae* yang ditemukan pada stasiun 3 (tiga). Menurut Nurrudin *et al.* (2015), jenis gastropoda ini ditemukan pada akar mangrove dan di permukaan substrat berlumpur. *Cerithidea alata* memiliki *apex* yang runcing, panjang cangkang sekitar 3-3,5 cm, warna cangkang coklat kekuningan. *Cerithidea alata* memiliki *aperture* agak sempit, miring oval dengan sudut runcing menyempit, *inner lip* berwarna putih mengkilap, dan *outer lip* berwarna kecoklatan (Jutting 1956 dalam Nurrudin *et al.*, 2015).

2. *Cerithidea cingulata*

Cerithidea cingulata merupakan spesies dari famili *Potamididae* yang ditemukan pada semua stasiun pengamatan. Spesies ini memiliki ciri-ciri ujung cangkang yang lancip, rata-rata memiliki panjang 2,5 - 3 cm (Prasetya *et al.*, 2022). Menurut Sofiyani *et al.* (2021), permukaan cangkang *Cerithidea cingulata* terasa kasar, dan spesies ini ditemukan sangat melimpah bergerombol di area tambak dengan substrat yang

berlumpur. Spesies ini hidup secara mengelompok dalam jumlah yang besar dan memiliki pola perkembangbiakan yang cepat.

3. *Cerithidea quadrata*

Cerithidea quadrata ditemukan pada pengulangan ke-2 (dua) stasiun 3 (tiga), warna cangkang yang dimiliki spesies ini dominan kecoklatan. *Cerithidea cingulata* memiliki cangkang tebal, padat dan meruncing, tingginya mengerucut, *body whorl* sedikit cembung. *Periostrakum* kecoklatan, *operculum* membulat, kepala dan sepasang tentakel menyempit di daerah *distal*, kaki depan membulat dan kaki belakang tumpul (Slamet *et al.*, 2021). Menurut Silaen *et al.* (2013), *Cerithidea quadrata* biasanya ditemukan menempel pada pohon mangrove yaitu pada batang, akar dan sebagian terdapat pada substrat kering lainnya. Sifat dari *Cerithidea quadrata* yang suka menempel pada pohon mangrove diduga bertujuan untuk menghindari dari pasang tertinggi air laut

4. *Telescopium telescopium*

Telescopium telescopium relatif besar dibandingkan dengan moluska lain dalam keluarga *Potamididae*, memiliki cangkang yang berkisar 8-13 cm ketika dewasa. Cangkangnya tebal dan berat dibandingkan dengan siput itu sendiri (Auliatuzahra *et al.*, 2022). Spesies ini memiliki warna cangkang kehitaman dengan *apex* yang agak meruncing dan lekuk *sifon* yang agak lebar. Permukaan cangkang spesies ini kasar dan beralur secara vertikal (Slamet *et al.*, 2021). *Telescopium telescopium* menyukai habitat yang halus yang mengandung berbagai bahan organik yang menjadi sumber makanannya (Efendi *et al.*, 2014).

5. *Terebralia sulcata*

Terebralia sulcata merupakan salah satu spesies gastropoda famili *Potamididae*. Spesies ini mempunyai karakteristik cangkang yang tebal, padat, runcing, kerucut, dan pinggiran cangkang bergaris. Warna cangkang bagian luar coklat kehitaman. Menurut Purba (2015), *Terebralia sulcata* cangkang berbentuk kerucut, ciri lainnya hampir sama dengan *Terebralia palustris* tetapi *Terebralia sulcata* mempunyai ukuran cangkang lebih kecil. Kedua jenis hewan ini hidup di dasar pantai berlumpur bersama dengan *Telescopium telescopium*. *Terebralia sulcata* memiliki sebaran yang luas di sekitar mangrove karena dapat mentolerir perubahan (Bilaleya *et al.*, 2023).

6. *Littoraria scabra*

Littoraria scabra merupakan spesies gastropoda dari famili *Littorinidae* yang memiliki *apex* runcing. Menurut Nurrudin *et al.* (2015), *Littoraria scabra* memiliki *apex* yang runcing, ukuran cangkang berkisar 1,3-1,5 cm, dan *aperture* berbentuk lingkaran. *Aperture* pada *Littoraria scabra* berwarna kuning pucat, *outer lip* tipis berwarna perpaduan kuning dan hitam, dan *inner lip* berwarna putih pucat (Poutiers, 1998 dalam Nurrudin *et al.*, 2015). Menurut Tapilatu (2012) dalam Prasetia *et al.* (2022), anggota famili *Littorinidae* merupakan gastropoda yang ditemukan berasosiasi pada vegetasi mangrove dengan melekat pada daun.

7. *Littorina brevicula*

Littorina brevicula merupakan spesies gastropoda dari famili *Littorinidae* yang ditemukan pada stasiun 1 (satu) dan stasiun 2 (dua). Spesies ini memiliki cangkang yang kecil dan kokoh dengan bentuk *apex* meruncing. Warna cangkangnya kuning kecoklatan,

hijau dengan bercak coklat tua atau hitam. Bagian *inner lip* berwarna ungu dan panjang cangkang sekitar 18 mm.

8. *Cerithium coralium*

Cerithium coralium adalah salah satu spesies gastropoda dari famili *Cerithiidae* dan ditemukan pada stasiun 1 (satu) dan 4 (empat). Menurut Kiener (1841) dalam FAO (1998), *Cerithium coralium* memiliki cangkang agak kecil dengan puncak menara berbentuk lingkaran lurus. *Outer lip* menebal dan agak menonjol ke samping, pinggirannya sedikit berkerut, dengan dentikel memanjang di dalamnya. *Columella* agak cekung, sempit dan tebal, dengan tonjolan seperti gigi di ujung *posterior* tetapi tanpa lipatan miring median. *Anterior siphonal canal* pendek, lebar dan hanya sedikit melengkung. Warna cangkang bervariasi yaitu ungu coklat sampai hitam atau keputihan, dan dengan butiran gelap. *Cerithium coralium* biasa ditemukan pada dataran lumpur pasang surut di kawasan muara dan bakau, umumnya berasosiasi dengan *Cerithidea cingulata*.



Cerithidea alata



Cerithidea cingulata



Cerithidea quadrata



Telescopium telescopium



Terebralia sulcata



Littoraria scabra



Littorina brevicula



Cerithium coralium

Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas perairan dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kehidupan gastropoda. Berdasarkan hasil pengukuran suhu air dan tanah pada setiap stasiun berkisar antara 27°C - 34°C, hal ini masih dapat dikatakan kisaran normal bagi kehidupan gastropoda. Perbedaan suhu tersebut dipengaruhi oleh jumlah vegetasi mangrove pada setiap stasiun dan waktu pengambilan data yaitu pagi-siang hari. pH air pada data tersebut berkisar 6,73 - 7,36 dan pH tanah 6 - 7. Gasper (1990) dalam Nento *et al.* (2013), gastropoda membutuhkan pH air antara 6,5 - 8,5 dan pH tanah antara 6 - 8,5 untuk kelangsungan hidup dan reproduksi. Hasil pengukuran salinitas diperoleh kisaran antara 20 - 25 ppm dan masih termasuk ke dalam batas normal bagi kehidupan gastropoda. Menurut Astuti (1990) dalam Abdillah *et al.* (2019), salinitas akan berpengaruh langsung pada populasi gastropoda karena setiap gastropoda mempunyai batas toleransi yang berbeda terhadap tingkat salinitas yang tergantung pada kemampuan gastropoda dalam menyesuaikan diri.

Tabel 10 Parameter Kualitas Air

Stasiun	Suhu Air	Ph Air	Suhu Tanah	Ph Tanah	Salinitas
ST.1	29°C	7,13	28°C	7	22
ST.2	29°C	6,73	27°C	7	25
ST.3	32°C	7,3	33°C	6	20
ST.4	34°C	7,36	32°C	7	25

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa terdapat 8 spesies gastropoda yang ditemukan pada lahan *silvofishery* mangrove Desa Eyat Mayang, Kecamatan lembar, diantaranya *Cerithidea alata*, *Cerithidea cingulata*, *Cerithidea quadrata*, *Telescopium*

telescopium, *Terebralia sulcata*, *Littoraria scabra*, *Littorina brevicula*, dan *Cerithium coralium*. Nilai indeks keanekaragaman gastropoda pada 4 (empat) stasiun penelitian termasuk kategori rendah (0,2 - 0,6). Indeks dominansi setiap stasiun termasuk ke dalam kategori tinggi yaitu berkisar antara 0,72 - 0,94 dan didominasi oleh spesies *Cerithidea cingulata*. Nilai Indeks keseragamannya termasuk kategori keseragaman rendah, sedangkan stasiun 3 (tiga) termasuk kategori keseragaman sedang

5. DAFTAR REFERENSI

- Abdillah, B., Karnan, K., & Santoso, D. (2019). Struktur Komunitas Mollusca (Gastropoda dan Bivalvia) Pada Daerah Intertidal di perairan pesisir Poton Bako Lombok Timur Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(3), 208-216.
- Akbar, N., Baksir, A., & Tahir, I. (2015). Struktur komunitas ekosistem mangrove di kawasan pesisir Sidangoli Kabupaten Halmahera Barat, Maluku Utara. *Depik*, 4 (3), 132-143.
- Auliatusahra, E., Asih, E., Andriani, D.R., & Ningrum, S.A. (2022). Inventarisasi Filum *Molusca* Pada Ekosistem Mangrove di Perairan Pantai Tirang Desa Tambakrejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Dalam Seminar Nasional Sains & Kewirausahaan*, 1(1), 9-14.
- Bilaleya, I., Lalita, J., Mantiri, R.O., Kepel, R.C., Lumingas, L.J., & Lohoo, A.V. (2023). Komunitas Gastropoda Pola Sebaran Vertikal *Littoraria scabra* (Linnaeus, 1758) Pada Ekosistem Mangrove Kabupaten Tombariri Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 11 (1), 154-163.
- Budi, D. A., Suryono, C. A., & Ario, R. (2013). Studi Kelimpahan Gastropoda di Bagian Timur Perairan Semarang Periode Maret-April 2012. *Journal of Marine Research*, 2(4), 56-65.
- Carpenter, K.E., Niem, V.H. (1998). *The Living Marine Resources of The Western Central Pacific volume 1. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods*. Rome: FAO of The United Nation.
- Efendi, Y., Ramses, R., & Waraney, A. (2014). Kelimpahan Populasi dan Perbedaan Morfometri *Telescopium Telescopium* Pada Habitat Mangrove di Sungai Bongkok Kampung Bagan Tanjung Piayu dan di sekitar TPA Punggur Kota Batam. *SIMBIOSA*, 3 (1), 18-24.
- Ely, A. J., Tuhumena, L., Sopaheluwakan, J., & Pattinaja, Y. (2021). Strategi Pengelolaan Ekosistem Hutan Mangrove di Negeri Amahai. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 17(1), 57-67.
- Ernawati, L., Anwari, M. S., & Dirhamsyah, M. (2019). Keanekaragaman Jenis Gastropoda pada Ekosistem Hutan Mangrove Desa Sebusub Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari*, 7(2), 923-934.
- Hastuti, ED, & Budihastuti, R. (2016). Potensi bibit mangrove untuk dimanfaatkan dalam pemeliharaan kualitas lingkungan di tambak silvofishery. *BIOTROPIA-Jurnal Biologi Tropis Asia Tenggara*, 23 (1), 58-63.
- Hawan, F. K., Bullu, N. I., & Ballo, A. (2020). Identifikasi Jenis Gastropoda Pada Zona Intertidal Pantai Deri dan Pantai Watotena Kecamatan Ile Boleng Kabupaten Flores Timur. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 22(1), 15-25.
- Karim, W. A., Anggo, S., & Soden, H. J. (2021). Keanekaragaman Jenis Gastropoda di Hutan Mangrove Desa Ranga-Ranga Kecamatan Masama Kabupaten Banggai. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 445-454.

- Kusumaningsari, S. D., & Hendrarto, B. (2015). Kelimpahan Hewan Makrobentos Pada Dua Umur Tanam *Rhizophora* sp. di Kelurahan Mangunharjo, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(2), 58-64.
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., & Setyati, W. A. (2020). Komposisi dan Kelimpahan Gastropoda Pada Ekosistem Mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(1), 41-48.
- Majid, I., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., & Syamsuri, I. (2016). Konservasi hutan mangrove di pesisir pantai Kota Ternate terintegrasi dengan kurikulum sekolah. *Jurnal bioedukasi*, 4(2), 488-496.
- Marpaung, A. A. F., Yasir, I., & Ukkas, M. (2014). The Diversity of Macrozoobenthos in The Ecosystem of Silvofishery Mangrove and Natural Mangrove in the Boe Coast Ecotourism Area, Takalar District, South Sulawesi. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 4(1), 1-11.
- Martuti, N. K. T. (2013). Keanekaragaman Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 36(2), 123-130.
- Mathius, R. S., Lantang, B., & Maturbongs, M. R. (2018). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Keberadaan Gastropoda Pada Ekosistem Mangrove Di Dermaga Lantamal Kelurahan Karang Indah Distrik Merauke Kabupaten Merauke. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 1(2), 33-48.
- Mawardi, A. L., Sarjani, T. M., Khalil, M., & Atmaja, T. H. W. (2022). *Potensi Wilayah Pesisir Mangrove sebagai Bioakumulator Limbah Logam*. Langsa: CV. Eureka Media Aksar.
- Nento, R., Sahami, F., & Nursinar, S. (2013). Kelimpahan, Keanekaragaman dan Kemerataan Gastropoda di Ekosistem Mangrove Pulau Dudepo, Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *The NIke Journal*, 1(1), 41-47.
- Nurrudin, N., Hamidah, A., & Kartika, W.D. (2015). Keanekaragaman Jenis Gastropoda di Sekitar Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Parit 7 Desa Tungkal I Tanjung Jabung Barat (Keanekaragaman Jenis Gastropoda di Sekitar Tempat Pelelangan Ikan Parit, Desa Tungkal I, Tanjung Jabung Barat). *Biospecies*, 8 (2), 51-60.
- Paruntu, C. P., Windarto, A. B., & Mamesah, M. (2016). Mangrove dan Pengembangan Silvofishery di Wilayah Pesisir Desa Arakan Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan Sebagai Iptek Bagi Masyarakat. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 3(2), 1-25.
- Prabandini, F. A., Rudiyaniti, S., & Taufani, W. T. (2021). Analisis Kelimpahan dan Keanekaragaman Gastropoda Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Rawa Pening. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 20(1), 93-101.
- Prasetya, A. A., Sukma, R. N., Suwarsih, S., & Joesidawati, M. I. (2022). Keanekaragaman dan Keterkaitan Moluska Pada Ekosistem Mangrove di Kecamatan Palang Kabupaten Tuban. *MANFISH JOURNAL*, 3(1), 92-103.
- Pratiwi, Y. S., Febrianto, T., Anggraeni, R., Karlina, I., Suhana, M. P., & Nugraha, A. H. (2021). Asosiasi Kerang Lokan (*Geloina erosa*) Pada Ekosistem Mangrove di Tanjung Unggat Kecamatan Bukit Bestari Kota Tanjungpinang. *Jurnal Enggano*, 6(1), 11-24.
- Purba, H. E. (2015). Distribusi dan Keanekaragaman Makrozoobentos Pada Lahan Pengembangan Konservasi Mangrove di Desa Timbul Sloko Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(4), 57-65.
- Purnama, M. F., & Salwiyah, S. (2022). *Community Structure of Freshwater Gastropods in North Kolaka Regency Southeast Sulawesi*. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(1), 97-108.

- Purnama, M., & Salwiyah, S. (2022). Diversitas Gastropoda Perairan Tawar Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(3), 365-377.
- Rahmasari, T., Purnomo, T., & Ambarwati, R. (2015). Keanekaragaman dan Kelimpahan Gastropoda di Pantai Selatan Kabupaten Pamekasan, Madura. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 7(1), 48-54.
- Republik Indonesia. 2004. *Keputusan Kantor Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2004, No. 201*. Sekretariat Negara: Jakarta.
- Rosario, E. L., Anwari, M. S., Rifanjani, S., & Darwati, H. (2019). Keanekaragaman Jenis Gastropoda di Hutan Mangrove Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal hutan lestari*, 7(2), 645-654.
- Setiyowati, D. (2018). Kelimpahan dan Pola Sebaran Gastropoda di Pantai Blebak Jepara. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 5(1), 8-13.
- Silaen, I. F., Hendrarto, B., & Nitisupardjo, M. (2013). Distribusi dan Kelimpahan Gastropoda Pada Hutan Mangrove Teluk Awur Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 2(3), 93-103.
- Slamet, R., Purnama, D., & Negara, B. F. S. (2021). Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Gastropoda di Pantai Teluk Sepang Kota Bengkulu. *Jurnal Perikanan Unram*, 11(1), 26-34.
- Sofiyani, R.G., Muskananfola, M.R., & Sulardiono, B. (2021). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan. *Ilmu Hayati*, 10 (2), 150161-150161.
- Tyas, M. W., & Widiyanto, J. (2015). Identifikasi Gastropoda di Sub Das Anak Sungai Gandong Desa Kerik Takeran. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 2(2), 52-57.
- Yanti, M., Susiana, S., & Kurniawan, D. (2022). Struktur Komunitas Gastropoda dan Bivalvia di Ekosistem Mangrove Perairan Desa Pangkil Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 5(2), 102-110.
- Zakia, R., & Lestari, F. (2022). Karakteristik Ekologi Ekosistem Mangrove di Perairan Estuari Sei Carang Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau. *Jurnal Akuatiklestari*, 6(1), 62-68.