



**LMPUR**  
Inspiring & Empowering



**Kampus  
Merdeka**  
INDONESIA JAYA

# PROSIDING **SENDIKA** 2024

**VOL. 10 , NO. 1, 2024: BIDANG MATEMATIKA**

"Peran Matematika dan Pembelajarannya pada  
Era *Smart Society*"

**DISELENGGARAKAN OLEH:  
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOREJO**

**SABTU, 8 JUNI 2024**

# PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG KERETA API DI STASIUN YOGYAKARTA MENGGUNAKAN REGRESI LINEAR SEDERHANA

Agnes Dwi Risaningsih<sup>1)</sup>, Stephani Tasya Anggita Desya Christi<sup>2)</sup>, Antonius Yudhi Anggoro<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [agnesrisaa@gmail.com](mailto:agnesrisaa@gmail.com)

<sup>2</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [tasyaa3102@gmail.com](mailto:tasyaa3102@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [yudhianggoro@usd.ac.id](mailto:yudhianggoro@usd.ac.id)

## Abstract

Jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta selama dua tahun pada setiap bulan mengalami kenaikan. Data historis tersebut digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang pada tahun berikutnya. Prediksi jumlah penumpang yang akurat sangat penting bagi operator kereta api demi kenyamanan penumpang. Tujuan membuat prediksi adalah untuk mengetahui model regresi linear sederhana serta mengetahui tingkat keakuratan untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode regresi linear sederhana. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah periode bulan ke-1 sampai bulan ke-24. Sedangkan, yang menjadi variabel terikat adalah banyaknya penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta. Tingkat error yang diperoleh dari perhitungan yang telah dilakukan sebesar 0.16% dan tingkat akurasinya adalah 99.84%. Hasil prediksi untuk tahun 2024 adalah bulan Januari diperoleh 203.05 ribu orang, bulan Februari sebanyak 207.01 ribu orang, bulan Maret sebanyak 210.97 ribu orang, bulan April sebanyak 214.93 ribu orang, bulan Mei sebanyak 218.89 ribu orang, bulan Juni sebanyak 222.85 ribu orang, bulan Juli sebanyak 226.81 ribu orang, bulan Agustus sebanyak 230.77 ribu orang, bulan September sebanyak 234.73 ribu orang, bulan Oktober sebanyak 238.69 ribu orang, bulan November sebanyak 242.65 ribu orang, dan bulan Desember sebanyak 246.61 ribu orang.

**Keywords:** regresi linear sederhana, prediksi, penumpang kereta api, MAPE

## 1. PENDAHULUAN

Stasiun Yogyakarta atau stasiun Tugu merupakan gerbang utama bagi para wisatawan yang ingin mengunjungi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Stasiun Yogyakarta terletak di pusat kota Yogyakarta. Stasiun ini memiliki rute perjalanan kereta api ke stasiun yang ada di daerah Yogyakarta maupun di luar daerah Yogyakarta.

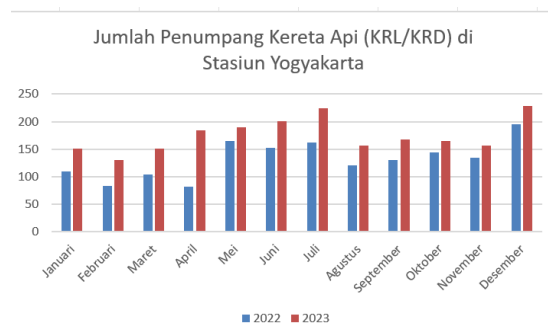


Figure 1. Grafik jumlah penumpang kereta api tahun 2022-2023

Data historis menunjukkan jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta pada tahun 2022-2023 mengalami peningkatan yang signifikan. Adanya peningkatan jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta membawa dampak positif. Dampak positif yang diperoleh dapat berupa peningkatan pendapatan stasiun, seperti penjualan tiket, toilet, dan ruang tunggu.

Memprediksi banyak penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta menjadi hal yang urgen dan penting. Dengan prediksi yang akurat dapat digunakan oleh operator kereta api untuk menyusun jadwal, kebutuhan kereta, dan penempatan petugas sehingga memberikan kenyamanan bagi penumpang. Dengan demikian, prediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta dijadikan kunci untuk memberikan operasional kereta api yang efektif, optimal, dan memberikan kenyamanan bagi penumpang.

Dengan demikian, prediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta

dijadikan kunci untuk memberikan operasional kereta api yang efektif, optimal, dan memberikan kenyamanan bagi penumpang. Hal ini berdampak positif bagi pertumbuhan ekonomi, kemajuan pariwisata, serta memberikan lapangan pekerjaan yang baru di Yogyakarta.

Menurut Adiguno, dkk (2022), prediksi adalah suatu cara yang efisien untuk menilai suatu hal yang akan terjadi di masa depan dengan mempertimbangkan rentang waktu yang luas dari sebuah data, sehingga kesalahan (selisih dari suatu hal yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Metode yang digunakan dalam memprediksi adalah metode regresi linear. Terdapat dua jenis metode regresi linear, yaitu metode regresi linier sederhana dan berganda. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode regresi linear sederhana dengan melihat prediksi jumlah penumpang pada tahun berikutnya dan mendapatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sekecil mungkin sehingga hasil prediksi yang diperoleh memiliki keakuratan yang tinggi.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keefektifan metode regresi linear sederhana dalam berbagai kasus. Contohnya penelitian Almumtazah et al. (2021) menggunakan metode ini untuk memprediksi jumlah mahasiswa baru dengan tingkat akurasi yang tinggi, dengan nilai MAPE yang diperoleh prodi matematika sebesar 7,2%, prodi ilmu kelautan sebesar 8,76%, prodi biologi sebesar 5,84%, prodi sistem informasi sebesar 6,46%, prodi arsitektur sebesar 7,98%, dan prodi teknik lingkungan sebesar 7,52%. Selain itu, penelitian Bengga & Ishak (2018) juga menggunakan metode ini untuk memprediksi jumlah mahasiswa per semester dengan hasil yang memuaskan. Penelitian yang dilakukan oleh Mulyani et al. (2020) menerapkan metode regresi linier berganda, yang merupakan turunan dari regresi linear sederhana, untuk memperkirakan harga jual mobil bekas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dihasilkan dapat memprediksi harga mobil bekas dengan tingkat akurasi sebesar 2,65%.

Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode regresi linear dapat memprediksi dengan baik. Sehingga, penelitian ini menggunakan metode regresi linear sederhana diharapkan dapat

memberikan informasi yang bermanfaat untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Stasiun Yogyakarta pada tahun berikutnya. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan model regresi linear sederhana untuk memprediksi serta mengetahui keakuratan dari metode regresi linear sederhana dalam memprediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta.

## 2. KAJIAN LITERATUR

Beberapa kajian literatur yang digunakan dalam penelitian ini.

### A. Metode Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi adalah perhitungan statistik yang digunakan untuk menguji seberapa erat hubungan antar variabel (Almumtazah et al., 2021). Variabel yang dimaksud adalah simbol Y menunjukkan variabel terkait dan simbol X menunjukkan variabel bebas. Sedangkan analisis regresi linear sederhana merupakan analisis regresi yang paling sederhana, yaitu hanya memiliki satu variabel bebas.

Regresi linear merupakan salah satu perhitungan *time series* dengan menggunakan metode kuantitatif dengan waktu yang digunakan sebagai dasar prediksi. Persamaan dasar dari metode regresi linear sederhana, sebagai berikut.

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Keterangan:

$Y$  = Variabel terikat

$a$  = Intercept

$b$  = Koefisien variabel  $X$

$X$  = Variabel bebas

Dalam mencari *intercept* dan koefisien variabel dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \quad (2)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (3)$$

### B. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi. Metode ini dapat digunakan untuk menghitung selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi, seperti yang dijelaskan oleh Hudiyanti et al. (2019). Diperkuat oleh Maricar (2019) bahwa tingkat akurasi dalam metode ini berbanding terbalik dengan semakin kecilnya nilai MAPE. Berikut rumus untuk menghitung MAPE:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|Y - Y'|}{Y} \times 100\%}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

$Y$  = Data aktual  
 $Y'$  = data prediksi  
 $n$  = Jumlah data

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan jenis penelitian *forecasting*. *Forecasting* (peramalan) juga dapat disebut sebagai prediksi. Prediksi adalah meramalkan sesuatu yang akan terjadi di masa depan. Menurut Khotimah & Nindyasari (2017), *forecasting* dapat dilakukan dengan memperkirakan kemungkinan yang terjadi di masa depan dengan melihat keadaan dan menggunakan data di masa lampau. Hal ini sejalan dengan pendapat Nugroho (2016) bahwa prediksi merupakan proses peramalan mengenai suatu variabel atau kejadian di masa depan dengan menggunakan data historis. Dalam memprediksi tidak perlu memberikan prediksi yang pasti akan terjadi tetapi mencoba mencari prediksi hal yang mungkin akan terjadi. Untuk membuat prediksi, data yang sering digunakan adalah data kuantitatif.

Menurut Sugiyono (2009), pada dasarnya, variabel penelitian merupakan suatu hal yang telah ditetapkan untuk dipelajari dan memperoleh informasi, dan mendapatkan kesimpulan. Untuk memperjelas, simbol  $X$  ditunjukkan sebagai variabel bebas dan simbol  $Y$  ditunjukkan sebagai variabel terikat.

#### 1. Variabel bebas

Variabel yang mempengaruhi variabel terikat disebut variabel bebas. Pada penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah periode bulan ke-1 sampai bulan ke-24.

#### 2. Variabel terikat

Variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas disebut sebagai variabel terikat. Pada penelitian yang dilakukan, variabel terikat adalah banyaknya penumpang kereta api.

Data yang digunakan dalam adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Yogyakarta 2 tahun terakhir yaitu tahun 2022 hingga tahun 2023 tersedia di Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sehingga peneliti dapat menggunakan data tersebut.

*Table 1. Data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Yogyakarta (ribu orang)*

Bulan ke-	2022	2023
1	110.13	150.31

2	82.57	130.39
3	104.06	150.64
4	81.74	183.51
5	164.12	189.25
6	152.24	201.3
7	162.02	224.46
8	120.59	155.98
9	130.33	167.28
10	144.43	164.1
11	134.11	157.15
12	194.85	228.64

Data yang sudah diperoleh, selanjutnya akan dilakukan analisis data dimana langkah-langkah sebagai berikut.

#### 1. Mengidentifikasi masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang dikaji didasari oleh keadaan saat ini. Dalam penelitian ini akan digunakan untuk memprediksi jumlahnya penumpang kereta api pada periode waktu tertentu yaitu tahun 2024.

#### 2. Merumuskan masalah

Dalam tahap ini, data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Yogyakarta pada tahun 2022-2023 dihitung dan dianalisis.

#### 3. Menerapkan tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memahami model regresi linear sederhana yang digunakan untuk mengidentifikasi perkiraan jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta menggunakan regresi linear sederhana. Kemudian, untuk mengetahui keakuratan dari metode regresi linear sederhana.

#### 4. Analisis data

Pada tahap ini menggunakan metode regresi linear sederhana. Tahapan dari metode regresi linear sederhana adalah:

- Menentukan variabel bebas dan terikat.
- Mencari *intercept* dan koefisien variabel  $X$ .
- Membuat model persamaan regresi linear sederhana.
- Mencari nilai *error*.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam membentuk model regresi linear dilakukan dengan cara:

- Mencari variabel bebas dan variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah periode bulan ke-1 sampai bulan ke-24. Serta, variabel terikat adalah banyaknya penumpang kereta api.
- Menghitung prediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta.

- a. Menghitung  $x^2$  dan  $xy$  menggunakan Tabel 1.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan  $x^2$  dan  $xy$

$x$	$x^2$	$xy$
1	1	110,13
2	4	165,14
3	9	312,18
4	16	326,96
5	25	820,6
6	36	913,44
7	49	1134,14
8	64	964,72
9	81	1172,97
10	100	1444,3
11	121	1475,21
12	144	2338,2
13	169	1954,03
14	196	1825,46
15	225	2259,6
16	256	2936,16
17	289	3217,25
18	324	3623,4
19	361	4264,74
20	400	3119,6
21	441	3512,88
22	484	3610,2
23	529	3614,45
24	576	5487,36

- b. Menghitung nilai  $a$  dan  $b$ .

$$b = \frac{24(50603.12) - (300)(3684.2)}{24(4900) - 300^2}$$

$$b = \frac{1214478,88 - 1105260}{117600 - 90000}$$

$$b = \frac{109214.9}{27000} = 3.95706087$$

$$a = \frac{3684.2 - 3.95706087(300)}{24}$$

$$a = \frac{3684.2 - 1187.118261}{24}$$

$$a = \frac{2497.081739}{24} = 104.0450725$$

- c. Model persamaan regresi linear sederhana.

$$Y = 104.05 + 3.96x$$

- d. Prediksi dari persamaan regresi linear sederhana.

Dalam menghitung nilai MAPE dibutuhkan data prediksi dari tahun 2022 dan 2023. Menghitung prediksi menggunakan model persamaan linear sederhana yang sudah diperoleh dan menggunakan data pada tabel 1.

**Tabel 3.** Perhitungan data prediksi ( $Y'$ )

$x$	$Y'$
1	108,01
2	111,97

3	115,93
4	119,89
5	123,85
6	127,81
7	131,77
8	135,73
9	139,69
10	143,65
11	147,61
12	151,57
13	155,53
14	159,49
15	163,45
16	167,41
17	171,37
18	175,33
19	179,29
20	183,25
21	187,21
22	191,17
23	195,13
24	199,09

Berdasarkan tabel di atas, data prediksi banyak penumpang kereta api di Stasiun Yogyakarta dari tahun 2022 dan 2023 semakin meningkat.

- e. Menghitung selisih

Menghitung nilai MAPE menggunakan selisih dari data tahun 2022 - 2023 dan menggunakan data prediksi yang diperoleh dari model persamaan regresi linear sederhana yang sudah diperoleh pada tabel 3.

**Tabel 4.** Perhitungan selisih

$x$	$(Y - Y')$
1	2,12
2	-29,4
3	-11,87
4	-38,15
5	40,27
6	24,43
7	30,25
8	-15,14
9	-9,36
10	0,78
11	-13,5
12	43,28
13	-5,22
14	-29,1
15	-12,81
16	16,1
17	17,88
18	25,97
19	45,17
20	-27,27
21	-19,93
22	-27,07
23	-37,98
24	29,55

- f. Menghitung tingkat *error* MAPE

**Tabel 5.** Perhitungan nilai *error* MAPE

Jumlah data (n)	Error MAPE ( $\frac{ Y-Y' }{Y}$ )
1	0,02
2	0,36
3	0,11
4	0,47
5	0,25
6	0,16
7	0,19
8	0,13
9	0,07
10	0,01
11	0,10
12	0,22
13	0,03
14	0,22
15	0,09
16	0,09
17	0,09
18	0,13
19	0,20
20	0,17
21	0,12
22	0,16
23	0,24
24	0,13
$\sum \frac{ Y - Y' }{Y} = 3.76$	

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|Y - Y'|}{Y} \times 100\%}{n}$$

$$MAPE = \frac{3.76 \times 100\%}{24} = 0.16\%$$

Berdasarkan hasil pengujian tingkat *error* prediksi jumlah penumpang kereta api adalah 0.16% atau tingkat akurasi adalah 99.84%.

- g. Hasil prediksi banyaknya penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta. Hasil MAPE yang diperoleh menunjukkan tingkat akurasi 99.84%. Maka, model regresi linear sederhana yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di stasiun Yogyakarta.

**Tabel 6.** Hasil prediksi banyaknya penumpang kereta api tahun 2024 (ribu orang).

Bulan	Persamaan prediksi	Prediksi
Januari	$Y = 104.05 + 3.96(25)$	203.05
Februari	$Y = 104.05 + 3.96(26)$	207.01
Maret	$Y = 104.05 + 3.96(27)$	210.97
April	$Y = 104.05 + 3.96(28)$	214.93
Mei	$Y = 104.05 + 3.96(29)$	218.89
Juni	$Y = 104.05 + 3.96(30)$	222.85
Juli	$Y = 104.05 + 3.96(31)$	226.81

Agustus	$Y = 104.05 + 3.96(32)$	230.77
September	$Y = 104.05 + 3.96(33)$	234.73
Oktober	$Y = 104.05 + 3.96(34)$	238.69
November	$Y = 104.05 + 3.96(35)$	242.65
Desember	$Y = 104.05 + 3.96(36)$	246.61

Prediksi jumlah penumpang pada tahun 2024 dimulai dari  $x = 25$ , karena menggunakan data 2022-2023. Diperoleh data prediksi seperti tabel di atas.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah dalam memprediksi jumlah penumpang kereta api tahun berikutnya dapat menggunakan data dua tahun sebelumnya, yaitu 2022 dan 2023 menggunakan model regresi linear sederhana. Model persamaan regresi linear sederhana yang diperoleh adalah  $Y = 104.05 + 3.96x$ . Regresi linear sederhana dapat digunakan untuk melihat keakuratannya menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Tingkat error prediksi jumlah penumpang kereta api stasiun Yogyakarta sebesar 0.16% dan tingkat akurasi adalah 99.84%. Maka, model regresi linear sederhana yang diperoleh digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang di tahun berikutnya.

Model persamaan regresi digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang di stasiun Yogyakarta pada tahun 2024. Bulan Januari diperoleh 203.05 ribu orang, bulan Februari sebanyak 207.01 ribu orang, bulan Maret sebanyak 210.97 ribu orang, bulan April sebanyak 214.93 ribu orang, bulan Mei sebanyak 218.89 ribu orang, bulan Juni sebanyak 222.85 ribu orang, bulan Juli sebanyak 226.81 ribu orang, bulan Agustus sebanyak 230.77 ribu orang, bulan September sebanyak 234.73 ribu orang, bulan Oktober sebanyak 238.69 ribu orang, bulan November sebanyak 242.65 ribu orang, dan bulan Desember sebanyak 246.61 ribu orang.

## 6. REFERENSI

- Adiguno, S., Syahra, Y., & Yetri, M. (2022). Prediksi Peningkatan Omset Penjualan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *Jurnal Sistem Informasi Tgd, 1*.
- Almumtazah, N., Azizah, N., Putri, Y. L., & Novitasari, D. C. R. (2021). Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana. *Jurnal Ilmiah Matematika*

- Dan Terapan*, 18(1), 31–40.  
<https://doi.org/10.22487/2540766X.2021.v18.i1.15465>
- Bengnga, A., & Ishak, R. (2018). Prediksi Jumlah Mahasiswa Registrasi Per Semester Menggunakan Linier Regresi Pada Universitas Ichsan Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(2), 136–143.  
<https://doi.org/10.33096/ilkom.v10i2.274.136-143>
- Hudiyanti, C. V., Bachtiar, F. A., & Setiawan, B. D. (2019). Perbandingan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara di Bandara Ngurah Rai. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Khotimah, T., & Nindyasari, R. (2017). Forecasting Dengan Metode Regresi Linier Pada Sistem Penunjang Keputusan Untuk Memprediksi Jumlah Penjualan Batik (Studi Kasus Kub Sarwo Endah Batik Tulis Lasem). *Jurnal Mantik Penusa*, 1(1).
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 13(2).
- Mulyani, E. D. S., Mulady, F., Ramadhan, D., Ariyantono, A., Ramdani, D., Wahyundana, R., & Gilang, M. (2020). Estimasi Harga Jual Mobil Bekas Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*, 9, 1–8.  
<https://doi.org/10.36774/jusiti.v9i1.649>
- Nugroho, K. (2016). Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Ilmiah INFOKAM*.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Bandung). Alfabeta.

# PREDIKSI PEMILIHAN PRODUK SUNSCREEN YANG BANYAK DIMINATI KONSUMEN MENGGUNAKAN RANTAI MARKOV

Ansella Nicesha Paskaningtyastuti<sup>1</sup>, Prita Adelia Maharani<sup>2</sup>, Antonius Yudhi Anggoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [niceshansella@gmail.com](mailto:niceshansella@gmail.com)

<sup>2</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [pritamaharani11@gmail.com](mailto:pritamaharani11@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [yudhianggoro@usd.ac.id](mailto:yudhianggoro@usd.ac.id)

## Abstrak

Maraknya teknik marketing yang dilakukan melalui gadget, dapat menjadi salah satu faktor terjadinya perpindahan pemilihan suatu produk. Salah satu perpindahan produk melalui teknik marketing adalah produk sunscreen. Sunscreen berguna untuk menjaga kulit wajah melalui penyerapan sinar ultraviolet yang akan diubah menjadi energi panas. Penelitian ini memprediksi peluang perpindahan penggunaan produk sunscreen pada beberapa mahasiswa. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan analisis Rantai Markov yang mana data yang didapatkan, dikumpulkan dengan menyebarkan kuesioner pada 107 mahasiswa/i Universitas Sanata Dharma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi penggunaan produk sunscreen di masa mendatang mengalami peningkatan dan penurunan pada beberapa produk sunscreen. Peningkatan penggunaan produk sunscreen terjadi pada merek Skinaqua : 13%, Skintific : 4%, dan merek Lainnya : 58%. Sedangkan penurunan penggunaan produk sunscreen terjadi pada merek Azarine : 12%, Emina : 6%, The Originote : 6%, dan Somethinc : 0%. Peluang steady state perpindahan penggunaan produk sunscreen meliputi Azarine : 6%, Emina : 0%, Skinaqua : 12%, The Originote 4%, Somethinc : 0%, Skintific : 6%, dan merek Lainnya 70%.

**Keywords:** perpindahan, sunscreen, Rantai Markov.

## 1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi informasi (TI) membawa banyak dampak bagi kehidupan manusia. Salah satu dampak yang timbul ialah manusia semakin mudah mengakses berbagai informasi. Menurut (Cholik, 2021), teknologi informasi menyediakan beragam informasi mengenai kehidupan pribadi seperti kesehatan, hobi, rohani, informasi mengenai profesi seperti sains, perdagangan hingga berita bisnis.

Dalam dunia bisnis, teknologi informasi yang ada sangat berguna untuk kegiatan perdagangan. Menurut (Utami, 2010) penerapan TI memberikan peluang pasar terbuka yang lebih luas. Produsen dengan mudah menawarkan produknya pada konsumen serta mencari pelanggan. Selain itu, pemanfaatan TI yang optimal dapat membawa keunggulan dalam bersaing dengan kompetitor. Namun di lain sisi, banyaknya produk yang ditawarkan melalui penggunaan TI, juga menyebabkan konsumen menerima informasi dari banyak jenis produk. Sehingga konsumen memiliki lebih banyak

pilihan produk yang akan mereka gunakan. Produk yang memiliki banyak pilihan saat ini, salah satu contohnya ialah produk *sunscreen*.

Dengan adanya banyak pilihan produk *sunscreen* yang ditawarkan, konsumen seringkali membandingkan kualitas suatu produk, sehingga membuat mereka berpindah dalam menggunakan produk tersebut. Hal ini sejalan dengan (Zainudin & Soestyo, 2014), yang berpendapat bahwa konsumen yang memiliki rasa ketidakpuasan akan memilah informasi produk lain. Akibat ketidakpuasan ini akan mendorong konsumen untuk mencari informasi mengenai produk merek lain dan berpeluang akan berhenti menggunakan produk tersebut. Perpindahan penggunaan produk tersebut juga mempengaruhi perubahan pangsa pasar. Pangsa pasar merupakan persentase penjualan yang dilakukan oleh suatu perusahaan untuk mempromosikan produknya sehingga tercapainya target penjualan sesuai waktu dan tempat yang telah ditetapkan (Nurjana et al., 2016). Menurut (Megaster, 2021) semakin tinggi pangsa pasar maka semakin tinggi



kekuatan perusahaan dalam persaingan industri perusahaan dan semakin tinggi pula profit perusahaan. Salah satu upaya untuk menghitung peluang pangsa pasar di waktu yang akan datang adalah dengan analisis rantai Markov (Markov Chain).

Salah satu upaya dalam menghitung peluang pangsa pasar di waktu yang akan datang adalah dengan menggunakan analisis rantai Markov (Markov Chain). Penggunaan rantai markov dalam memprediksi peluang perpindahan di waktu yang akan mendatang, sudah banyak digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Dua di antaranya yakni penelitian yang dilakukan oleh Nurjana (2016) dan Latifah (2021). Adapun penelitian yang dilakukan (Nurjana et al., 2016) yakni memprediksi peluang perpindahan pemilihan universitas di Indonesia berdasarkan minat yang dimiliki siswa kelas XII. Hasil penelitian yang diperoleh berupa persentase peluang perpindahan pemilihan universitas dari tahun 2016 hingga 2018. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Latifah & Astuti, 2021) yakni memprediksi peluang merek jasa pengiriman barang yang paling banyak digunakan di masa mendatang. Hasil penelitian diperoleh bahwa perpindahan merek berlaku signifikan karena mencapai peluang *steady state*, yang mana telah mencapai titik equilibrium pada periode ke-17. Hal ini sejalan dengan pendapat Permatasari et al. (2014), bahwa peluang perpindahan pemilihan suatu produk dapat dikatakan signifikan jika besar suatu peluang berada pada kondisi krisis ataupun tidak krisis dibandingkan pada periode pertama.

Melalui data yang sudah terkumpul akan digunakan untuk memprediksi perilaku konsumen terhadap pemilihan produk *sunscreen* menggunakan rantai Markov. Hasil prediksi dapat menentukan kesignifikan perpindahan penggunaan produk *sunscreen* melalui peluang *steady state*. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengembangan model rantai Markov dalam pemilihan produk *sunscreen* dan mengetahui peluang pemilihan produk *sunscreen* yang dipilih konsumen dalam jangka waktu 1 tahun.

## 2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Berikut ini kajian pustaka yang digunakan peneliti saat melakukan

penelitian dan analisis data.

### Rantai Markov (*Markov Chain*)

Rantai markov merupakan Teknik untuk menelaah informasi probabilistic guna membantu dalam pembuatan suatu keputusan di masa datang (Nurman et al., 2021). Apabila di waktu  $t$  proses stokastik  $\{X_t, t = 0, 1, \dots\}$  ada pada fase state  $i$ . Maka akan diperoleh peluang tetap  $P_{ij}$  yang sifatnya bebas pada waktu yang sesuai. Ini berlaku sebagai berikut:

$$P\{X_{t+1} = j \mid X_0 = i_0, \dots, X_{t-1} = i_{t-1}, X_t = i\} = p\{X_{t+1} = j \mid X_t = i\}$$

Keterangan:

$i$  = state ke-  $i$

$j$  = state ke-  $j$

$t$  = state ke-  $t$

$i_0, \dots, i_{t-1}, i, j$ , dan semua  $t \geq 0$

#### a. Peluang Transisi

Apabila rantai markov  $\{X_t, t = 0, 1, \dots\}$  dengan state  $\{0, 1, \dots, M\}$  maka peluang sistemnya pada state  $i$  ke state  $j$  dalam peninjauan terdahulu disimbolkan  $P$ . Sehingga matriks transisi pada rantai markov terdiri dari komponen dari matriks  $P$  yang nilainya positif dan jumlah antar komponennya pada satu baris harus bernilai 1 (Howard & Chris, 2005).

Adapun peluang transisi rantai markov dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} p_{0.0} & p_{0.1} & \dots \\ p_{1.0} & p_{1.1} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

Keterangan:

Sisi kiri = state awal

Sisi kanan = state akhir

#### b. Peluang Transisi $n$ -step

Peluang transisi  $n$ -step  $P_{i,j}^{(n)}$  merupakan peluang bersyarat yang mana sistemnya berubah dari state  $i$  menjadi state  $j$  setelah bertransisi (Hiller & Lieberman, 2008). Peluang transisi  $n$ -step dirumuskan di bawah ini:

$$P_{i,j}^{(n)} = \{X_n = j \mid X_0 = i, i, j \in \{0, 1, \dots\}\}$$

Untuk semua  $n = 1, 2, 3, \dots$  dengan  $P_{i,j}^{(1)} = P_{i,j}$ .

$P_{i,j}$  merupakan peluang yang menyatakan bahwa suatu proses yang awalnya berada di state  $i$  menjadi state  $j$  pada proses berikutnya. Oleh karena itu, nilai peluangnya berupa nilai positif dan proses yang berlaku harus

bertransisi antar *state*, sehingga berlaku:

- $p_{i,j} \geq 0$ , untuk setiap  $i, j \in \{0, 1, 2, \dots\}$ ,
- $\sum_{j=0}^{\infty} p_{i,j} = 1$ , untuk setiap  $i \in \{0, 1, 2, \dots\}$ .

### c. Persamaan Chapman Kolmogorov

Persamaan Chapman Kolmogorov adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan peluang transisi *n-step* (Ross, 2003). Persamaan Chapman Kolmogorov dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{i,j}^{(n)} = \sum_{k=0}^M P_{ik}^{(m)} P_{kj}^{(n-m)}$$

Keterangan:

$P_{i,j}$  = peluang *state*  $i$  ke *state*  $j$

$P_{ik}$  = peluang *state*  $i$  ke *state*  $k$

$P_{kj}$  = peluang *state*  $k$  ke *state*  $j$

$i, j$  =  $1, 2, \dots, M$

$m$  =  $1, 2, \dots, n - 1$

$n$  =  $m + 1, m + 2, m + 3, \dots$

### d. Peluang Steady State

Apabila *state* tersebut berulang, maka *state* tersebut dianggap berulang positif (*positive recurrent*). Proses *steady state* umumnya dikatakan sebagai proses *stasioner* atau proses kesetimbangan dalam teori rantai markov (Ross, 2003). Variabel yang terbentuk pada masa depan didasarkan pada pergerakan variabel di masa saat ini (Siswanto, 2007), sehingga peluang *steady state* dapat dirumuskan seperti di bawah ini:

$$K_{t(j)} = P \times K_{t(j-1)}$$

Keterangan:

$K_{t(j)}$  = peluang kejadian pada  $t(j)$

$P$  = probabilitas transisional

$t(j)$  = waktu ke-  $j$

## 3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang kami gunakan yakni matematika terapan. Hal ini dikarenakan penelitian matematika terapan bertujuan untuk memecahkan solusi suatu permasalahan tertentu, yang mana pada penelitian ini bertujuan untuk memecahkan solusi permasalahan yakni memprediksi perpindahan penggunaan produk *sunscreen* menggunakan analisis rantai Markov. Dalam mendapatkan data yang dibutuhkan, penulis melakukan penyebaran kuesioner secara online sebagai teknik pengumpulan data. Penyebaran kuesioner ini dilakukan pada tanggal 25 Maret 2024 hingga tanggal 22 April 2024. Adapun responden kuesioner penelitian kami yakni mahasiswa/i Universitas Sanata Dharma. Pertanyaan-pertanyaan yang kami bagikan

kepada responden melalui kuesioner, meliputi:

- Sudah berapa lama kamu menggunakan *sunscreen*?
- Produk *sunscreen* apa yang kamu gunakan pada tahun 2023?
- Produk *sunscreen* apa yang kamu gunakan saat ini?
- Apa alasan kamu menggunakan merek tersebut?

Sumber data yang penulis dapatkan merupakan data primer dari jawaban langsung responden melalui pengisian kuesioner yang dikumpulkan. Adapun populasi pada penelitian kami yakni pengguna produk *sunscreen* yang berjumlah 107 responden. Kemudian sampel yang kami ambil yakni pengguna *sunscreen* saat ini dengan berbagai merek. Data yang sudah diperoleh tersebut, selanjutnya akan dilakukan analisis data yang mana langkah-langkahnya sebagai berikut.

- Mengidentifikasi masalah  
Masalah yang dikaji dalam penelitian ini didasari oleh keadaan saat ini. Penulis ingin mengidentifikasi besarnya peluang pemilihan penggunaan produk *sunscreen* pada periode tertentu.
- Merumuskan masalah  
Pada tahap ini besarnya perpindahan penggunaan produk *sunscreen* dihitung dan dianalisis. Selanjutnya hasil dari perhitungan digunakan untuk memprediksi pangsa pasar selanjutnya.
- Tujuan  
Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menggali informasi tentang seberapa besar peluang perpindahan pemilihan produk *sunscreen*.
- Analisis data  
Teknik yang digunakan penulis adalah teknik analisis rantai markov. Menurut Aliyuwaningsih et al. (2018) menyatakan bahwa untuk memperoleh perhitungan peluang perpindahan pemilihan produk serta pangsa pasar yakni saat tercapainya kondisi *steady statenya*, sehingga dengan penggunaan *markov chain* dapat dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut:
  - Mendata jumlah pengguna produk tiap-tiap produk dari periode ke-0.
  - Menghitung peluang tiap merek pada setiap *state*.
  - Menyusun matriks probabilitas transisi.

1. Membuat matriks probabilitas transisi berukuran  $(n \times n)$ .
2. Memperkirakan kemungkinan pangsa pasar di waktu mendatang.
3. Mencari *steady state*.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Data Pemilihan Pengguna Produk

##### Sunscreen Periode 1

Melalui data kuesioner yang sudah terkumpul diperoleh hasil bahwa produk *sunscreen* yang dipakai oleh responden tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan produk sunscreen pada periode 1

No	Produk	Responden	Probabilitas	Presentase (%)
1	Azarine	42	0,392	39,2%
2	Emina	24	0,224	22,4%
3	Skinaqua	9	0,084	8,4%
4	The Originote	2	0,019	1,9%
5	Somethinc	2	0,019	1,9%
6	Skintific	2	0,019	1,9%
7	Lainnya	26	0,243	24,3%
Total		107	1	100%

##### Data Pemilihan Pengguna Produk Sunscreen Periode 2

Tabel 2. Penggunaan produk sunscreen pada periode 2.

No	Produk	Responden	Probabilitas	Presentase (%)
1	Azarine	27	0,25	25%
2	Emina	16	0,15	15%
3	Skinaqua	10	0,09	9%
4	The Originote	8	0,07	7%
5	Somethinc	1	0,01	1%
6	Skintific	3	0,03	3%
7	Lainnya	42	0,4	40%
Total		107	1	100%

##### Perpindahan dalam memilih produk Sunscreen

Tabel 3. Jumlah reponden pengguna produk sunscreen saat ini dan tahun 2023.

No	Produk	2023	Perolehan	Kehilangan	Saat ini
1	Azarine	42	3	18	27
2	Emina	24	2	11	16
3	Skinaqua	9	5	4	10
4	The Originote	2	8	2	8
5	Somethinc	2	0	1	1
6	Skintific	2	1	0	3
7	Lainnya	26	19	2	42
Total		107	38	38	100

Tabel 4. Pola Berpindahnya Pengguna Produk Sunscreen.

Produk <i>sunscreen</i>	Ke produk lain							Responden sebelumnya.
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
S1	24	1	3	2	0	1	11	42
S2	2	14	0	4	0	0	4	24
S3	0	0	5	1	0	0	3	9
S4	0	0	1	0	0	0	2	2
S5	0	1	0	0	1	0	0	2
S6	0	0	0	0	0	2	0	2
S7	1	0	1	1	0	0	23	26
Responden saat ini	27	16	8	8	1	3	42	

Keterangan:

S1 = Azarine

S2 = Emina

S3 = Skinaqua

S4 = The Originote

S5 = Somethinc

S6 = Skintific

S7 = Lainnya

Tabel 5. Peluang Transisi (P).

Dari Produk	Ke Produk						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,571	0,023	0,071	0,048	0	0,023	0,261
2	0,083	0,583	0	0,167	0	0	0,167
3	0	0	0,556	0,111	0	0	0,333
4	0	0	0,5	0	0	0	0,5
5	0	0,5	0	0	0,5	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0
7	0,038	0	0,038	0,038	0	0	0,885
Pengguna masing-masing produk	0,25	0,15	0,09	0,07	0,01	0,03	0,40

Jika diasumsikan bahwa pola berpindahnya pemilihan pengguna produk *sunscreen* dalam kondisi stabil maka dapat dibentuk menjadi matriks peluang transisi  $P$  sebagai berikut.

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,571 & 0,023 & 0,071 & 0,047 & 0 & 0,023 & 0,261 \\ 0,083 & 0,58 & 0 & 0,167 & 0 & 0 & 0,167 \\ 0 & 0 & 0,556 & 0,111 & 0 & 0 & 0,333 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0,038 & 0 & 0,038 & 0,038 & 0 & 0 & 0,885 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Dengan matriks periode awal,

$$x = [0,25 \quad 0,15 \quad 0,09 \quad 0,07 \quad 0,01 \quad 0,03 \quad 0,40]$$

Keterangan:

1 = Azarine

2 = Emina

3 = Skinaqua

5 =

6 = Skintific

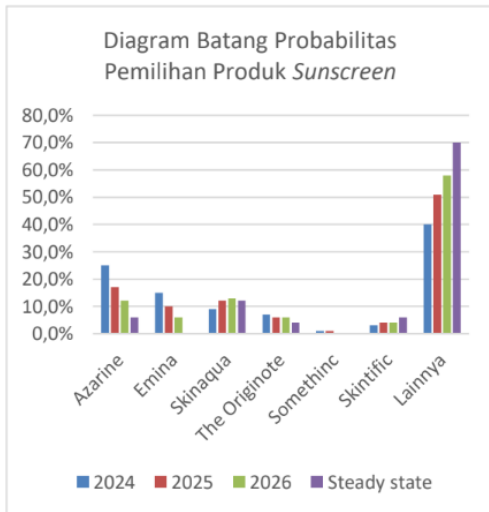
7 = Lainnya

4 = The Originote

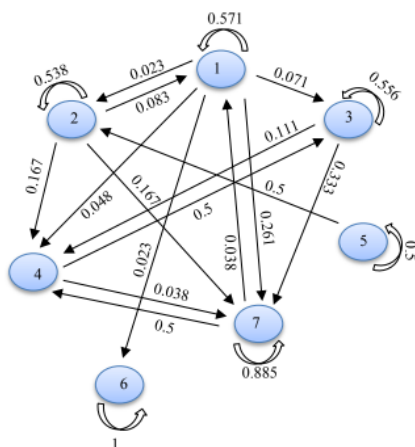
Sehingga diperoleh prediksi jumlah pengguna masing-masing produk *sunscreen* di masa yang akan datang seperti pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Prediksi Masing-masing produk *Sunscreen* di masa mendatang dan *steady state*

Produk <i>Sunscreen</i>	Tahun			<i>Steady state</i>
	2024	2025	2026	
Azarine	25%	17%	12%	6%
Emina	15%	10%	6%	0%
Skinaqua	9%	12%	13%	12%
The Originote	7%	6%	6%	4%
Somehinc	1%	1%	0%	0%
Skintific	3%	4%	4%	6%
Lainnya	40%	51%	58%	70%



Gambar 1. Diagram batang Probabilitas Pemilihan Produk *Sunscreen*



Gambar 2. Diagram transisi Pemilihan Produk *Sunscreen*

Keterangan:

1 = Azarine

2 = Emina

3 = Skinaqua

4 = The Originote

5 = Somehinc

6 = Skintific

7 = Lainnya

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Rantai Markov, prediksi pemilihan penggunaan produk *sunscreen*, di dapatkan peluang 107 mahasiswa Universitas Sanata Dharma dalam melakukan pemilihan produk *sunscreen* yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

- Perubahan pengguna produk Azarine, Emina, The Originote, dan Somehinc yang awalnya memiliki presentase relative besar, pada prediksi di masa mendatang pengguna produk-produk tersebut akan menurun hingga mencapai masing-masing produknya 12%, 6%, 6%, dan 0%.
- Sedangkan pada perubahan pengguna produk Skinaqua, Skintific, dan produk lainnya yang awalnya memiliki presentase relatif kecil di masa mendatang pengguna produk-produk tersebut akan meningkat hingga masing-masing mencapai 13%, 4%, dan 58%.
- Peluang *steady state* pada penggunaan masing-masing produk *sunscreen* secara berurutan sebesar 6%, 0%, 12%, 4%, 0%, 6%, dan 70%.

## 6. REFERENSI

- Aliyuwaningsih, N., Sumarjaya, I. W., & Srinadi, I. G. A. M. (2018). Analisis Perpidahan Penggunaan Merek Simcard Dengan Pendekatan Rantai Markov. *E-Jurnal Matematika*, 7(1), 56. <https://doi.org/10.24843/MTK.2018.v07.i01.p185>
- Cholik, C. A. (2021). *Dalam Berbagai Bidang* (Vol. 2, Issue 2).
- Hiller, F. S., & Lieberman, G. J. (2008). *Introduction to Operation Research Eight Edition Jilid 2*. ANDI.
- Howard, A., & Chris, R. (2005). *Aljabar Linear Elementer Versi Aplikasi* (Edisi 8. Jilid 2). Erlangga.
- Latifah, S., & Astuti, Y. P. (2021). Penerapan Rantai Markov Dalam Menganalisis Persaingan Jasa Pengiriman Barang (Ekspedisi). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(3), 458–465. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n3.p458-465>
- Megaster, T. (2021). *Bonus Demografi sebagai*

*Peluang Indonesia dalam Percepatan Pembangunan Ekonomi* (B. P. N. Malau, Ed.). Insania.

- Nurjana, S., Paendong, M., & Langi, Y. (2016). Penerapan Rantai Markov Dalam Pemilihan Minat Masuk Siswa SMA Ke Universitas Di Indonesia. *D'CARTESIAN*, 5(1), 50.  
<https://doi.org/10.35799/dc.5.1.2016.12733>
- Nurman, T. A., Syata, I., & Wulandari, C. D. (2021). Prediksi Hasil Panen Kopi di Sulawesi Menggunakan Analisis Rantai Markov. *Jurnal MSA ( Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya )*, 9(2).  
<https://doi.org/10.24252/msa.v9i2.25413>
- Permatasari, H., Warsito, B., & Sugito. (2014). Pemodelan Markov Switching Vector Autoregressive (MSVAR). *JURNAL GAUSSIAN*, 3(3), 421–430.
- Ross, S. M. (2003). *Introduction to Probability Models, Eighth Edition: Instructor's Manual* (8th ed.). Elsevier Science & Technology.
- Siswanto. (2007). *Operations Research Jilid 2* (Vol. 2). Erlangga.
- Utami, S. S. (2010). Pengaruh Teknologi Informasi Dalam Perkembangan Bisnis. *Jurnal Akuntansi Dan Sistem Teknologi Informasi*, 8(<https://ejournal.unisri.ac.id/index.php/Akuntansi/issue/view/32>).
- Zainudin, Y., & Soestyo, Y. (2014). Pengaruh Kualitas Produk dan Ketidakpuasan Terhadap Perpindahan Merek. *Jurnal Ilmu Manajemen*, 2(<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jim/issue/view/770>).

# Penerapan Rantai Markov Pada Pergantian Merek HP Dikalangan Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma

Arballeta Yosefin<sup>1)</sup>, Elizabeth Radha Varas Dhita<sup>2)</sup>, Dominikus Arif Budi Prasetyo<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

email: [arballetay@gmail.com](mailto:arballetay@gmail.com)

## Abstract

Penelitian ini mengkaji penerapan rantai Markov untuk memodelkan peluang perpindahan merek handphone (HP) di kalangan mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma. Dalam era modern ini, perkembangan teknologi dan komunikasi telah mengubah pola konsumsi mahasiswa, yang kini lebih mementingkan merek dan model daripada fungsi inti perangkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami preferensi dan kecenderungan mahasiswa dalam memilih merek HP serta memprediksi peluang perpindahan antar merek. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan dengan data primer yang dikumpulkan melalui kuesioner. Langkah-langkah analisis mencakup pembuatan tabel distribusi pengguna HP, tabel data perubahan merek (brand switching), dan matriks probabilitas transisi. Data dikumpulkan dari 100 responden mengenai merek HP yang digunakan pada tahun 2020 dan 2024 serta alasan pergantian merek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis rantai Markov efektif dalam memprediksi perpindahan preferensi merek HP. Berdasarkan matriks peluang transisi, ditemukan bahwa pada periode ke-80 atau tahun 2104, terjadi kondisi steady state dengan nilai probabilitas yang tidak berubah. Merek Redmi memiliki probabilitas tertinggi (0,84), diikuti oleh iPhone, Samsung, Xiaomi, Oppo, Vivo, Realme, dan Asus. Hasil ini mengindikasikan bahwa Redmi akan menjadi pilihan utama di masa depan, menyoroti pentingnya strategi pemasaran yang adaptif bagi produsen HP.

**Keywords:** perpindahan, merek handphone, rantai markov

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini, dalam era modern, kita menyaksikan perkembangan yang terus berlanjut di seluruh dunia. Perubahan ini telah mengubah cara pandang individu menjadi lebih kompleks, terutama dengan kemajuan dalam teknologi dan komunikasi seperti handphone (Gifari et al., 2022). Sepuluh tahun yang lalu, handphone hanya dianggap sebagai alat komunikasi sederhana untuk panggilan telepon dan pesan teks, tanpa mempertimbangkan merek, model, atau tampilan fisiknya (Nurhamiddin & Hamim, 2021). Beberapa produsen *handphone* saat ini bersaing untuk meluncurkan model dan merek terbaru agar dapat menarik perhatian konsumen, termasuk di antara mahasiswa. Banyak mahasiswa yang lebih fokus pada merek dan model *handphone* daripada pada fungsi inti dari perangkat tersebut dan banyak mahasiswa yang berpindah dari merek *handphone* satu ke merek *handphone* lainnya, (Herispon, 2022). Perilaku manusia yang telah menjadi kebiasaan, dikenal sebagai gaya

hidup, sangat dipengaruhi oleh perkembangan zaman, terutama dalam teknologi. Semakin majunya teknologi, semakin luas juga penerapan gaya hidup dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan *handphone* di kalangan mahasiswa di Indonesia merupakan yang tertinggi di dunia. Sejak tahun 2017, tren penggunaan *handphone* telah mengalami pertumbuhan yang cepat, dan minat terhadap *handphone* di Indonesia telah meningkat, dengan hampir semua lapisan masyarakat menyukai penggunaan *handphone*. *Handphone* menawarkan berbagai pilihan kepada penggunanya, termasuk sistem operasi Android dan iOS dari Apple (Badriah, 2017).

Pemahaman tentang pola perpindahan merek *handphone* menjadi penting karena membuka wawasan tentang preferensi dan kecenderungan mahasiswa dalam memilih produk teknologi, yang pada gilirannya dapat memberikan implikasi yang signifikan. Salah satu aspek penting yang perlu ditekankan adalah pentingnya memprediksi atau mengetahui peluang perpindahan merek *handphone*. Dengan memahami faktor-faktor

yang mempengaruhi keputusan mahasiswa dalam mengganti merek *handphone*, baik dari segi fitur, harga, maupun faktor-faktor lainnya, universitas dapat menyesuaikan strategi pemasaran dan penawaran layanan yang lebih tepat sasaran. Yang menjadi fokus sasaran adalah mahasiswa pendidikan matematika di Universitas Sanata Dharma. Mahasiswa ini tidak hanya merupakan konsumen potensial bagi produk teknologi, tetapi juga merupakan bagian penting dari komunitas akademis yang dapat memberikan wawasan berharga bagi pengembangan strategi universitas.

Dengan beragamnya merek dan jenis ponsel yang tersedia di pasaran, ditambah dengan perubahan-perubahan dalam selera konsumen yang sering terjadi, tidak jarang pengguna ponsel beralih dari satu merek atau jenis ke yang lain dalam waktu yang singkat. Situasi ini menekankan pentingnya bagi perusahaan-perusahaan untuk terus memantau pasar dengan cermat guna memahami serta memenuhi kebutuhan konsumen, sehingga mereka tetap dapat bersaing. Perusahaan-perusahaan ini harus teliti dalam menganalisis kebutuhan pelanggan, mengidentifikasi peluang, dan menciptakan penawaran yang menarik bagi konsumen sehingga tidak dapat disaingi oleh pesaing lainnya. Salah satu cara yang efektif untuk memodelkan situasi-situasi yang tidak pasti tersebut adalah melalui penggunaan rantai Markov, sebuah teknik matematika yang sering digunakan untuk memahami sistem dan proses bisnis. (Hardiyanto et al., 2021).

Teknik Rantai Markov ditemukan pertama kali oleh ilmuwan Rusia yang bernama A.A. Markov pada tahun 1906. Pada awalnya, teknik ini diterapkan dalam bidang ilmu fisika dan meteorologi, di mana digunakan untuk menganalisis perilaku partikel gas dalam wadah tertutup serta untuk meramalkan cuaca. Secara umum, Rantai Markov berguna untuk memprediksi perubahan di masa depan dalam variabel dinamis berdasarkan data masa lalu. Tidak hanya itu, teknik ini juga bermanfaat untuk menganalisis kemungkinan peristiwa yang dapat terjadi di masa depan (Masuku et al., 2018).

Fauziah Nurhamidin dan Fadli M. Sulisa (2019) telah menggunakan model rantai Markov secara luas dalam berbagai persoalan, salah satunya adalah untuk meramalkan cuaca. Mereka melakukan penelitian dengan

menggunakan data cuaca harian dari tanggal 12 hingga 18 Desember 2017 di Stasiun BMKG Kota Ternate. Data cuaca ini mencakup kategori kondisi cuaca seperti Cerah, Berawan, Hujan Ringan, dan Hujan, serta dibagi berdasarkan waktu perubahan cuaca yaitu pagi, siang, sore, dan malam. Hasil peramalan yang didapat dengan metode rantai Markov menunjukkan variasi cuaca harian yang signifikan, dengan hujan ringan menjadi kondisi paling dominan dalam satu minggu dengan probabilitas rata-rata di atas 43,3%, diikuti oleh hujan dengan probabilitas rata-rata di atas 42,7% (Nurhamiddin et al., 2019).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Anis Nadhiroh dan rekan-rekannya pada tahun 2024 tentang penggunaan rantai Markov dalam pemilihan perguruan tinggi di Purworejo, ditemukan bahwa ada lima universitas favorit, yakni Universitas Nurul Jadid, Universitas Panca Marga, Universitas Zainul Hasan, AMIK, dan STAI Muhammadiyah. Prediksi minat masuk pada periode berikutnya menunjukkan bahwa minat untuk Universitas Nurul Jadid adalah sebesar 0,1888, Universitas Panca Marga sebesar 0,371, Universitas Zainul Hasan sebesar 0,1294, AMIK sebesar 0,2022, dan STAI Muhammadiyah sebesar 0,1086 (N et al., 2024).

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Penerapan Rantai Markov Pada Pergantian Merek HP Dikalangan Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma”. Untuk mengetahui bagaimana peluang perpindahan dari satu merek *handphone* ke merek lainnya di antara mahasiswa pada masa yang akan datang.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 1) Analisis Rantai Markov

Analisis Rantai Markov adalah metode yang memperhatikan karakteristik saat ini dari suatu variabel berdasarkan pada karakteristik masa lalu, dengan tujuan memprediksi karakteristik variabel tersebut di masa depan. Dalam analisis Markov, hasilnya adalah informasi probabilitas yang berguna dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, analisis ini bukanlah teknik optimasi, melainkan deskriptif (Allo et al., n.d.).

## 2) Proses Stokastik

Proses stokastik  $X = \{X(t), t \in T\}$  adalah sekumpulan variable acak yang mengaitkan ruang sampel  $S$  untuk setiap  $t$  dalam himpunan indeks  $T, X(t)$  merupakan variable acak. Disini  $t$  mewakili waktu (meskipun dalam konteks tertentu  $t$  tidak selalu menunjukkan waktu), dan  $X(t)$  menggambarkan keadaan pada waktu  $t$ . Suatu jenis khusus dari proses stokastik adalah rantai Markov, di mana sifatnya adalah bahwa perilaku probabilitas masa depan hanya bergantung pada kondisi saat ini dan tidak dipengaruhi oleh sejarah perilaku masa lalu. Dalam analisis Markov, informasi probabilistik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan menurut Hiller dan Liberman pada (Masuku et al., 2018).

## 3) Peluang Transisi

Dalam sebuah rantai Markov  $\{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$  dengan ruang state  $\{0, 1, \dots, M\}$ , peluang system berada dalam state  $i$  jika pada pengamatan sebelumnya berada dalam state  $j$  pada pengamatan sebelumnya disimbolkan sebagai  $P$ .

## 4) Persamaan Chapman-kolmogorov

Persamaan Chapman-Kolmogorov digunakan sebagai metode untuk mengestimasi peluang transisi  $n$  - step.

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^M P_{ik}^{(m)} P_{kj}^{(n-m)}$$

Pernyataan tersebut menggambarkan bahwa perubahan dari state  $i$  ke state  $j$  dalam  $n$  langkah dapat melibatkan state  $k$  setelah tepat  $m$  (kurang dari  $n$ ) Langkah. Oleh karena itu  $P_{ik}^{(m)} \times P_{kj}^{(n-m)}$  adalah peluang bersyarat dimana proses dimulai dari state  $i$ , berpindah ke state  $k$  setelah  $m$  langkah, dan kemudian ke state  $j$  setelah  $n - m$  langkah. Dengan demikian, total peluang bersyarat dari

semua kemungkinan  $k$  menghasilkan  $P_{ij}^{(n)}$ .

## 5) Vektor Keadaan (State Vector)

Dalam rantai Markov, keadaan atau state direpresentasikan dalam bentuk vektor yang disebut vektor state. Vektor state  $x$  adalah representasi vektor baris untuk pengamatan tertentu dalam rantai Markov dengan  $X(t)$  state.

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$$

Jika  $P$  adalah matriks transisi rantai Markov dan  $x^{(n)}$  adalah vector state pada pengamatan ke- $n$ , maka

$$x^{(n)} = P^n x^0$$

Dalam proses Markov, sistem akan mencapai kondisi steady state atau keseimbangan, yang berarti setelah beberapa periode, peluang status akan tetap stabil.

## 6) Perpindahan Merek (Brand Switching)

Perpindahan merek, atau brand switching, terjadi ketika konsumen atau sekelompok konsumen mengubah pilihan mereka dari satu merek produk ke merek produk lainnya. (Candra Johan, 2014)

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian terapan dengan tujuan memecahkan solusi bagi masalah-masalah spesifik. Dalam konteks ini, penelitian terapan digunakan untuk mengeksplorasi peluang pergantian merek *handphone* di kalangan mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi dan perumusan masalah, penetapan tujuan penelitian, serta analisis data.

### 1) Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam proses identifikasi dan perumusan masalah, peneliti menentukan topik dan isu yang akan diteliti berdasarkan fenomena pergantian merek *handphone* di kalangan mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma. Kemudian, masalah tersebut dirumuskan melalui pendekatan



analisis rantai Markov untuk memahami kemungkinan perpindahan konsumen merek *handphone* di antara mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma.

## 2) Penentuan Tujuan

Pada tahap ini, penelitian menentukan tujuan atau fokus yang berkaitan dengan masalah yang telah diidentifikasi, yaitu untuk memahami sejauh mana kemungkinan perpindahan konsumen dari satu merek *handphone* ke merek lain di kalangan mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma.

## 3) Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang dikumpulkan langsung dari sampel sebagai subjek penelitian melalui instrumen pengumpulan data berupa kuesioner. Kuesioner berisi pertanyaan-pertanyaan yang diajukan kepada responden:

- Sudah berapa lama anda memakai *handphone*?
- Merek *handphone* apa yang Anda gunakan di tahun 2020?
- Merek *handphone* apa yang Anda gunakan di tahun 2024
- Alasan anda menggunakan merek *handphone* sekarang?

## 4) Analisis Data

Pada tahap ini, data dianalisis dengan menggunakan perhitungan deskriptif berdasarkan rumus yang telah ditetapkan, guna menganalisis data sesuai dengan permasalahan yang ada. Dalam tahapan analisis rantai Markov yang dilakukan oleh (Djan & Ruvendi, 2006), langkah-langkah utama yang dijalankan dapat disusun sebagai berikut.

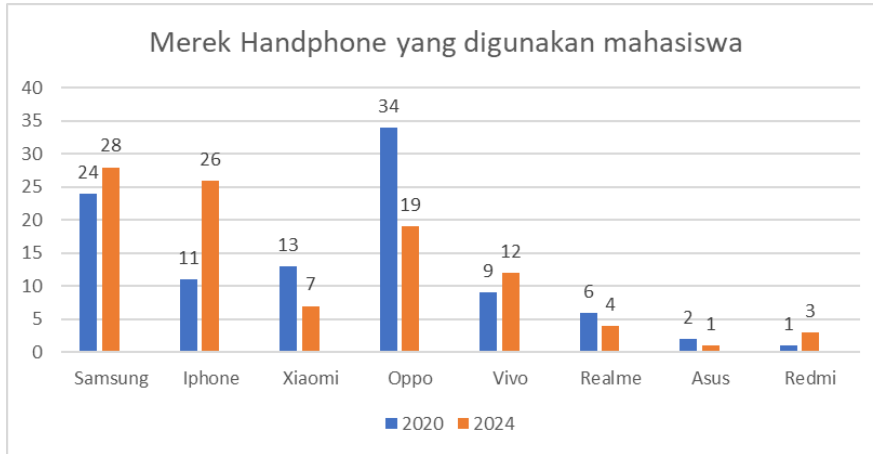
- Pertama, membuat tabel yang mencatat jumlah pengguna

*handphone* dari setiap merek yang dipantau. Tabel ini memberikan gambaran yang jelas tentang distribusi pengguna dari berbagai merek di dalam populasi.

- Selanjutnya, membuat tabel data perubahan, atau yang sering disebut sebagai *Brand Switching*, yang menggambarkan pergeseran atau transisi dari satu merek *handphone* ke merek lainnya. Langkah ini membantu dalam memahami perilaku konsumen dan pola perubahan preferensi merek dari waktu ke waktu.
- Terakhir, membuat matriks Probabilitas Transisi. Dari data yang telah terkumpul, matriks ini menunjukkan probabilitas perpindahan pengguna dari merek *handphone* satu ke merek lainnya dalam suatu periode tertentu. Dengan demikian, tahapan analisis ini memberikan landasan penting dalam memahami dinamika pasar dan perilaku konsumen terkait dengan penggunaan merek *handphone*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penggunaan merek *handphone* oleh 100 mahasiswa Universitas Sanata Dharma, baik saat ini maupun yang diharapkan di masa mendatang, telah dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner. Hasilnya menunjukkan jumlah pengguna untuk setiap merek *handphone*.



**Gambar 1.** Merek *handphone* yang digunakan mahasiswa Universitas Sanata Dharma pada tahun 2020 dan 2024

Berdasarkan data penggunaan merek *handphone* oleh mahasiswa Universitas Sanata Dharma pada tahun 2020, Oppo menjadi merek yang paling dominan dengan 34% pengguna, diikuti oleh Samsung dengan 24%. Merek lain seperti Xiaomi dan Iphone juga cukup populer dengan masing-masing 13% dan 11% pengguna. Sementara itu, Vivo digunakan oleh 9% mahasiswa, Realme 6%, Asus 2%, dan Redmi 1%. Data ini menunjukkan bahwa meskipun ada variasi dalam preferensi merek, Oppo dan Samsung adalah yang paling banyak digunakan di kalangan mahasiswa Universitas Sanata Dharma.

Pada tahun 2024, penggunaan *handphone* di kalangan mahasiswa

Universitas Sanata Dharma menunjukkan bahwa Samsung tetap menjadi merek yang paling dominan dengan 28% pengguna, diikuti oleh Iphone yang mengalami peningkatan signifikan menjadi 26%. Penggunaan Oppo menurun menjadi 19%, sementara Vivo sedikit meningkat menjadi 12%. Xiaomi mengalami penurunan menjadi 7%, dan merek lain seperti Realme, Asus, dan Redmi tetap memiliki pangsa pasar yang kecil dengan masing-masing 4%, 1%, dan 3%. Data ini menunjukkan diversifikasi preferensi *handphone*, dengan Samsung dan Iphone menjadi merek yang paling banyak digunakan oleh mahasiswa.

**Tabel 1.** Jumlah Penambahan dan Pengurangan Perpindahan Merek *handphone*

No	Merek <i>Handphone</i>	Jumlah Pengguna awal	Penambahan	Pengurangan	Jumlah pengguna saat ini
1	Samsung	24	4	0	28
2	Iphone	11	15	0	26
3	Xiaomi	13	0	6	7
4	Oppo	34	0	15	19
5	Vivo	9	3	0	12
6	Realme	6	0	2	4
7	Asus	2	0	1	1
8	Redmi	1	0	0	3
Total		100	22	24	100

Berdasarkan Tabel 1 mengenai Pola Perpindahan Merek (*Brand Switching*), dapat disimpulkan bahwa Samsung dan Oppo adalah dua merek yang paling sering menjadi tujuan

perpindahan pengguna dari merek lain. Dari 24 pengguna Samsung yang berpindah, sebagian besar tetap setia pada Samsung, dengan 14 pengguna tidak berganti merek. Selain itu, 6

pengguna berpindah ke iPhone, 1 ke Oppo, 2 ke Vivo, dan 1 ke Redmi. Pengguna iPhone yang berpindah sejumlah 11 orang, dengan 6 tetap menggunakan iPhone, 2 berpindah ke Samsung, 1 ke Xiaomi, 1 ke Oppo, dan 1 ke Asus. Xiaomi, dengan 13 pengguna yang berpindah, menunjukkan 5 tetap setia, sementara 4 berpindah ke Samsung, 2 ke Oppo, 1 ke iPhone, dan 1 ke Realme. Oppo sendiri memiliki 34 pengguna yang berpindah, dengan 14 tetap pada Oppo, 8 berpindah ke Samsung, 8 ke iPhone, 3 ke Vivo, dan 1 ke Xiaomi. Sementara itu, dari 9 pengguna Vivo yang berpindah, 6 tetap setia pada Vivo, 2

berpindah ke Oppo, dan 1 ke Samsung. Realme memiliki 6 pengguna yang berpindah, dengan 3 tetap pada Realme, 2 berpindah ke iPhone, dan 1 ke Oppo. Asus dan Redmi menunjukkan tingkat loyalitas pengguna yang tinggi, dengan masing-masing pengguna yang berpindah tetap setia pada merek mereka sendiri. Dari data ini, terlihat bahwa Samsung dan Oppo menjadi pilihan populer saat pengguna memutuskan untuk berpindah merek, sementara Redmi menunjukkan loyalitas pengguna yang sangat tinggi.

**Tabel 2.** Peluang Transisi

Peluang Transisi									
No	Merek HP	Merek HP							
		Samsung	Iphone	Xiaomi	Oppo	Vivo	Realme	Asus	Redmi
1	Samsung	0,58	0,25	0	0,04	0,08	0	0	0,04
2	Iphone	0,18	0,55	0,09	0	0,09	0	0,09	0
3	Xiaomi	0,15	0,31	0,38	0,08	0	0,08	0	0
4	Oppo	0,24	0,24	0,03	0,41	0,09	0	0	0
5	Vivo	0,11	0	0	0,22	0,67	0	0	0
6	Realme	0	0,33	0	0,17	0	0,5	0	0
7	Asus	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5
8	Redmi	0	0	0	0	0	0	0	1
Market Share		0,28	0,26	0,07	0,19	0,12	0,04	0,01	0,03

Tabel peluang transisi di atas menunjukkan probabilitas konsumen beralih dari satu merek *handphone* ke merek lain pada periode berikutnya. Konsumen Samsung memiliki peluang 0,58 untuk tetap menggunakan Samsung, 0,250 beralih ke iPhone, dan 0,08 ke Vivo. iPhone menunjukkan loyalitas pengguna sebesar 0,55, dengan 0,18 konsumen beralih ke Samsung. Xiaomi memiliki peluang 0,38 untuk tetap setia, sementara 0,31 beralih ke iPhone. Oppo menunjukkan loyalitas pengguna sebesar 0,41, dengan 0,24 berpindah ke Samsung atau iPhone. Vivo mencatatkan 0,67 pengguna yang setia, dan 0,22 beralih ke Oppo. Realme memiliki setengah penggunanya tetap setia dengan peluang 0,5, sedangkan Asus menunjukkan tingkat perpindahan yang tinggi, dengan 0,5 penggunanya berpindah ke Redmi. Redmi sendiri menunjukkan loyalitas penuh dengan peluang 1,0 penggunanya tetap setia. Pangsa pasar saat ini adalah 0,28 untuk Samsung, 0,26 untuk iPhone, 0,07 untuk Xiaomi, 0,19 untuk

Oppo, 0,12 untuk Vivo, 0,04 untuk Realme, 0,01 untuk Asus, dan 0,03 untuk Redmi. Sehingga dari tabel di atas diperoleh matriks peluang transisi probabilitas sebagai berikut:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f & g & h \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,58 & 0,25 & 0,00 & 0,04 & 0,08 & 0,00 & 0,00 & 0,04 \\ 0,18 & 0,55 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 \\ 0,15 & 0,31 & 0,38 & 0,08 & 0,00 & 0,08 & 0,00 & 0,00 \\ 0,24 & 0,24 & 0,03 & 0,41 & 0,09 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,11 & 0,00 & 0,00 & 0,22 & 0,67 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,33 & 0,00 & 0,17 & 0,00 & 0,50 & 0,00 & 0,00 \\ 0,50 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,50 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

- a = Samsung
- b = Iphone
- c = Xiaomi
- d = Oppo
- e = Vivo
- f = Realme
- g = Asus
- h = Redmi

Dari table.2 diperoleh matriks baris dari market share sebagai berikut

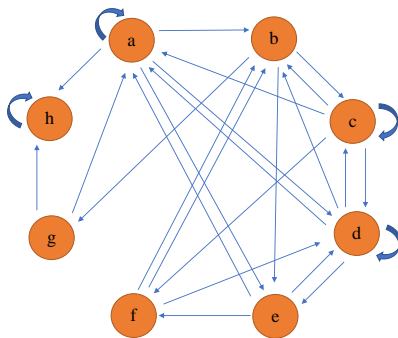
$$X = [0,28 \ 0,26 \ 0,07 \ 0,19 \ 0,12 \ 0,04 \ 0,01 \ 0,03]$$

Melalui matriks probabilitas tersebut dapat memproyeksikan *market share* (pangsa pasar) untuk periode selanjutnya hingga mencapai kondisi steady state atau equilibrium.

Selanjutnya adalah melakukan perkalian antara matriks probabilitas transisi dengan matriks *market share* untuk menentukan *market share* (pangsa pasar) pada masa depan  $P=$

$$\begin{bmatrix} 0,58 & 0,25 & 0,00 & 0,04 & 0,08 & 0,00 & 0,00 & 0,04 \\ 0,18 & 0,55 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 \\ 0,15 & 0,31 & 0,38 & 0,08 & 0,00 & 0,08 & 0,00 & 0,00 \\ 0,24 & 0,24 & 0,03 & 0,41 & 0,09 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,11 & 0,00 & 0,00 & 0,22 & 0,67 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,33 & 0,00 & 0,17 & 0,00 & 0,50 & 0,00 & 0,00 \\ 0,50 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,50 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,28 \\ 0,26 \\ 0,07 \\ 0,19 \\ 0,12 \\ 0,04 \\ 0,01 \\ 0,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,247 \\ 0,210 \\ 0,167 \\ 0,217 \\ 0,153 \\ 0,138 \\ 0,155 \\ 0,03 \end{bmatrix}$$

Diagram Markov dari matriks peluang transisi di atas adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Markov

Untuk mencari steady state

### 1) Formulasi Model

Misalkan didefinisikan variabel berikut ini

$a_n$  = Presentase pengguna *handphone* Samsung akhir period ke

$b_n$  = Presentase pengguna *handphone* Iphone akhir period ke n

$c_n$  = Presentase pengguna *handphone* Xiaomi akhir period ke n

$d_n$  = Presentase pengguna *handphone* Oppo akhir period ke n

$e_n$  = Presentase pengguna *handphone* Vivo akhir period ke n

$f_n$  = Presentase pengguna *handphone* Realme akhir period ke n

$g_n$  = Presentase pengguna *handphone* Asus akhir period ke n

$h_n$  = Presentase pengguna *handphone* Redmi akhir period ke n

Presentase pengguna *Handphone* Samsung akhir period ke n

Menggunakan data yang ada sebelumnya pada tabel 3 diperoleh model probabilistic

$$a_{n+1} = 0,58 a_n + 0,18 a_n + 0,15 a_n + 0,24 a_n + 0,11 a_n + 0,00 a_n + 0,50 a_n + 0,00 a_n$$

$$b_{n+1} = 0,25 a_n + 0,55 a_n + 0,38 a_n + 0,24 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n$$

$$c_{n+1} = 0,00 a_n + 0,09 a_n + 0,38 a_n + 0,03 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n$$

$$d_{n+1} = 0,04 a_n + 0,00 a_n + 0,08 a_n + 0,41 a_n + 0,22 a_n + 0,17 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n$$

$$e_{n+1} = 0,08 a_n + 0,09 a_n + 0,00 a_n + 0,09 a_n + 0,67 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n$$

$$f_{n+1} = 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,08 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,50 a_n + 0,00 a_n$$

$$g_{n+1} = 0,00 a_n + 0,09 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n$$

$$h_{n+1} = 0,04 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,00 a_n + 0,50 a_n + 0,10 a_n$$

## 2) Penyelesaian model

	a	b	c	d	e	f	g	h
0	0,28	0,26	0,07	0,19	0,12	0,04	0,01	0,03
1	0,28	0,29	0,06	0,13	0,14	0,03	0,02	0,05
2	0,28	0,29	0,05	0,10	0,16	0,02	0,03	0,07
3	0,28	0,28	0,05	0,10	0,16	0,01	0,03	0,09
4	0,27	0,26	0,05	0,09	0,17	0,01	0,02	0,12
5	0,27	0,25	0,04	0,09	0,16	0,01	0,02	0,14
6	0,26	0,24	0,04	0,09	0,16	0,01	0,02	0,16
7	0,25	0,24	0,04	0,09	0,16	0,01	0,02	0,19
8	0,24	0,23	0,04	0,09	0,16	0,01	0,02	0,21
9	0,24	0,22	0,04	0,08	0,15	0,01	0,02	0,23
10	0,23	0,21	0,04	0,08	0,15	0,01	0,02	0,25
11	0,22	0,21	0,04	0,08	0,14	0,01	0,02	0,27
12	0,22	0,20	0,03	0,08	0,14	0,01	0,02	0,28
13	0,21	0,20	0,03	0,07	0,14	0,01	0,02	0,30
14	0,20	0,19	0,03	0,07	0,13	0,01	0,02	0,32
15	0,20	0,19	0,03	0,07	0,13	0,01	0,02	0,34
16	0,19	0,18	0,03	0,07	0,13	0,01	0,02	0,35
17	0,19	0,18	0,03	0,07	0,12	0,01	0,02	0,37
18	0,18	0,17	0,03	0,07	0,12	0,00	0,02	0,39
19	0,18	0,17	0,03	0,06	0,12	0,00	0,02	0,40
20	0,17	0,16	0,03	0,06	0,11	0,00	0,01	0,42
21	0,17	0,16	0,03	0,06	0,11	0,00	0,01	0,43
22	0,16	0,15	0,03	0,06	0,11	0,00	0,01	0,44
23	0,16	0,15	0,03	0,06	0,10	0,00	0,01	0,46
24	0,15	0,14	0,02	0,05	0,10	0,00	0,01	0,47
25	0,15	0,14	0,02	0,05	0,10	0,00	0,01	0,48
26	0,15	0,14	0,02	0,05	0,09	0,00	0,01	0,50
27	0,14	0,13	0,02	0,05	0,09	0,00	0,01	0,51
28	0,14	0,13	0,02	0,05	0,09	0,00	0,01	0,52
29	0,13	0,13	0,02	0,05	0,09	0,00	0,01	0,53
30	0,13	0,12	0,02	0,05	0,08	0,00	0,01	0,54
31	0,13	0,12	0,02	0,05	0,08	0,00	0,01	0,55
32	0,12	0,11	0,02	0,04	0,08	0,00	0,01	0,56
33	0,12	0,11	0,02	0,04	0,08	0,00	0,01	0,57
34	0,12	0,11	0,02	0,04	0,08	0,00	0,01	0,58
35	0,11	0,11	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,59
36	0,11	0,10	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,60
37	0,11	0,10	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,61
38	0,10	0,10	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,62
39	0,10	0,09	0,02	0,04	0,07	0,00	0,01	0,63
40	0,10	0,09	0,02	0,03	0,06	0,00	0,01	0,64
41	0,10	0,09	0,02	0,03	0,06	0,00	0,01	0,65
42	0,09	0,09	0,01	0,03	0,06	0,00	0,01	0,65
43	0,09	0,08	0,01	0,03	0,06	0,00	0,01	0,66
44	0,09	0,08	0,01	0,03	0,06	0,00	0,01	0,67
45	0,09	0,08	0,01	0,03	0,06	0,00	0,01	0,68
46	0,08	0,08	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,68
47	0,08	0,08	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,69
48	0,08	0,07	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,70
49	0,08	0,07	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,70
50	0,07	0,07	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,71
51	0,07	0,07	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,72
52	0,07	0,07	0,01	0,02	0,05	0,00	0,01	0,72
53	0,07	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,73
54	0,07	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,73
55	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,74
56	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,74
57	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,75
58	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,76
59	0,06	0,05	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,76
60	0,06	0,05	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,76
61	0,05	0,05	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,77
62	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,77
63	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,78
64	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,78
65	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,79
66	0,05	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,79
67	0,05	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,79
68	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,80
69	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,80
70	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,81
71	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,81
72	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,81
73	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,82
74	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,82
75	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,82
76	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,83
77	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,83
78	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,83
79	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,83
80	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,84
81	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,84
82	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,84
83	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,84

Gambar 3. Steady State

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa setelah beberapa periode, mulai dari periode ke-80 dan seterusnya, nilai probabilitas tetap konstan. Ini menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kondisi steady state pada periode ke-80, atau dengan kata lain pada tahun 2104. Pada titik ini, distribusi probabilitas untuk setiap merek *handphone* adalah sebagai berikut: Samsung 0,03, iPhone 0,03, Xiaomi 0,01, Oppo 0,01, Vivo 0,02, Realme 0,00, Asus 0,00, dan Redmi 0,84. Dari data ini, terlihat bahwa Redmi menjadi merek HP pilihan utama dibandingkan merek lainnya, diikuti oleh iPhone, Samsung, Xiaomi, Oppo, Vivo, Realme, dan Asus. Analisis ini berlaku dengan asumsi bahwa tidak ada penambahan merek HP baru di masa depan.

## 5. KESIMPULAN

Analisis rantai Markov dapat digunakan sebagai alat untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Dalam penelitian ini, rantai Markov digunakan untuk memprediksi perpindahan penggunaan merek *handphone* dari Samsung, iPhone, Xiaomi, Oppo, Vivo, Realme, Asus, dan Redmi. Berdasarkan data yang diperoleh dari 100 responden, hasilnya adalah sebagai berikut:

- 1) Peluang perpindahan merek *handphone* dapat diamati dari matriks peluang transisi ( $P$ ) yaitu

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e & f & g & h \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,58 & 0,25 & 0,00 & 0,04 & 0,08 & 0,00 & 0,00 & 0,04 \\ 0,18 & 0,55 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 & 0,09 & 0,00 \\ 0,15 & 0,31 & 0,38 & 0,08 & 0,00 & 0,08 & 0,00 & 0,00 \\ 0,24 & 0,24 & 0,03 & 0,41 & 0,09 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,11 & 0,00 & 0,00 & 0,22 & 0,67 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,33 & 0,00 & 0,17 & 0,00 & 0,50 & 0,00 & 0,00 \\ 0,50 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,50 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

- a = Samsung
- b = Iphone
- c = Xiaomi
- d = Oppo
- e = Vivo
- f = Realme
- g = Asus
- h = Redmi

- 2) Pada periode ke-80 atau tahun 2104, terjadi kondisi steady state di mana

nilai probabilitas tidak berubah untuk setiap merek *handphone*. Merek Redmi memiliki probabilitas tertinggi (0,84), diikuti oleh iPhone, Samsung, Xiaomi, Oppo, Vivo, Realme, dan Asus. Ini menunjukkan bahwa Redmi menjadi pilihan utama, diikuti oleh merek-merek lain dalam urutan tersebut, tanpa adanya penambahan merek HP baru.

## 6. REFERENSI

- Allo, D. G., Hatidja, D., Paendong, M., Matematika, J., A T A K U N C I A B S T R A K, M. K., Gsm, P., Merek, P., & Markov, R. (n.d.). Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Merek Kartu Seluler Pra Bayar GSM (Studi Kasus Mahasiswa Fakultas Pertanian Unsrat Manado). In *JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE* (Vol. 2, Issue 1).
- Badriah, S. (2017). *fUNGSI HANDPHONE DI KALANGAN MAHASISWA FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN ILMU POLITIK UNIVERSITAS AIRLANGGA SITI BADRIAH*. 1–11.
- Candra Johan. (2014). PENGARUH FAKTOR TERHADAP, KUALITAS PRODUK, DAN KETIDAKPUASAN TERHADAP PERPINDAHAN MEREK. In *Jurnal Ilmu Manajemen* / (Vol. 2).
- Djan, I., & Ruvendi, R. (2006). POLA PERPINDAHAN PENGGUNAAN MEREK HANDPHONE DI KALANGAN MAHASISWA STIE BINANIAGA. *Jurnal Ilmiah Binaniaga*, 2, 1–13.
- Gifari, A., Maulana, A., & Maulana, S. (2022). Analisis Rantai Markov Untuk Mengetahui Peluang Perpindahan. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, Vol. 3 No.1, 45–61.
- Hardiyanto, M., Yerizon, & Murni Dwi. (2021). Prediksi Peluang Perpindahan Merek Handphone. *UNPjoMath*, Vo.4 No 1, 43–48.
- Herispon. (2022). *INVESTIGASI PENGGUNAAN MEREK HANDPHONE DI PROVINSI RIAU*. 13, 255–269.
- Masuku, F. N., Langi, Y. A. R., & Mongi, C. (2018). *ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK MEMPREDIKSI PERPINDAHAN KONSUMEN MASKAPAI PENERBANGAN RUTE MANADO-JAKARTA*.
- N, A., Rahayu, S., Qiptiah, M., Misdayanti, M., & Valencia, D. (2024). Implementasi Penerapan Rantai Markov Chain Dalam Memprediksi Pemilihan Minat Masuk Ke Perguruan Tinggi Di Probolinggo. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(3), 746–752. <https://doi.org/10.55338/saintek.v5i1.2192>
- Nurhamiddin, F., Fadli, D., & Sulisa, M. (2019). Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Rekaman Cuaca Harian Di Kantor BMKG Kota Ternate). *BIOSAINTEK*, 2, 16–22. <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v2i01.312.16-22>
- Nurhamiddin, F., & Hamim, N. (2021). Analisis Perpindahan Penggunaan Merek Handphone Dikalangan Mahasiswa dengan Rantai Markov (Studi Kasus Pada Mahasiswa UMMU Ternate Tahun 2017). *BIOSAINTEK*, 3, 20–31. <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v3i1>

# PENERAPAN PROGRAM LINEAR BULAT UNTUK MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN PENJUAL BAKSO KOBER MAGUWO HARJO, DEPOK, SLEMAN

Cici Diah Tristy<sup>1)</sup>, Ariana Tri Kezia Buluaro<sup>2)</sup>, Dominikus Arif Budi Prasetyo<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

email: [cicidiahtristy38@gmail.com](mailto:cicidiahtristy38@gmail.com)

## Abstract

Indonesia memiliki banyak ragam jenis usaha, termasuk usaha kuliner. Yogyakarta merupakan salah satu kota di Indonesia yang marak dengan usaha kuliner karena mengingat kota tersebut sebagai kota pendidikan dengan banyak pendatang dari berbagai daerah. Salah satu jenis usaha kuliner yang banyak digeluti penjual di Yogyakarta, khususnya di sekitar Stadion Maguwoharjo yaitu usaha bakso. Satu diantaranya yaitu Bakso Kober yang terletak di sebelah Kampus III Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Pada usaha ini, banyaknya konsumen yang membeli bakso tersebut menyebabkan penjual bakso kober mendapat keuntungan yang tidak dapat diprediksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya produksi bakso kecil, bakso besar, bakso jamur, bakso keju, dan bakso telur serta menyelesaikan masalah memaksimalkan keuntungan pada penjual Bakso Kober menggunakan program linear bulat dengan metode bidang potong. Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data dari hasil wawancara bersama penjual bakso kober. Penelitian ini menerapkan program linear bulat dengan metode bidang potong serta menggunakan software POM-QM untuk memaksimalkan keuntungan penjual bakso kober. Hasil penelitian diperoleh bahwa jumlah produksi bakso kecil sebanyak 316 biji, bakso besar sebanyak 26 biji, bakso jamur sebanyak 136 biji, bakso keju sebanyak 100 biji dan bakso telur sebanyak 75 biji, dengan keuntungan maksimal sebesar Rp314.424,00.

**Keywords:** Program Linear Bulat, Program Linear, Bidang Potong, Optimalisasi, POM QM

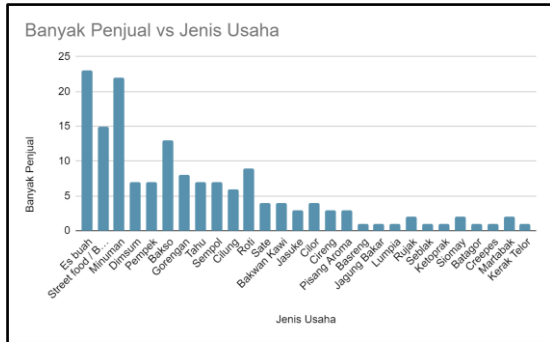
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak ragam jenis usaha, salah satunya usaha kuliner. Usaha kuliner merupakan bentuk usaha yang sampai kapanpun tidak akan hilang (Sinari et al., n.d.). Usaha ini mencakup usaha makanan dan minuman yang diproduksi dan dijual untuk memenuhi salah satu kebutuhan pokok manusia. Angelia dalam (Sanlando & Sulistyowati, 2023) mengungkapkan bahwa usaha kuliner tercatat 11.223 yang terdapat dalam data BPS di Indonesia tahun 2022. Oleh karena itu, usaha kuliner menjadi salah satu usaha yang sangat penting dalam perekonomian masyarakat Indonesia yang cukup menjanjikan terutama bagi kelompok masyarakat dari kalangan menengah di berbagai daerah.

Yogyakarta merupakan kota pendidikan dan memiliki banyak pendatang dari berbagai daerah, sehingga menjadi salah satu kota di Indonesia dengan usaha kuliner yang

berkembang pesat (Sanlando & Sulistyowati, 2023). Usaha kuliner di Yogyakarta memiliki ciri khas tersendiri. Kuliner di area pinggir jalan merupakan khas utama usaha kuliner di Yogyakarta yang sangat unik. Kuliner di pinggir jalan dapat menjadi alternatif menemukan jenis makanan dan minimum yang murah dan lezat. Tidak hanya itu, kuliner di pinggir jalan memberikan pengalaman sosial yang berkesan yakni konsumen dapat menikmati kuliner sambil merasakan kehangatan dan keramahan orang-orang setempat.

Kuliner di area pinggir jalan dapat ditemukan di beberapa kawasan salah satunya kabupaten Sleman tepatnya di sepanjang jalan Stadion Maguwoharjo. Berdasarkan observasi yang peneliti lakukan di sekitar Stadion Maguwoharjo, terdapat aneka ragam jenis kuliner pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Jenis Usaha di Stadion Maguwoharjo

Salah satu jenis usaha yang banyak digeluti penjual di sekitar Stadion Maguwoharjo yaitu usaha bakso. Satu diantaranya yaitu Bakso Kober yang terletak di Jl. Paingan, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman tepatnya sebelah Universitas Sanata Dharma Yogyakarta Kampus 3. Bakso Kober mengkreasikan usahanya dengan menjual varian bakso diantaranya bakso besar, bakso telur, bakso keju, bakso jamur, dan bakso kecil. Banyak konsumen mulai dari masyarakat sekitar dan mahasiswa Universitas Sanata Dharma Kampus III yang berminat membeli bakso tersebut. Dari sekian banyak dan ramainya konsumen, penjual mendapat keuntungan yang tidak dapat diprediksi. Hal ini karena banyak produksi bakso setiap harinya beragam serta minat konsumen membeli bakso kecil, bakso jamur, dan bakso keju. Hal ini menarik perhatian peneliti untuk membantu penjual dalam merencanakan banyak produksi bakso kecil, bakso besar, bakso jamur, bakso keju, dan bakso telur serta membantu memaksimalkan keuntungan penjualan menggunakan metode yang tepat. Oleh karena itu, peneliti mengangkat sebuah penelitian yaitu bagaimana memanfaatkan program linear bulat agar dapat membantu penjual Bakso Kober dalam memperkirakan banyaknya produksi bakso dan memaksimalkan keuntungan penjualan.

Penelitian terkait memaksimalkan keuntungan usaha bakso juga banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya

(Rumetna dkk., 2018), (Sari dkk., 2024), dan (Novagita dkk., 2024). Beberapa penelitian ini menjelaskan bagaimana menggunakan metode simpleks untuk memaksimalkan keuntungan mingguan dalam memproduksi bakso dari sumber daya yang terbatas.

Pada kasus Bakso Kober di Jl. Paingan, Krodan, Maguwoharjo, pemecahan masalah dapat menggunakan cara Program Linear Bulat, karena untuk menyelesaikan masalah banyak produksi harus berupa bilangan bulat karena tidak dapat diproduksi sebagian, sehingga banyak produksi dapat seimbang dan mendapat keuntungan yang maksimal. Mengingat tingkat keuntungan dapat dilihat dari bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bakso dan banyak produksi bakso yang dihasilkan merupakan hal penting untuk keberlanjutan usaha. Dalam penggunaan metode Program Linear Bulat diperlukannya data yang sesuai untuk digunakan sebagai fungsi tujuan seperti jumlah keuntungan dan fungsi batasan seperti bahan baku produksi.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan penyelesaian masalah program linear bulat melalui metode Bidang Potong. Metode Bidang Potong adalah salah satu metode dalam menyelesaikan permasalahan program linear untuk mengetahui nilai variabel-variabel keputusan bilangan bulat.

Peneliti melakukan observasi di lapangan dan mengkaji beberapa literatur. Berdasarkan uraian penjelasan sebelumnya, peneliti mengangkat judul “Penerapan Program Linear Bulat Untuk Memaksimalkan Keuntungan Penjual Bakso Kober Maguwoharjo, Depok, Sleman”. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui banyaknya produksi bakso kecil, bakso besar, bakso jamur, bakso keju, dan bakso telur serta menyelesaikan masalah memaksimalkan keuntungan pada penjual Bakso Kober menggunakan program linear bulat dengan metode bidang potong.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1 Usaha Kuliner



UMKM merupakan kelompok usaha yang meliputi jenis usaha dengan skala kecil hingga menengah dimana terbukti berperan penting dalam menghadapi krisis perekonomian (Zia, 2020). Keberadaan UMKM telah diatur oleh Pemerintahan Indonesia dalam Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008. Salah satu UMKM yang memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat yaitu usaha di bidang kuliner. Usaha kuliner adalah salah satu bentuk usaha yang menguntungkan bagi para penjual karena dalam usaha ini menyediakan berbagai macam makanan serta minuman yang dimana itu adalah kebutuhan pokok untuk manusia (Nawawi et al., 2021).

Keberhasilan usaha kuliner di tengah banyaknya persaingan bisa dilihat dari konsumen yang membeli. Maka dari itu, strategi untuk mempertahankan usaha salah satunya dengan mempertahankan konsumen serta perlu ditingkatkannya pelayanan yang baik dan kualitas produk (Febrianti & Beni, 2023). Dengan ini, UMKM perlu meningkatkan kualitas produk kuliner yang higienis serta mempertahankan kualitas rasa untuk memberikan kepuasan kepada konsumen.

## 2.2 Program Linear Bulat dengan Metode Bidang Potong

Program linear bulat merupakan kasus khusus yang terdapat dalam program linear. Dalam program linear bulat, penyelesaian dari variabel keputusan yang dibuat harus mempunyai solusi bilangan bulat atau integer. Program linear tidak dapat digunakan apabila solusi dari variabel keputusan yang dicari harus bulat (Rahayu, 2018). Program linear bulat memuat dua aspek yaitu *program linear* yang melibatkan sejumlah kendala linear serta fungsi tujuan, dan solusi berupa bilangan bulat. Penggunaan program ini memperkenalkan kompleksitas dalam mencari penyelesaian optimal karena batasan solusi pada variabel keputusan. Penerapan program ini sangat luas dan mencakup berbagai bidang seperti keuangan, optimasi jaringan, usaha kuliner, usaha pakaian, logistik, dan lain sebagainya. Langkah-langkah untuk mendapatkan solusi bulat dari masalah

program linear sebagai berikut (Putri, N., 2024):

- 1) Metode grafik maupun simplek digunakan untuk penyelesaian program bilangan bulat dengan mengabaikan syarat dari semua batasan atau variabel penyusunnya bilangan bulat.
- 2) Menyelesaikan masalah program linear tersebut dan menentukan hasil optimalnya. Jika penyelesaiannya bukan bilangan bulat, lanjut ke langkah selanjutnya.
- 3) Tambahkan batasan khusus atau kendala baru yang secara berulang menggerakkan hasil optimal ke suatu penyelesaian bulat yang diinginkan.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan pada program linear bulat, salah satunya yaitu metode Bidang Potong. Metode bidang potong menyelesaikan permasalahan bilangan bulat dengan menambahkan kendala baru atau batasan baru yang disebut *Gomory* (Nico et al., 2014). Penambahan batasan *gomory* dilakukan ketika nilai dari variabel keputusan bukan bilangan bulat sehingga didapat daerah layak baru dimana nilai variabel keputusan merupakan bilangan bulat (Jannah et al., 2018). Menurut (Basriati et al., 2018), langkah-langkah penyelesaian masalah bilangan bulat dengan metode *Bidang Potong* yaitu:

- 1) Gunakan metode simplek untuk menyelesaikan permasalahan program linear.
- 2) Selidiki nilai optimum dari langkah pertama, apabila variabel keputusan solusi optimum adalah bilangan bulat maka proses telah selesai. Apabila variabel keputusan pada solusi optimum masih bernilai desimal (belum bulat) maka dilanjutkan proses selanjutnya.
- 3) Membuat batasan baru dan menyelesaikan menggunakan metode dual simpleks.
- 4) Ulangi Langkah kedua.

### 3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan. Adapun tahapan dalam penelitian ini diantaranya:

#### 1. Mengumpulkan Data

##### a) Studi Lapangan

Pengumpulan data melalui studi lapangan meliputi wawancara dan observasi. Observasi dilakukan dengan meninjau penjualan bakso kober dan wawancara langsung bersama penjual Bakso Kober di Maguwoharjo, Depok, Sleman untuk memperoleh data atau informasi. Dalam penelitian ini membutuhkan data diantaranya jenis-jenis bakso yang diproduksi, bahan-bahan produksi, minat pembeli bakso, banyak produksi bakso, dan keuntungan per hari yang diperoleh dari setiap jenis bakso.

##### b) Studi Pustaka

Mengumpulkan data dengan mengkaji beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas diantaranya terkait program linear bulat, metode bidang potong, dan optimalisasi keuntungan bakso.

#### 2. Merumuskan Kendala

Mengidentifikasi variabel keputusan lalu merumuskan kendala ke dalam bentuk program linear

#### 3. Merumuskan fungsi tujuan

Merumuskan fungsi tujuan ke dalam bentuk program linear. Selanjutnya, fungsi tujuan tersebut dimaksimalkan terhadap fungsi-fungsi kendala yang telah dibuat.

#### 4. Pengolahan Data dan Analisis

Memaksimalkan keuntungan penjual bakso kober dengan program linear bulat menggunakan metode bidang potong serta menggunakan software POM-QM

#### 5. Implementasi Model

Membuat bentuk program linear untuk mengoptimalkan keuntungan dengan mengidentifikasi fungsi tujuan, variabel keputusan, dan fungsi kendala.

#### 6. Evaluasi Hasil

Mengevaluasi hasil dengan menganalisis hasil Program Linear Bulat dengan POM-QM. Selanjutnya, hasil penelitian yang diperoleh akan dibandingkan dengan kondisi nyata yang dialami penjual bakso kober.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil wawancara dari penjual Bakso Pentolan Kober, diperoleh data bahan pembuatan bakso yang dapat dikelompokkan dan diidentifikasi terhadap variabel keputusan yaitu :

##### a) Bakso kecil memerlukan bahan diantaranya :

- (a) 650 gram tepung kanji.
- (b) 2,5 kg daging ayam.

##### b) Bakso besar memerlukan bahan diantaranya :

- (a) 500 gram tepung kanji.
- (b) 2 kg daging ayam.
- (c) 300 gram jamur kuping.

##### c) Bakso jamur memerlukan bahan diantaranya :

- (a) 500 gram tepung kanji
- (b) 2 kg daging ayam
- (c) 1500 gram jamur kuping

##### d) Bakso keju memerlukan bahan diantaranya :

- (a) 180 gram tepung kanji
- (b) 1,5 kg daging ayam
- (c) 150 gram keju

##### e) Bakso telur memerlukan bahan diantaranya :

- (a) 120 gram tepung kanji
- (b) 1 kg daging ayam
- (c) 0,5 kg telur puyuh

#### B. Data Ketersediaan Bahan

Persediaan bahan-bahan yang digunakan untuk memproduksi beberapa jenis bakso yaitu 4 kg tepung kanji, 10 kg daging ayam, 0,2 kg keju, 2 kg jamur kuping, dan 1 kg telur puyuh. Bahan lainnya yang digunakan untuk pembuatan bakso per 1 kg daging ayam diantaranya 3 siung bawang putih, 2 sendok garam, 1 sachet lada bubuk, dan 2 butir putih telur.

#### C. Harga Bakso

Bakso kecil dijual seharga Rp500,00/biji, bakso besar dijual seharga

Rp5.000,00/biji, bakso jamur dijual seharga Rp2.000,00/biji, bakso keju dijual dengan harga Rp2.000,00/biji, dan bakso telur dijual seharga Rp2.000,00.

5.42%, minat terhadap bakso jamur mencapai 20.42%, minat terhadap bakso keju yaitu 15.42%, serta minat terhadap bakso telur mencapai 11.25%.

**D. Minat Konsumen**

Penelitian ini menggunakan sampel konsumen selama 3 hari dengan jumlah sampel 60 konsumen. Minat konsumen terhadap bakso kecil mencapai 47.50%, minat terhadap bakso besar mencapai

**E. Solusi Masalah**

Berikut ini persediaan bahan baku dan kebutuhan bahan untuk sekali produksi disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Produksi Bakso Kober dalam Satu Hari

Bahan	Jenis Bakso					Kapasitas/ persediaan per hari (kg)
	Bakso kecil	Bakso besar	Bakso jamur	Bakso keju	Bakso telur	
Tepung kanji	0,002	0,014	0,004	0,002	0,002	4
Daging ayam	0,007	0,057	0,017	0,017	0,017	9
Keju	0	0	0	0,001	0	0,2
Jamur kuping	0	0,008	0,004	0	0	2
Telur puyuh	0	0	0	0	0,008	1

Keuntungan produksi bakso kober dalam satu hari disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Keuntungan Produksi Bakso dalam Satu Hari

Keterangan	Bakso kecil	Bakso besar	Bakso jamur	Bakso keju	Bakso telur
Harga Jual	180.000	175.000	240.000	180.000	120.000
Biaya Produksi	110.000	136.000	135.000	102.000	65.000
dan lain-lain	14.250	11.400	11.400	8.550	5.700
Biaya produksi + biaya lain-lain	124.250	147.400	146.400	110.550	70.700
Keuntungan	55.750	27.600	93.600	69.450	49.300
Keuntungan (per biji)	155	789	780	722	822

Berdasarkan data dari Tabel 1 dan Tabel 2 bisa digunakan untuk mengoptimalkan keuntungan menggunakan metode Bidang Potong. Berikut langkah-langkah

penyelesaian menurut Basriati et al (2018):

- 1) Menyelesaikan masalah program linear integer menggunakan metode dual simpleks

- (a) Menentukan variabel Keputusan  
 $x_1$  = Banyak produksi bakso kecil  
 $x_2$  = Banyak produksi bakso besar  
 $x_3$  = Banyak produksi bakso jamur  
 $x_4$  = Banyak produksi bakso keju  
 $x_5$  = Banyak produksi bakso telur

$$0,007x_1 + 0,057x_2 + 0,017x_3 + 0,017x_4 + 0,017x_5 \leq 9 \quad (k2)$$

$$0,002x_4 \leq 0,2 \quad (k3)$$

$$0,009x_2 + 0,004x_3 \leq 2 \quad (k4)$$

$$40,008x_5 \leq 1 \quad (k5)$$

$$x_1 \leq 31587,5 \quad (k6)$$

$$x_2 \leq 3602,083 \quad (k7)$$

$$x_3 \leq 13577,083 \quad (k8)$$

$$x_4 \leq 10252,083 \quad (k9)$$

$$x_5 \leq 7481,25 \quad (k10)$$

- (b) Merumuskan Fungsi Tujuan  
 Memaksimumkan :  
 $Z = 155x_1 + 789x_2 + 780x_3 + 772x_4 + 822x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15}$

- (c) Merumuskan Fungsi Kendala  
 $0,002x_1 + 0,014x_2 + 0,004x_3 + 0,002x_4 + 0,002x_5 \leq 4 \quad (k1)$

(d) Solusi menggunakan metode simplek

Tabel 3. Awal Simpleks Produksi Bakso

Cj		155	789	780	772	822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(Ca)j	Xi																					
	(Xa)j	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	bi					
0	x6	0,002	0,014	0,004	0,002	0,002	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2000
0	x7	0,007	0,057	0,017	0,017	0,017	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	529
0	x8	0	0	0	0,002	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	-
0	x9	0	0,009	0,004	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-
0	x10	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	125
0	x11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	315	-
0	x12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	36	-
0	x13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	136	-
0	x14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	103	-
0	x15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	75	75
	Zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Cj-Zj	155	788	780	771	821	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Proses penyelesaian menggunakan metode simpleks memuat 7 iterasi untuk

mencapai nilai optimal. Sehingga diperoleh tabel nilai optimal berikut ini :

Tabel 4. Optimal Simpleks Program 1

Cj		155	789	780	772	822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(Ca)j	Xi																					
	(Xa)j	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	bi					
0	x6	0	0	0	0	0	1	-0,0017	1,088	0	0	0,0280701	0	0	0	0	0,002	2,105				
155	x1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	318,0				
772	x4	0	0	0	1	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	100				
0	x9	0	0	0	0	0	0	1,342	1,342	1	0	0	0	-0,0013	0	0	0	1,219				
0	x10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-0,008	0,4				
0	x12	0	0	0	0	0	0	-0,123	149,1	0	0	0,1228	1	0,298	0	0	0,30	9,87				
789	x2	0	1	0	0	0	0	0,12	-149,12	0	0	0	0	0	0	0	0	26,3				
780	x3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	136				
0	x14	0	0	0	0	0	0	0	-500	0	0	0	0	0	1	0	0	3				
822	x5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75				
	Zj	155	789	780	772	821	0	96,89	268342	0	0	155	0,0	780,0	0	822,0	0	314687,0				
	Cj-Zj	0	0	0	0	0	0	-96,89	-268342	0	0	-155	0,0	-780,0	0	-822,0	0	0				



Berikut ini penyelesaian mengoptimalkan keuntungan Bakso Kober pada *POM-QM*.

	X1	X2	X3	X4	X5	RHS	
Maximize	155	789	780	772	822		Max 155X1 + 789X2 + ...
Constraint 1	0.002	0.014	0.004	0.002	0.002	<=	4 0.02X1 + 0.14X2 + 0.0...
Constraint 2	0.007	0.057	0.017	0.017	0.017	<=	9 .007X1 + .057X2 + 0.1...
Constraint 3	0	0	0	0.002	0	<=	0.2 .002X4 <= 2
Constraint 4	0	0.009	0.004	0	0	<=	2 .009X2 + .004X3 <= 2
Constraint 5	0	0	0	0	0.008	<=	1 .008X5 <= 1
Constraint 6	1	0	0	0	0	<=	316 X1 <= 316
Constraint 7	0	1	0	0	0	<=	36 X2 <= 36
Constraint 8	0	0	1	0	0	<=	136 X3 <= 136
Constraint 9	0	0	0	1	0	<=	103 X4 <= 103
Constraint 10	0	0	0	0	1	<=	75 X5 <= 75
Variable type (click to set)	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer		

Gambar 1. Tampilan input data kendala dan fungsi tujuan

Variable	Type	Value
X1	Integer	316
X2	Integer	26
X3	Integer	136
X4	Integer	100
X5	Integer	75
Solution value		314424

Gambar 2. Tampilan pemecahan masalah (Program *Integer*)

Hasil analisis pada *POM-QM* dapat membantu dalam pemecahan masalah mengoptimalkan keuntungan penjual Bakso Kober serta dapat membantu penjual mengetahui banyak bakso yang diproduksi agar mencapai keuntungan

yang optimal yaitu sebesar Rp 314.424,00 dengan banyak produksi bakso kecil 316 biji, bakso besar 26, bakso jamur 136 biji, bakso keju 100 biji, dan bakso telur 75 biji.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan di atas, hasil analisis data menunjukkan penerapan program linear bulat dalam optimasi penjualan bakso kober dapat membantu dalam mengoptimalkan keuntungan. Menghitung keuntungan maksimal penjual bakso kober menggunakan metode bidang potong serta

*software POM-QM for Windows* membantu penjual mengetahui keuntungan maksimal yang akan didapatkan dari penjualan beberapa jenis bakso yakni bakso kecil, bakso besar, bakso jamur, bakso keju, dan bakso telur. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan keuntungan maksimal penjual bakso kober dapat diperoleh dengan memproduksi bakso kecil sebanyak 316 biji, bakso besar sebanyak 26 biji, bakso jamur

sebanyak 136 biji, bakso keju sebanyak 100 biji, dan bakso telur sebanyak 75 biji, sehingga penjual bakso kober akan mendapat keuntungan maksimal sebesar Rp314.424,00 per hari.

## 6. REFERENSI

- Basriati, S., Andiraja, N., Novia Rahma, A., Matematika, J., Sains dan Teknologi, F., Sultan Syarif Kasim Riau Jl Soebrantas No, U. H., & Baru, S. (2018). Penggunaan Metode Cutting Plane dalam Menentukan Solusi Integer Linear Programming (Studi Kasus: Dinas Perikanan Pemerintah Kabupaten Kampar). *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri, November*, 2579–5406.
- Febrianti, F., & Beni, S. (2023). Strategi Mempertahankan Loyalitas Pelanggan Pada Usaha Kuliner Di Kecamatan Bengkayang. *Inovasi Pembangunan : Jurnal Kelitbangan*, 11(02), 189–210. <https://doi.org/10.35450/jip.v11i02.384>
- Jannah, R., Arnellis, & Sriningsih, R. (2018). Optimasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe dengan Metode Branch and Bound dan Metode Cutting Plane. *UNP Journal of Mathematics*, 1(1), 42–47. <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/mat/article/view/4665/2610>
- Nico, Iryanto, & Tarigan, G. (2014). Aplikasi Metode Cutting Plane Dalam Optimisasi Jumlah Produksi Tahunan Pada PT. XYZ. *saintia Matematika*, 2(2), 127–136.
- Novagita, C., Elen., Julinda., Meitasya., Eldanto, M., Nini., Effendy, D. 2024. IMPLEMENTASI METODE SIMPLEKS UNTUK OPTIMASI KEUNTUNGAN UMKM KULINER: STUDI KASUS UMKM PENTOL BAMBANG. *Journal of Analysis Research and Management Review*. Vol 1 No 1. <https://samsonjournal.com/index.php/JARUM/article/view/6/7>
- Putri, N., et al (2024). (2024). *Integer Linear Programming In Production Profit Optimization Problems Using Branch And Bound Methods & Gomory Cutting Plane*. 20(3), 552–567. <https://doi.org/10.20956/j.v20i3.32888>
- Rahayu, Y.N., Arifudin, O.2020. PROGRAM LINEAR TEORI DAN APLIKASI. Jawa Barat: Widina Media Utama. <https://repository.penerbitwidina.com/publications/323881/program-linier-teori-dan-aplikasi>
- Rumetna, M. S., Lina, T. N., Aponno, T., Palisoa, A., Singgir, F., Thenu, F., & Anggeluli, P. (2018). *KOPERTIP: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer Penerapan Metode Simpleks Dan Software POM-QM Untuk Optimalisasi Hasil Penjualan Pentolan Bakso*. 02(03), 143–149.
- Sanlando, I. R., & Sulistyowati, F. (2023). Pendekatan Budaya Dalam Komunikasi Pemasaran “Sei Babi” Di Kota Yogyakarta. *MASSIVE: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 3(1), 43. <https://doi.org/10.35842/massive.v3i1.82>
- Sari, F., Winata, H., Julianti., Nathanin., Calista, V., Jonathan, V., & Effendy, D. 2024. Optimalisasi Keuntungan Warung Bakso Selera Dengan Menggunakan Pemrograman Linear Metode Simpleks. *Journal of Analysis Research and Management Review* 1(1). <https://samsonjournal.com/index.php/JARUM/article/view/8/9>
- Sinari, T., Lilianti, E., & Arifin, A. (n.d.). *Usaha Kuliner Sebagai Penggerak UMKM Pada Masa Pandemi Covid 19*.
- Zia, H. (2020). Pengaturan Pengembangan Umkm Di Indonesia. *Rio Law Jurnal*, 1(1). <https://doi.org/10.36355/rlj.v1i1.328>





# ANALISIS PERPINDAHAN PENGGUNAAN E-COMMERCE OLEH MAHASISWA MATEMATIKA UNIVERSITAS SANATA DHARMA MENGGUNAKAN RANTAI MARKOV

Fransiska Windyaningrum Lusitasari<sup>1)</sup>, Selly Lovilla Santi<sup>2)</sup>, Dominikus Arif Budi Prasetyo<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sanata Dharma

e-mail: [fransiskalusitasari@gmail.com](mailto:fransiskalusitasari@gmail.com)

<sup>2</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sanata Dharma

e-mail: [sellylovillasanti@gmail.com](mailto:sellylovillasanti@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sanata Dharma

e-mail: [dominic\\_abp@usd.ac.id](mailto:dominic_abp@usd.ac.id)

## Abstrak:

*Dalam era digital yang semakin berkembang, semakin banyak inovasi dan aplikasi online yang memudahkan manusia untuk melakukan transaksi. Banyaknya e-commerce yang bermunculan menjadi alasan persaingan di antara pelaku bisnis online shop menjadi semakin sengit dan terjadi perpindahan pengguna aplikasi. Untuk mengetahui perpindahan dan pangsa pasar e-commerce di masa mendatang dapat dilakukan penelitian dengan salah satu cara yaitu rantai markov. Data diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh mahasiswa aktif Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma sebanyak 121 sampel. Hasil penelitian menunjukkan dominasi penggunaan Shopee dengan peluang 0.81328, Lazada 0.01355, Tokopedia  $7,1E-07$  atau (0.00000071), Bli-bli 0, dan Tiktok-shop 0.17091. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman tentang dinamika persaingan e-commerce di kalangan mahasiswa dan relevansinya dalam pengambilan keputusan strategis bagi pelaku bisnis online shop.*

**Keywords:** Markov, e-commerce, perpindahan

## 1. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang semakin berkembang, semakin banyak inovasi dan aplikasi online yang membantu memudahkan manusia untuk melakukan transaksi. Hal ini sejalan dengan Mohamad Rivai Olli dkk (2020), yang menyatakan bahwa di masa sekarang banyak orang – orang yang memesan barang melalui aplikasi online shop. Salah satu inovasi yang digunakan adalah e-commerce. E-commerce merupakan alat pemasaran yang efektif dalam bentuk aplikasi untuk melakukan proses bisnis yang menghubungkan beberapa komponen yaitu perusahaan atau pelaku bisnis, konsumen, dan komunitas tertentu melalui transaksi elektronik. Menurut Sugeng Santoso (2019) e-commerce ialah transaksi bisnis yang melibatkan pertukaran nilai yang dilakukan melalui teknologi digital. Kegiatan jual beli online akan lebih memudahkan konsumen dalam berbelanja. Para konsumen tidak perlu datang ke toko, konsumen hanya perlu mengunjungi situs belanja online yang dituju dan mencari barang yang ingin dibeli. Situs

jual beli online juga bisa meningkatkan minat pembelian konsumen karena dukungan teknologi canggih yang dapat menampilkan visualisasi gambar, warna, bentuk, ukuran dan pelayanan yang bersifat modern dan terbuka. Hal tersebut dapat memancing minat konsumen membeli produk dari situs online tersebut (Meliana, 2019).

Terdapat lebih dari jutaan e-commerce di seluruh dunia yang mengembangkan bisnisnya. Beberapa e-commerce yang tumbuh pesat di Indonesia marketplace. Marketplace merupakan tempat jual beli barang dengan media elektronik serta pengguna tidak perlu membuat situs atau toko online pribadi. Marketplace yang ada di Indonesia antara lain Tokopedia, Lazada, Liktok-shop dan sebagainya. Penjual cukup menampilkan foto barang yang akan dijual, harga barang dan deskripsi mengenai barang dagangannya. Konsumen yang tertarik membeli produk yang ditawarkan pihak penjual akan diberikan pesan dari sistem milik e-commerce dan dapat melakukan komunikasi langsung lebih lanjut antara penjual dan pembeli.

Banyaknya e-commerce yang bermunculan menjadi alasan persaingan di antara pelaku bisnis online shop menjadi semakin sengit. Fenomena ini tidaklah mengherankan mengingat internet telah membuka pintu bagi ribuan bahkan jutaan pengusaha kecil dan besar untuk memasarkan produk mereka secara global. Dengan munculnya banyak platform E-commerce di Indonesia, persaingan dalam penjualan online menjadi semakin sengit. Karena persaingan yang ketat, memungkinkan adanya konsumen yang berpindah dari e-commerce satu ke e-commerce lainnya karena banyak faktor. Untuk itu, peneliti ingin mengetahui bagaimanakah peluang perpindahan penggunaan e-commerce kedepannya. Selain itu, peneliti ingin meneliti bagaimanakah pangsa pasar pada tahun mendatang. Dalam memahami dinamika persaingan di dunia online shop, peneliti tertarik dengan konsep persaingan melalui lensa yang menarik dari teori probabilitas dan statistik, yaitu rantai Markov.

Sebelumnya, Siti Latifah (2021) telah melakukan penelitian yang menggunakan rantai Markov untuk analisa persaingan dalam jasa ekspedisi. Selain itu ada pula penelitian menggunakan rantai markov untuk melakukan estimasi perpindahan penggunaan smartphone yang dilakukan oleh Anang Asyofi, dkk (2023). Namun sejauh kami mencari, hingga saat ini belum ada penelitian mendalam terkait persaingan e-commerce yang menggunakan rantai markov. Oleh karena itu, peneliti ingin menggunakan rantai markov untuk melihat perpindahan brand e-commerce serta dapat melakukan prediksi terhadap pangsa pasar pada tahun mendatang.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### Proses Stokastik

Menurut Hillier (2010), Proses stokastik adalah kumpulan variabel acak  $\{X(t), t \in T\}$ . Semua potensi hasil dari variabel acak  $X(t)$  disebut sebagai ruang keadaan (state space), di mana untuk setiap  $t$  dalam himpunan  $T$ ,  $X(t)$  adalah variabel acak yang mewakili keadaan pada waktu  $t$ .

### Rantai Markov

Rantai Markov adalah metode untuk mempelajari karakteristik variabel pada masa sekarang yang didasari dari karakteristik masa lalu dalam meramalkan variabel tertentu pada

masa depan. Rantai markov merupakan proses stokastik yang sifatnya adalah peluang. Hasil peluang dari rantai markov nantinya akan membantu untuk mengambil keputusan.

Bagian Rantai Markov diantaranya adalah State, Transisi, dan matriks transisi. Rantai markov memiliki beberapa keadaan (state) yang dapat berubah – ubah. Setiap State memiliki peluang tertentu untuk pindah ke state lainnya. Transisi merupakan perpindahan dari suatu state ke state lainnya. Transisi dapat dihitung peluangnya menggunakan matriks peluang transisi. Matriks Transisi adalah suatu matriks yang di dalamnya terdapat informasi tentang perpindahan sistem antar state, biasanya matriks ini digunakan untuk menghitung peluang transisi antar state.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan untuk menyelesaikan masalah perpindahan penggunaan e-commerce. Menurut Muhammad Arsyam dan M. Yusuf Tahir (2021), penelitian terapan digunakan untuk memecahkan masalah-masalah praktis, penerapan, dan ilmu pengetahuan yang dikembangkan berdasar hasil penelitian dasar di kehidupan sehari-hari. Penelitian ini dirancang untuk membantu memahami dan mengatasi isu terkait perpindahan penggunaan aplikasi online shop di kalangan mahasiswa aktif program studi Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma. Subjek penelitian adalah mahasiswa aktif program studi Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma yang menggunakan aplikasi online shop.

Fokus penelitian adalah pada pola perpindahan penggunaan aplikasi online shop oleh subjek selama beberapa tahun terakhir. Mahasiswa dipilih sebagai kelompok utama karena mereka merupakan konsumen aktif yang menggunakan teknologi untuk kebutuhan berbelanja dan memiliki pemahaman tentang pangsa pasar aplikasi online shop saat ini. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada mahasiswa aktif program studi Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma terkait penggunaan aplikasi online shop, dengan tujuan memahami estimasi perpindahan penggunaan aplikasi online shop

di kalangan subjek penelitian. Analisis data dilakukan dengan tahapan: (1) tabel yang menampilkan jumlah pengguna aplikasi belanja online dari setiap merek toko online, (2) membuat tabel brand switching yang mencatat perpindahan dari merek ke merek lainnya, (3) menentukan peluang transisi, (4) menyusun matriks berdasar peluang transisi (P), (5) melakukan uji state ergodic, dan (6) memprediksi pangsa pasar dengan mengalikan state dengan matriks peluang transisi sampai di dapat kestabilan pangsa pasar (steady state).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Merk E-commerce dan Jumlah Pengguna Periode Pertama

No	Merk e-commerce	Jumlah pengguna 2023	Persentase
1	Shopee	89	73,6%
2	Lazada	5	4,1%
3	Tokopedia	13	10,7%
4	Bli-bli	1	0,8%
5	Tiktok shop	13	10,7%
Total		121	100%

Berdasarkan tabel 1, dari 121 responden yang mengisi kuesioner rupanya jumlah penggunaan e-commerce paling banyak adalah Shopee dengan persentase (73%), kemudian Tokopedia dan Tiktok-shop dengan persentase (10,7%), disusul Lazada dengan persentase (4,1%), dan Bli-bli dengan persentase (0,8%).

Tabel 2. Merk E-commerce dan Jumlah Pengguna Periode Kedua

No	Merk e-commerce	Jumlah pengguna 2024	Persentase
1	Shopee	90	74,4%
2	Lazada	3	2,5%
3	Tokopedia	9	7,4%
4	Bli-bli	0	0
5	Tiktok-shop	19	15,7%
Total		121	100%

Berdasarkan tabel 2, rupanya pada periode kedua atau pada tahun ini yaitu tahun 2024 penggunaan e-commerce mengalami perubahan. Shopee masih memiliki peringkat paling banyak pengguna yaitu (74,4%), kemudian Tiktok-shop (15,7%), lalu Tokopedia (7,4%), Lazada (2,5%), dan Bli-bli (0%).

Tabel 3. Jumlah Penambahan dan Pengurangan Perpindahan Merek E-commerce

No	Merk e-commerce	Jumlah pengguna awal	Penambahan	Pengurangan	Jumlah pengguna saat ini
1	Shopee	89	1	0	90
2	Lazada	5	0	2	3
3	Tokopedia	13	0	4	9
4	Bli-bli	1	0	1	0
5	Tiktok shop	13	6	0	19
Total		121	7	7	121

Berdasarkan tabel 3, Tiktok-shop mengalami penambahan pengguna paling banyak yaitu sebesar 6 pengguna kemudian Shopee sebanyak 1 pengguna. Sedangkan Tokopedia mengalami pengurangan tertinggi yaitu sebanyak 4 pengguna, kemudian Lazada 2 pengguna, dan Bli-bli 1 pengguna.

Tabel 4. Perpindahan Merek (Brand Switching)

D A R I M E R E K	Merk e-commerce	KE MEREK					respon den sebelu mnya
		shopee	lazada	tokopedia	blibli	tiktokshop	
	shopee	80	1	0	0	8	89
	lazada	1	2	0	0	2	5
	tokopedia	2	0	9	0	2	13
	blibli	1	0	0	0	0	1
	tiktokshop	6	0	0	0	7	13
	responden saat ini	90	3	9	0	19	121

Berdasarkan tabel pola perpindahan pada tabel 4, rupanya Tiktok-shop mengalami penambahan pengguna paling banyak dibandingkan e-commerce lainnya yaitu 8 pengguna dari Shopee, 2 pengguna dari Lazada, dan 12 pengguna dari Tokopedia. Sedangkan Tokopedia mengalami pengurangan jumlah pengguna paling banyak yaitu 2 pengguna beralih ke Shopee dan 2 pengguna beralih ke Tiktok-shop.

Dari tabel 4 juga dapat dilihat bahwa ada pengguna yang masih setia dan bertahan pada e-commerce yang digunakan yaitu Shopee sebanyak 80 pengguna, Tokopedia sebanyak 9 pengguna, Tiktok-shop sebanyak 7 pengguna, dan Lazada sebanyak 2 pengguna.

Dari tabel sebelumnya, kita dapat berasumsi bahwa perpindahan penggunaan merek lainnya telah mencapai kestabilan, sehingga kita dapat menyusun tabel peluang transisi (P) berdasarkan tabel 5 yang telah ditetapkan.

Tabel 5. Peluang Transisi (P)

D A R I M E R E K	Merk e-commerce	KE MEREK				
		shopee	lazada	tokopedia	blibli	tiktokshop
	shopee	0,9	0,01	0,00	0,00	0,09
	lazada	0,20	0,40	0,00	0,00	0,40
	tokopedia	0,15	0,00	0,7	0,00	0,15
	blibli	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tiktok-shop	0,46	0,00	0,00	0,00	0,54
	Market share	0,74	0,03	0,07	0,00	0,16

Pada tabel 5 diperoleh data pengguna shopee tetap menggunakan Shopee adalah 0,89 yang diperoleh dari 80/89 kemudian dibulatkan, dimana pembilang dengan angka 80 menyatakan jumlah pengguna yang tetap setia menggunakan Shopee dan penyebut dengan angka 89 menyatakan jumlah pengguna pada periode tahun sebelumnya yang menggunakan Shopee. Demikian pula hingga seterusnya untuk mendapat nilai peluang merek-merek lainnya. Konsumsi Shopee adalah 0,74 yang diperoleh dari 90/121 dimana pembilang dengan angka 90 menyatakan jumlah pengguna Shopee periode sekarang dan penyebut dengan angka 121 menunjukkan jumlah responden pengguna e-commerce dalam penelitian ini.

Sehingga dari Tabel.5 diatas diperoleh matriks peluang transisi probabilitas sebagai berikut:

$$P = \begin{matrix} & a & b & c & d & e \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,90 & 0,01 & 0,00 & 0,00 & 0,09 \\ 0,20 & 0,40 & 0,00 & 0,00 & 0,40 \\ 0,15 & 0,00 & 0,69 & 0,00 & 0,15 \\ 1,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,46 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,54 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

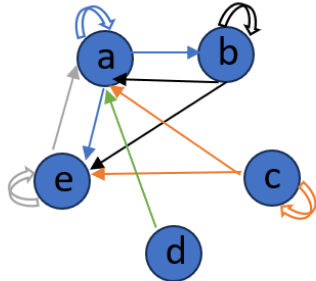
- a = Pengguna merek Shopee
- b = Pengguna merek Lazada
- c = Pengguna merek Tokopedia
- d = Pengguna merek Bli-bli
- e = Pengguna merek Tiktok-shop

Dari Tabel.5 juga diperoleh matriks baris dari market share sebagai berikut :

$$x = [0,74 \ 0,03 \ 0,07 \ 0,00 \ 0,16]$$

Melalui matriks probabilitas tersebut dapat memproyeksikan market share (pangsa pasar) untuk periode selanjutnya hingga mencapai kondisi steady state atau equilibrium.

Selanjutnya mengubah matriks transisi menjadi rantai markov :



Selanjutnya adalah melakukan perkalian antara matriks probabilitas transisi dengan matriks market share untuk menentukan steady state untuk pangsa pasar pada masa depan.

**mencari steady state:**

1. Formulasi Model:

Misalkan didefinisikan variabel berikut ini:

$a_n$  = persentase pengguna aplikasi shopee pada akhir periode ke n

$b_n$  = persentase pengguna aplikasi lazada pada akhir periode ke n

$c_n$  = persentase pengguna aplikasi tokopedia pada akhir periode ke n

$d_n$  = persentase pengguna aplikasi bli-bli pada akhir periode ke n

$e_n$  = persentase pengguna aplikasi tiktok-shop pada akhir periode ke n

Menggunakan data yang ada sebelumnya pada Tabel.5 diperoleh model probabilistik:

$$a_{n+1} = 0,90 a_n + 0,20 b_n + 0,15 c_n + 1,00 d_n + 0,46 e_n$$

$$b_{n+1} = 0,01 a_n + 0,40 b_n + 0,00 c_n + 0,00 d_n + 0,00 e_n$$

$$c_{n+1} = 0,00 a_n + 0,00 b_n + 0,7 c_n + 0,00 d_n + 0,00 e_n$$

$$d_{n+1} = 0,00 a_n + 0,00 b_n + 0,00 c_n + 0,00 d_n + 0,00 e_n$$

$$e_{n+1} = 0,09 a_n + 0,40 b_n + 0,15 c_n + 0,00 d_n + 0,54 e_n$$

2. Penyelesaian Model

Tabel 6. Steady State

n	0,74	0,03	0,07	0	0,16
0	0,7561	0,0194	0,0483	0	0,1755
1	0,77235	0,01532	0,03333	0	0,17782
2	0,78497	0,01385	0,023	0	0,17666
3	0,79396	0,01339	0,01587	0	0,17504
4	0,80014	0,0133	0,01095	0	0,17371
5	0,80433	0,01332	0,00755	0	0,17278
6	0,80718	0,01337	0,00521	0	0,17215
7	0,8091	0,01342	0,0036	0	0,17174
8	0,81042	0,01346	0,00248	0	0,17147
9	0,81131	0,01349	0,00171	0	0,17128
10	0,81193	0,01351	0,00118	0	0,17116
11	0,81235	0,01352	0,00082	0	0,17108
12	0,81264	0,01353	0,00056	0	0,17103
13	0,81284	0,01354	0,00039	0	0,17099
14	0,81297	0,01354	0,00027	0	0,17096
15	0,81307	0,01355	0,00018	0	0,17095
16	0,81314	0,01355	0,00013	0	0,17093
17	0,81318	0,01355	8,8E-05	0	0,17093
18	0,81321	0,01355	6,1E-05	0	0,17092
19	0,81323	0,01355	4,2E-05	0	0,17092
20	0,81325	0,01355	2,9E-05	0	0,17091
21	0,81326	0,01355	2E-05	0	0,17091
22	0,81326	0,01355	1,4E-05	0	0,17091
23	0,81327	0,01355	9,5E-06	0	0,17091
24	0,81327	0,01355	6,6E-06	0	0,17091
25	0,81328	0,01355	4,5E-06	0	0,17091
26	0,81328	0,01355	3,1E-06	0	0,17091
27	0,81328	0,01355	2,2E-06	0	0,17091
28	0,81328	0,01355	1,5E-06	0	0,17091
29	0,81328	0,01355	1E-06	0	0,17091
30	0,81328	0,01355	7,1E-07	0	0,17091

Berdasarkan Tabel 5 di atas, setelah melalui beberapa periode, rupanya di periode ke-25 dan seterusnya, nilai probabilitasnya mulai mencapai stabilitas. Oleh karena itu, kita dapat menyatakan bahwa kondisi steady state tercapai di periode ke-25, yang bertepatan pada tahun 2049. Nilai probabilitas untuk setiap merek e-commerce diketahui, yaitu Shopee sebesar 0.81328, Lazada 0.01355, Tokopedia 7,1E-07 atau (0.00000071), Bli-bli 0, dan Tiktok-shop 0.17091. Apabila diubah ke persen menjadi Shopee 81.33%, kemudian Lazada 1.36 %, lalu Tokopedia 0%, Bli-bli 0%, dan Tiktok-shop 17.09%. Sehingga bila diurutkan berdasar e-commerce dengan pilihan paling tinggi adalah Shopee, kemudian disusul Tiktok-shop, Lazada, Tokopedia, dan Bli-bli.

**3. KESIMPULAN**

Analisis rantai Markov dapat digunakan sebagai alat dalam membantu mengambil keputusan. Dalam penelitian ini, rantai Markov digunakan untuk memprediksi perpindahan penggunaan *E-commers* dari Shoppe, Lazada, Tokopedia, Bli-bli, dan Tiktok-shop dari kusioner mahasiswa aktif Pendidikan

Matematika Universitas Sanata Dharma diperoleh hasil berikut ini :

- a. Peluang perpindahan penggunaan *E-commerce* dapat dilihat menggunakan peluang transisi probabilitas sebagai berikut :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,90 & 0,01 & 0,00 & 0,00 & 0,09 \\ 0,20 & 0,40 & 0,00 & 0,00 & 0,40 \\ 0,15 & 0,00 & 0,69 & 0,00 & 0,15 \\ 1,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,46 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,54 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan:

a = Pengguna merek Shopee

b = Pengguna merek Lazada

c = Pengguna merek Tokopedia

d = Pengguna merek Bli-bli

e = Pengguna merek Tiktok-shop

- b. Kondisi *steady state* perpindahan e-commerce akan terjadi pada tahun ke-25 yaitu pada tahun 2049 dengan probabilitas tiap e-commerce yaitu Shopee 0.81328, Lazada 0.01355, Tokopedia 7,1E-07 atau (0.00000071), Bli-bli 0, dan Tiktok-shop 0.17091. Sehingga berdasarkan penelitian yang dilakukan, e-commerce yang paling tinggi peminatnya adalah Shopee kemudian disusul Tiktok-shop, Lazada, Tokopedia, dan Bli-bli. Analisis pangsa pasar yang di dapatkan ini hanya berlaku apabila tidak terjadi penambahan merek e-commerce lainnya yang digunakan mahasiswa aktif Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma.

#### 4. REFERENSI

- Ahdika, A. (2023). *Pengantar Proses Stokastik*. Yogyakarta: UII Press. [https://www.researchgate.net/publication/369816780\\_Pengantar\\_Proses\\_Stokastik](https://www.researchgate.net/publication/369816780_Pengantar_Proses_Stokastik)
- Arsyam, M dan Tahir, M, Y. (2021). Ragam Jenis Penelitian dan Perspektif. *Jurnal STAI DDI Makasar*. Doi: <http://dx.doi.org/10.55623/au.v2i1.17>
- Asyrofi, A., Anggriani, I., dan Soemarsono, A, R. (2023). Penerapan Metode Rantai Markov Waktu Diskrit dalam Estimasi Perpindahan Penggunaan Merek Smartphone di Balikpapan. *Jurnal Ilmu Dasar*, 24 (2), 159-168. Doi: <https://doi.org/10.19184/jid.v24i2.34872>
- Chandri, P, R, P., Suparti, K, A, A., Fresilia, N, M, W., Novryana, T., dan Octavanny, M, A, D. (2024). Analisis Markov Chain dalam Memprediksi Market Share dan Equilibrium Pengguna Laptop Mahasiswa Aktif Universitas Udayana. *E-Jurnal Matematika*, 13 (1), 66-73. Doi: <https://doi.org/10.24843/MTK.2024.v13.i01.p443>
- Dur, S., Cipta, H., dan Lestari, L. (2022). Persentase Pengguna Situs Belanja Online pada mahasiswa di Sumatera Utara. *SITek:Jurnal sains, informatika, dan teknologi*,1(1), 30-35.
- Gifari, F, A., Maulana, M, A., dan Maulana, S. (2022). Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Konsumen Merek Laptop Pada Mahasiswa Teknik Industri Universitas Indraprasta PGRI. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 3(1), 45-62.
- Hillier, F. S., dan Lieberman, G. J. (2010). *Introduction To Operations Research (Ninth Edition)*. The Mc-Graw-Hill Companies.
- Latifah, S. dan Astuti, Y, P. (2021). Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Persaingan Pengiriman Barang (ekspedisi). *Math Unesa Jurnal Ilmiah Matematika*, 9 (3), 458-465. Doi: <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n3.p458-465>
- Olii, M, R., Pratiknjo, M, H., dan Matheosz, J, N. (2020). Online Shop Sebagai Alternatif Berbelanja Masyarakat Kota Manado. *Jurnal Holistik*, 13(4).
- Santoso, S. (2019). Sistem Transaksi E-commerce dalam Perspektif Kuh Perdata dan Hukum Islam. *AHKAM*, 4(2), 217-246. Doi: <https://media.neliti.com/media/publications/178292-ID-none.pdf>

Sugiyarto, H. (2021). *Pengantar Proses Stokastik*. Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi terapan Universitas Ahmad Dahlan.

# OPTIMALISASI KEUNTUNGAN UMKM “PAPEDA & TELUR GULUNG KANG EDY” MENGGUNAKAN PROGRAM LINEAR BULAT DENGAN BANTUAN PROGRAM POM QM

Nurafiza Riski<sup>1)</sup>, Ira Lestari Saragih<sup>2)</sup>, Rosa Kusuma Andina<sup>3)</sup>, Antonius Yudhi Anggoro<sup>4)</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [nurafiza.rizki.jc@gmail.com](mailto:nurafiza.rizki.jc@gmail.com)

<sup>2</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [irasidauruk12345@gmail.com](mailto:irasidauruk12345@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [rosakusumandina@gmail.com](mailto:rosakusumandina@gmail.com)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma  
email: [yudhianggoro@usd.ac.id](mailto:yudhianggoro@usd.ac.id)

## Abstract

*Papeda and Telur Gulung Kang Edy is one of the micro businesses that produces types of food that are currently favored by various groups. Every micro business that is built certainly has a goal to obtain maximum profits. The purpose of this study is to determine the amount of production of papeda, telur gulung original, telur gulung sosis, telur gulung puyuh and telur gulung bakso in order to achieve maximum profit. This problem is solved using spherical linear programs with the help of the POM-QM program. The constraints considered in this issue include the availability of chicken eggs, quail eggs, sausages, meatballs, vermicelli, flour and public buying interest in each product. The results of this study show that the number of papeda, telur gulung original, telur gulung sosis, telur gulung puyuh, and telur gulung bakso that must be produced consecutively are 131 papeda production, 151 telur gulung original skewers, 216 telur gulung sosis skewers, 1069 telur gulung puyuh skewers, and 234 telur gulung bakso skewers with a maximum profit of Rp. 960,871.*

**Keywords:** Linear programming, Integer programming, POM-QM

## 1. PENDAHULUAN

Setiap usaha dibangun tentu saja bertujuan untuk memperoleh keuntungan. Agar keuntungan dapat tercapai para pengusaha perlu membuat strategi sedemikian rupa agar seluruh biaya yang digunakan tetap terkontrol antara pengeluaran dan pemasukan (Dali et al., 2022). Akan tetapi banyak permasalahan yang sering dihadapi oleh pelaku usaha salah satunya yakni menghitung berapa banyak produksi agar memperoleh keuntungan maksimal (Utami et al., 2020).

Dalam menjalankan bisnis, persaingan akan semakin banyak terjadi. Seiring dengan berkembangnya usaha di bidang kuliner, banyak usaha-usaha mikro yang mempertahankan bisnisnya untuk dapat terus bertahan dan tentunya memperoleh keuntungan semaksimal

mungkin yang dapat mereka peroleh. Hal tersebut biasanya dilakukan dengan membuat kreasi baru terhadap kuliner yang mereka jual dengan tujuan untuk menarik perhatian konsumen dan tentunya untuk tetap bertahan ditengah persaingan yang semakin pesat.

Dalam rangka mencapai keuntungan maksimal, penting dilakukan penyesuaian antara produksi dan pembelian konsumen. Dalam rangka mengoptimalkan pengolahan untuk memperoleh keuntungan maksimal, masalah tersebut dapat diselesaikan dengan cara perhitungan Program Linear Bulat.

Perhitungan dengan menggunakan program linear bulat dapat dilakukan dalam menyelesaikan masalah optimasi karena menghasilkan penyelesaian optimasi pemrograman linear yang menghasilkan variabel-variabel keputusan berupa bilangan



bulat. Sehubungan dengan hal tersebut, dengan perkembangan teknologi, pengoptimalan dapat dilakukan dengan memodelkan sejumlah variabel terkait dalam suatu persamaan Program Linear kemudian dengan memanfaatkan *tools* yang ada pada POM-QM dapat ditentukan solusi penyelesaian masalah.

Salah satu usaha mikro yang memproduksi jenis makanan yang saat ini sangat digemari oleh berbagai kalangan adalah UMKM “Papeda dan Telur Gulung Kang Edy” yang memproduksi papeda dan telur gulung dengan berbagai jenis diantaranya telur gulung original, sosis, telur gulung puyuh, dan bakso. Jajanan yang sedang *trend* ini memunculkan banyak usaha mikro lain yang memproduksi jenis jajanan yang sama. Dalam upaya meningkatkan penjualan pada jajanan papeda dan telur gulung secara optimal, UMKM “Papeda dan Telur Gulung Kang Edy” menjadi salah satu UMKM pilihan yang akan diteliti dalam penelitian ini dengan menggunakan Program Integer dengan bantuan *software* POM-QM. UMKM ini terletak di depan Stadion Maguwoharjo Sleman dan merupakan salah satu dari banyaknya UMKM sejenis yang tetap bertahan dengan persaingan rasa dan harga.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Supatimah et al. (2019) yang berjudul “Optimasi Keuntungan dengan Metode *Branch and Bound*” menyatakan bahwa dengan perhitungan program integer metode *branch and bound* menggunakan *software* QM dapat diperoleh keuntungan sebesar Rp. 5.095.420 pada usaha *Sentral MeLaundry* yang bekerja pada jasa cuci kain dengan banyaknya pencucian adalah 53 kg untuk jenis *bedcover*, 188 kg untuk pencucian boneka, 1350 kg pakaian, dan 101 kg selimut.

Penelitian yang dilakukan oleh Zuserain et al. (2021) yang berjudul “Analisa Optimasi Keuntungan dengan *Integer Linear Programming* dan Metode *Branch and Bound* pada Toko Bunga QuinnaStory” juga sejalan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Penelitian ini menyatakan bahwa dengan

menggunakan model penyelesaian integer linear programming dan metode *branch and bound*, dapat diperoleh keuntungan maksimal sebesar Rp 2.764.000,- dengan memproduksi 36 buket bunga kecil, 31 buket bunga besar, dan menyediakan 120 box persediaan per hari.

Penelitian ini dilakukan dengan studi lapangan secara langsung melalui wawancara dan juga studi literatur melalui beberapa jurnal. Penyelesaian menggunakan program linear bulat dengan *software* POM-QM bertujuan untuk mencari solusi maksimal besar keuntungan usaha mikro. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui banyaknya produksi papeda, telur gulung original, telur gulung sosis, telur gulung puyuh, dan telur gulung agar mencapai keuntungan yang maksimal. Dengan mengetahui strategi mendapatkan keuntungan maksimal tersebut pemilik usaha atau Kang Edy dapat lebih mempertahankan kualitas rasa dagangannya sehingga dapat memperoleh keuntungan yang maksimal di tengah persaingan bisnis di bidang kuliner.

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dijelaskan pada penelitian ini adalah berapa banyak produksi yang dibutuhkan untuk papeda, telur gulung puyuh, dan telur gulung sosis untuk mencapai keuntungan yang maksimal.

## 2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

- Program Linear  
Program Linear merupakan teknik matematis digunakan untuk memecahkan masalah dalam kehidupan nyata guna untuk memperoleh solusi optimal atau untuk menghitung nilai terbaik dalam konteks atau situasi tertentu (Bhattarai, 2018).
- Program Linear Bulat  
Program linear bulat merupakan program linear yang menghasilkan solusi bulat dalam menyelesaikan masalah optimasi (memaksimumkan dan meminimumkan (Marulizar et al., 2018). Model matematika dari program

integer sebagai berikut :

Optimasi

(Memaksimumkan/Meminimumkan):

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Dengan kendala:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \text{atau} \geq b_i \text{ untuk } i \\ = 1, 2, 3, \dots$$

$$x_j \text{ bulat} \geq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Keterangan:

$Z$  = fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimum/minimum)

$c_j$  = kenaikan nilai  $Z$  apabila ada pertambahan nilai  $x_j$

$m$  = banyaknya kendala

$x_j$  = variable keputusan yang belum diketahui nilainya

$a_{ij}$  = koefisien fungsi kendala

$b_i$  = kapasitas sumber daya yang tersedia

- **POM-QM**

POM-QM merupakan salah satu *software* matematika yang digunakan dalam menyelesaikan persoalan matematika yang salah satunya adalah optimalisasi keuntungan menggunakan *integer programming* (Rahayu & Arifudin, 2020).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan. Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah optimasi. Penelitian terapan digunakan untuk memecahkan permasalahan keuntungan maksimal pada UKM Kang Edy. Data diperoleh dengan cara observasi dan wawancara dengan studi kasus UKM Papeda & Telur Gulung Kang Edy. Selain itu penelitian ini juga melakukan studi literatur yang bersumber dari Jurnal maupun artikel yang terkait. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Langkah awal yang dilakukan adalah identifikasi masalah. Identifikasi

masalah berupa banyaknya persaingan industri di bidang kuliner yang menyebabkan UKM Kang Edy perlu meningkatkan penjualannya dengan cara memaksimalkan keuntungannya.

2. Setelah mengidentifikasi masalah, selanjutnya melakukan pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi dan wawancara. Wawancara dilakukan dua kali yaitu tanggal 02 April 2024 pukul 20.00 WIB dan 27 April 2024 pukul 23.00 WIB dengan salah satu karyawan UKM Papeda & Telur Gulung Kang Edy sebagai narasumbernya, yang berlokasi di Jln. Stadion Maguwoharjo Paingan. Data yang diperoleh pada saat wawancara diantaranya data bahan pokok yang digunakan pada setiap jenis penjualan, persediaan bahan pokok yang digunakan, banyaknya bahan pokok yang dibutuhkan pada saat mengelola bahan makanan, banyaknya takaran telur yang digunakan antar jenis telur gulung, keuntungan setiap jenis penjualan, dan harga jual setiap jenis penjualan. Observasi dilakukan untuk melihat banyaknya minat konsumen terhadap setiap jenis jualan yang dijual Kang Edy. Dengan melakukan survei dapat dianalisis banyak minat pada setiap jenis penjualan yang bertujuan untuk melengkapi data pada penelitian ini, mengamati secara langsung proses pembuatan papeda dan telur gulung serta dokumentasi yang dilakukan pada saat proses pengumpulan data.
3. Setelah terkumpul, data disusun ke dalam tabel bantuan.
4. Selanjutnya menentukan variabel keputusan setiap jenis penjualan yang dijual oleh Kang Edy lalu berdasarkan tabel bantuan dapat dituliskan fungsi tujuan dan juga kendalanya.
5. Kemudian pengolahan data, maka solusi optimasi dapat dilakukan dengan bantuan POM-QM.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

- i. **Data Hasil Wawancara**

Berdasarkan hasil wawancara, data yang diperoleh menyediakan beberapa jenis dagangannya yakni Papeda, telur gulung original, telur gulung sosis, telur gulung

puyuh dan telur gulung bakso. Berikut merupakan bahan baku yang digunakan oleh Kang Edy untuk usahanya dalam perharinya.

Tabel 1. Bahan Baku yang Digunakan

Jenis Bahan Baku	Banyak Bahan/Hari	Satuan
Telur ayam	16	Kg
Telur Puyuh	1200	Biji
Sosis	50	Potong
Bakso	500	Biji
Tepung	3	Kg
Bihun	24	Bungku s

Dari bahan baku yang disediakan oleh Kang Edy, per hari dapat dibuat 200 tusuk papeda, 120 tusuk telur gulung original, 400 tusuk telur gulung sosis, 1000 tusuk telur gulung puyuh, dan 500 tusuk telur gulung bakso. Hal ini dapat dicapai dalam setengah hari produksi, dengan asumsi seluruh persediaan bahan baku habis diproduksi dan terjual. Papeda dijual seharga Rp 2.000/tusuk dan untuk telur gulung original, telur gulung sosis, telur gulung puyuh beserta telur gulung bakso dijual seharga Rp 1000/tusuknya.

## ii. Data Hasil Observasi

### Analisis Minat Beli Masyarakat

Analisis minat beli masyarakat melalui hasil survei yang dilakukan sebanyak tiga kali yakni survei pertama Jumat 3 Mei 2024, survei kedua Senin 20 Mei 2024 dan survei ketiga Sabtu 25 Mei 2024 dengan 60 responden yang minat membeli jualan Papeda dan telur gulung Kang Edy yang berlokasi di Jln. Stadion Maguwoharjo Sleman. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan diperoleh minat beli masyarakat sebagai berikut.

Tabel 2. Minat Beli Masyarakat

Jenis Makanan	Jumlah Tusuk	Persentase
Papeda	51	7,3 %
Telur gulung original	59	8,4 %
Telur gulung sosis	84	12 %
Telur gulung puyuh	414	59,2 %
Telur gulung bakso	91	13 %
Jumlah	699	100 %

Berdasarkan Tabel sebelumnya mengenai survei minat masyarakat diperoleh hasil analisis minat beli masyarakat terhadap setiap jenis jualan Kang Edy adalah telur gulung puyuh merupakan jenis makanan yang paling banyak diminati, yang kedua adalah telur gulung bakso, ketiga adalah telur gulung sosis, keempat adalah telur gulung original, dan yang terakhir adalah papeda.

## iii. Variabel Keputusan

Variabel keputusan pada optimasi dikategorikan berdasarkan jenis penjualan UKM Papeda & Telur Gulung Kang Edy, sebagai berikut :

$x_1$  = banyaknya produksi papeda

$x_2$  = banyaknya produksi telur gulung original

$x_3$  = banyaknya produksi telur gulung sosis

$x_4$  = banyaknya produksi telur gulung puyuh

$x_5$  = banyaknya produksi telur gulung bakso

## iv. Tabel Bantuan Perumusan

### Kendala bahan Baku

Adapun koefisien yang digunakan sebagai nilai fungsi tujuan yaitu harga makanan yang dijual tiap jenis nya. Dalam penelitian ini digolongkan menjadi 3 jenis makanan dengan harga yang berbeda antara lain, papeda dijual dengan harga Rp.2000/biji, Telur gulung sosis dijual dengan harga Rp.1000/biji dan Telur gulung puyuh dijual dengan harga Rp.1000/biji. Fungsi tujuan dari rumusan masalah yaitu untuk menentukan kombinasi harga makanan sehingga

menghasilkan pendapatan maksimal dari hasil penjualan Papeda & Telur Gulung, sehingga kendala dapat dimodelkan sebagai berikut:

Tabel 3. Keuntungan Tiap Produksi

	Papeda	Telur Gulung Original	Telur Gulung Sosis	Telur Gulung Puyuh	Telur Gulung Bakso
Hasil produksi	200	120	400	1000	500
Biaya produksi	Rp 107.670	Rp 67.020	Rp 169.405	Rp 566.210	Rp 252.701
Harga satuan	Rp 2000	Rp 1000	Rp 1000	Rp 1000	Rp 1000
Pendapatan (Jika habis terjual) / Hari	Rp 400.000	Rp 120.000	Rp 400.000	Rp 1.000.000	Rp 500.000
Keuntungan (Jika habis terjual) / Hari	Rp 292.330	Rp 52.980	Rp 230.595	Rp 433.790	Rp 247.299
Keuntungan per biji	Rp 1.461,-	Rp 441,-	Rp 576,-	Rp 433,-	Rp 494,-

Tabel 4. Bahan Pokok dan Ketersediaannya

Sumber	Kombinasi Keputusan					Batas Sumber	Satuan
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$		
Telur Ayam	0	0,0147	0,00735	0,00735	0,00735	$\geq 16$	kg
Telur Puyuh	1	0	0	1	0	$\leq 1200$	butir
Sosis	0	0	0,125	0	0	$\leq 50$	potong
Bakso	0	0	0	0	1	$\leq 500$	biji
Bihun	0	0	0,0125	0,0125	0,0125	$\leq 24$	bungkus
Tepung	0,015	0	0	0	0	$\leq 3$	kg

v. Minat Beli Masyarakat

$x_1$  adalah minat terhadap penjualan papeda.

$x_2$  (Telur gulung original)

$$x_2 \leq 8,4\%(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_2 \leq 0,084(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_2 \leq 0,084x_1 + 0,084x_2 + 0,084x_3 + 0,084x_4 + 0,084x_5$$

$$-0,084x_1 - 0,084x_2 + x_2 - 0,084x_3 - 0,084x_4 - 0,084x_5 \leq 0$$

$$-0,084x_1 + 0,916x_2 - 0,084x_3 - 0,084x_4 - 0,084x_5 \leq 0$$

$x_3$  (Telur gulung sosis)

$$x_3 \leq 12\%(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_3 \leq 0,12(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_3 \leq 0,12x_1 + 0,12x_2 + 0,12x_3 + 0,12x_4 + 0,12x_5$$

$$-0,12x_1 - 0,12x_2 - 0,12x_3 + x_3 - 0,12x_4 - 0,12x_5 \leq 0$$

$$-0,12x_1 - 0,12x_2 + 0,88x_3 - 0,12x_4 - 0,12x_5 \leq 0$$

$x_4$  (Telur gulung puyuh)

$$x_4 \leq 59,2\%(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_4 \leq 0,592(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_4 \leq 0,592x_1 + 0,592x_2 + 0,592x_3 + 0,592x_4 +$$

$$0,592x_5$$

$$-0,592x_1 - 0,592x_2 - 0,592x_3 - 0,592x_4 + x_4 - 0,592x_5 \leq 0$$

$$-0,592x_1 - 0,592x_2 - 0,592x_3 + 0,408x_4 - 0,592x_5 \leq 0$$

$x_5$  (Telur gulung bakso)

$$x_5 \leq 13\%(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_5 \leq 0,13(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)$$

$$x_5 \leq 0,13x_1 + 0,13x_2 + 0,13x_3 + 0,13x_4 + 0,13x_5$$

$$-0,13x_1 - 0,13x_2 - 0,13x_3 - 0,13x_4 - 0,13x_5 + x_5 \leq 0$$

$$-0,13x_1 - 0,13x_2 - 0,13x_3 - 0,13x_4 + 0,87x_5 \leq 0$$

Dari hasil observasi diperoleh urutan banyaknya peminat untuk tiap jenis penjualan yaitu telur gulung puyuh dengan peminat paling banyak, kemudian telur gulung bakso urutan kedua, telur gulung sosis urutan ketiga, telur gulung original urutan keempat, dan terakhir papeda.

Dengan demikian, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$x_4 \geq x_5 \geq x_3 \geq x_2 \geq x_1 \geq \text{artinya}$$

- $x_4 \geq x_5$   
 $x_4 - x_5 \geq 0$
- $x_5 \geq x_3$   
 $x_5 - x_3 \geq 0$
- $x_3 \geq x_2$   
 $x_3 - x_2 \geq 0$
- $x_2 \geq x_1$   
 $x_2 - x_1 \geq 0$

vi. Perumusan Kendala

Berdasarkan tabel di atas diperoleh beberapa kendala sebagai berikut :

Telur ayam:

$$0,0147x_2 + 0,00735x_3 + 0,00735x_4 + 0,00735x_5 \leq 16$$

Telur puyuh:  $x_1 + x_4 \leq 1200$

Sosis:  $x_3 \leq 400$

Bakso:  $x_4 \leq 500$

Bihun:  $0,0125x_3 + 0,0125x_4 + 0,0125x_5 \leq 24$

Tepung:  $0,015x_1 \leq 3$

Minat:

$$0,83x_1 - 0,17x_2 - 0,17x_3 - 0,17x_4 - 0,17x_5 \leq 0$$

$$-0,197x_1 + 0,803x_2 - 0,197x_3 - 0,197x_4 - 0,197x_5 \leq 0$$

$$-0,28x_1 - 0,28x_2 + 0,72x_3 - 0,28x_4 - 0,28x_5 \leq 0$$

$$-0,303x_1 - 0,303x_2 - 0,303x_3 - 0,303x_4 + 0,697x_5 \leq 0$$

vii. Fungsi Tujuan

Memaksimumkan keuntungan

$$z = 1.461x_1 + 441x_2 + 576x_3 + 433x_4 + 494x_5$$

viii. Solusi Optimasi Program Linear Bulat

Berdasarkan perumusan kendala yang dibahas di bagian vi terkait kendala pada

produksi setiap jenis penjualan dan juga minat konsumen pada penjualan Kang Edy di atas, dapat diselesaikan persoalan optimasi keuntungan dengan memasukkan sejumlah kendala yang telah dibuat dan juga fungsi tujuan menggunakan berbantuan POM-QM.

$$z = 1.461x_1 + 441x_2 + 576x_3 + 433x_4 + 494x_5$$

$$0,0147x_2 + 0,00735x_3 + 0,00735x_4 + 0,00735x_5 \leq 16 \quad \text{(k1)}$$

$$x_1 + x_4 \leq 1200 \quad \text{(k2)}$$

$$0,0125x_3 \leq 50 \quad \text{(k3)}$$

$$x_5 \leq 500 \quad \text{(k4)}$$

$$0,0125x_3 + 0,0125x_4 + 0,0125x_5 \leq 24 \quad \text{(k5)}$$

$$0,015x_1 \leq 3 \quad \text{(k6)}$$

$$-0,084x_1 + 0,916x_2 - 0,084x_3 - 0,084x_4 - 0,084x_5 \leq 0 \quad \text{(k7)}$$

$$-0,12x_1 - 0,12x_2 + 0,88x_3 - 0,12x_4 - 0,12x_5 \leq 0 \quad \text{(k8)}$$

$$-0,592x_1 - 0,592x_2 - 0,592x_3 + 0,408x_4 - 0,592x_5 \leq 0 \quad \text{(k9)}$$

$$-0,13x_1 - 0,13x_2 - 0,13x_3 - 0,13x_4 + 0,87x_5 \leq 0 \quad \text{(k10)}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  bilangan negatif

	X1	X2	X3	X4	X5	RHS
Maximize	1461	441	576	433	494	Max 1461X1 + 441X2 + 576X3 + 433X4 + 494X5
Constraint 1	0	1470	735	735	735	≤ 1600000 1470X2 + 735X3 + 735X5
Constraint 2	1	0	0	1	0	≤ 1200 X1 + X4 ≤ 1200
Constraint 3	0	0	1	0	0	≤ 400 X3 ≤ 400
Constraint 4	0	0	0	0	1	≤ 500 X5 ≤ 500
Constraint 5	0	0	1	1	1	≤ 1000 X3 + X4 + X5 ≤ 1000
Constraint 6	15	0	0	0	0	≤ 3000 15X1 ≤ 3000
Constraint 7	927	-73	-73	-73	-73	≤ 0 927X1 - 73X2 - 73X3 - 73X4 - 73X5 ≤ 0
Constraint 8	-84	916	-84	-84	-84	≤ 0 -84X1 + 916X2 - 84X3 - 84X4 - 84X5 ≤ 0
Constraint 9	-12	-12	88	-12	-12	≤ 0 -12X1 - 12X2 + 88X3 - 12X4 - 12X5 ≤ 0
Constraint 10	-13	-13	-13	-13	87	≤ 0 -13X1 - 13X2 - 13X3 - 13X4 + 87X5 ≤ 0
Variable type (click to set)	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	

Dengan menggunakan bantuan POM-QM diperoleh x sebagai berikut :

Variable	Type	Value
X1	Integer	131
X2	Integer	151
X3	Integer	216
X4	Integer	1069
X5	Integer	234
Solution value		960871

Dari tabel di atas, dengan bantuan POM-QM dapat disimpulkan bahwa UKM Kang Edy akan mencapai keuntungan maksimal sebesar Rp. 960.871 dengan memproduksi 131 papeda, 151 tusuk telur gulung original, 216 telur gulung sosis,

1069 tusuk telur gulung puyuh, dan 234 telur gulung bakso.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dengan bantuan POM-QM dengan beberapa kendala dan juga fungsi tujuan, diperoleh keuntungan maksimal UKM Kang Edy sebesar Rp. 960.871. Keuntungan ini dicapai dengan memproduksi 131 tusuk papeda, 151 tusuk telur gulung original, 216 tusuk telur gulung sosis, 1069 tusuk telur gulung puyuh, dan 234 tusuk telur gulung bakso.

Hasil optimasi keuntungan UKM Kang Edy ini sesuai dengan hasil survei yang telah dilakukan, yang menunjukkan urutan minat masyarakat terhadap setiap jenis penjualan Kang Edy. Hasil survei menunjukkan bahwa jenis penjualan Kang Edy dengan peminat terbanyak adalah telur gulung puyuh.

Hal tersebut juga ditunjukkan pada hasil perhitungan optimasi keuntungan yang menghasilkan bahwa dalam sehari, Kang Edy perlu memproduksi 1000 tusuk telur gulung puyuh untuk memperoleh keuntungan maksimalnya. Artinya, Kang Edy perlu memperbanyak produksinya untuk penjualan telur gulung puyuh dibandingkan dengan jenis penjualan lainnya, karena telur gulung puyuh merupakan salah satu jenis jualan Kang Edy yang paling laris dengan peminat terbanyak.

## 6. REFERENSI

Aprilyanti, S., Pratiwi, I., & Basuki, M. (2018, May). Optimasi keuntungan produksi kemplang panggang menggunakan linear programming melalui Metode Simpleks. In *Seminar dan konferensi Nasional IDEC* (pp. 7-8).

D. Bhattarai. (2018). "Linear Programming Problems: Determination of Optimal Value of Real Life Practical Problems," *Nuta J.*, vol. 5, pp. 79–86

Dali, D., Lesnussa, A. Y., & Ilwaru, I. Y. V. (2022). Optimalisasi Keuntungan Menggunakan Metode Branch and Bound Pada Produksi Spring Bed .

*Jurnal Matematika*, 12(2), 78–88.

Daryani, S., Aritonang, S. S., & Panggabean, S. (2024). Optimasi Keuntungan Produksi UMKM Keripik Pisang Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks Dan Software POM-QM. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, 3(1), 69-88.

Marulizar, T., Sinulingga, U., & Nababan, E. (2018). Optimalisasi Program Linear Integer Murni Dengan Metode Branch And Bound. *TALENTA Conference Series: Science & Technology*, 1(2), 175–181.

Utami, P. A. D., Fausayana, I., & Indarsyih, Y. (2020). OPTIMASI KEUNTUNGAN USAHA PENGOLAHAN BIJI METE DI KOTA KENDARI. *Jurnal Agribisnis Dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, 5(2), 65–68.

Sari, P. N., Andrayani, D., Nurhadi, A., & Janvierna, M. F. (2023). SOSIALISASI STRATEGI PEMASARAN DALAM RANGKA OPTIMALISASI KEUNTUNGAN UMKM KECAMATAN RANCABUNGUR MELALUI PERLUASAN PASAR DI DUNIA DIGITAL. *Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti*, 4(2), 162-173.

Supatimah, S. S., Farida, & Andriani, S. (2019). Optimasi Keuntungan dengan Metode Branch and Bound. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 1(1), 13–23.

Y. N. Rahayu adn O. Arifudin. (2020). *Program Linear Teori Dan Aplikasi*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung

Zuserain, A., Winarno, W., Nugraha, B., & Momon, A. (2021). Analisa optimalisasi keuntungan dengan integer linear programming dan

metode branch and bound pada toko bunga QuinnaStory. *Journal Industrial Servicess*, 6(2), 99-104.

# PENGUNAAN MEDIA BELAJAR GEOBOARD PADA MATERI BANGUN DATAR UNTUK MENINGKATKAN KREATIVITAS SISWA

Petrus Laurensius Greimont To<sup>1)</sup>, Matilda Devy Samponu<sup>2)</sup>, Margaretha A.D.N<sup>3)</sup>, Haniek Sri Pratini<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

<sup>4</sup> Sekolah Menengah Pertama Kanisius Gayam, Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

email: [greimonn08@gmail.com](mailto:greimonn08@gmail.com)

## Abstract

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan tingkat kreativitas siswa dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi keliling dan luas bangun datar di SMP Kanisius Gayam. Hal ini dilatarbelakangi oleh kurangnya efektivitas pembelajaran yang ada. Penggunaan alat peraga geoboard diharapkan dapat meningkatkan kreativitas siswa. Penelitian ini menerapkan pendekatan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dan melibatkan Guru mata pelajaran. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan asesmen. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan teknik kualitatif deskriptif. Penilaian tingkat kreativitas siswa pada siklus I sebesar 46,03% dan pada siklus II diketahui bahwa tingkat kreativitas siswa sebesar 77,05%. Oleh karena itu, berdasarkan tingkat kreativitas siswa dari siklus pertama dan kedua dapat disimpulkan bahwa PTK yang diterapkan berhasil.

**Kata kunci:** *project based learning, matematika, kreativitas, geoboard, bangun datar.*

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan mengakui peranan penting matematika sebagai mata pelajaran yang esensial dan diperlukan di setiap tingkatan pendidikan. Pada tingkat pendidikan sekolah menengah pertama, pembelajaran matematika berguna untuk mengembangkan kemampuan berpikir logis dan analitis, memperbaiki keterampilan dalam memecahkan masalah, membentuk dasar pengetahuan untuk pendidikan yang lebih lanjut, meningkatkan kemampuan numerasi, serta mendorong ketelitian dan ketekunan.

Pada jenjang sekolah menengah pertama, aspek matematika yang dipelajari mencakup beberapa aspek meliputi aritmetika, aljabar, geometri, statistika dan probabilitas serta matematika terapan. Geometri merupakan cabang ilmu matematika yang memiliki kaitan erat dengan kehidupan sehari-hari. Geometri juga memiliki percabangan yaitu geometri bidang yang berkaitan tentang dimensi panjang dan lebar serta geometri ruang yang berkaitan dengan dimensi panjang, lebar, dan tinggi. Geometri bidang membicarakan mengenai bangun datar segiempat, seperti persegi, persegi panjang, jajargenjang, belah ketupat, trapesium, dan layang-layang. Setiap bangun datar memiliki sifat tertentu yang membedakan tiap bangun datar tersebut.

Namun dalam penerapannya, sering

ditemui siswa mengalami kesulitan dalam mempelajarinya. Faktor yang menjadi penyebab kesulitan belajar geometri menurut Muslimin & Sunardi (2019), seperti strategi pembelajaran yang diterapkan tidak cocok dengan materi yang diajarkan dan belum disesuaikan dengan tingkat perkembangan berpikir siswa. Selain itu siswa juga kurang menguasai konsep dasar geometri, sehingga untuk permasalahan kompleks seperti menentukan keliling dan luas. Kemudian dikarenakan banyaknya sifat – sifat tiap bangun, hal tersebut juga menyulitkan untuk mengidentifikasi tiap bentuk geometri bidang. Walaupun demikian, menurut Purborini & Hastari (2019), Pelajaran geometri bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir logis, mengembangkan pemahaman tentang dimensi ruang dalam kehidupan nyata, memberikan dasar pengetahuan untuk matematika lebih lanjut, dan mengajarkan keterampilan dalam membaca serta memahami argumen matematika.

Pendekatan melalui media pembelajaran dapat membantu proses pembelajaran. Hal ini didukung oleh Wiwin Apriani & Rahmi Hayati (2022), menjelaskan bahwa pemanfaatan media pembelajaran dalam proses belajar dapat menimbulkan minat baru dan merangsang motivasi siswa untuk aktif dalam kegiatan pembelajaran serta penggunaan media pembelajaran dapat memberikan dampak

psikologis yang positif pada siswa. Dalam fase awal pembelajaran, pemanfaatan berbagai media pembelajaran sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi dalam menyampaikan pesan dan materi pembelajaran.

Salah satu jenis media pembelajaran adalah perangkat demonstrasi yang berfungsi untuk mencapai tujuan pembelajaran dan mempermudah pemahaman siswa. Dalam proses pengajaran geometri datar, alat bantu seperti geoboard sangat berguna untuk mendukung pembelajaran. Geoboard merupakan salah satu alat peraga yang dapat membantu proses pembelajaran matematika pada materi geometri. Pemanfaatan geoboard sebagai media bertujuan untuk memfasilitasi pemahaman konsep matematika yang sulit dipahami, menggugah minat siswa, menantang mereka secara positif, serta mengaktifkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran dan eksplorasi konsep (Firdayati, 2020). Minat siswa terhadap pembelajaran geometri akan meningkat ketika mereka terlibat secara aktif dalam kegiatan pembelajaran, baik secara individu maupun dalam kelompok. Diperlukan kesempatan bagi mereka untuk melakukan eksplorasi, yang akan meningkatkan pemahaman mereka, dengan panduan dan arahan dari guru dalam memanfaatkan media tersebut. Diharapkan hal ini dapat membantu mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan untuk materi segiempat, sambil juga meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep tersebut.

Untuk sukses dalam prosesnya, penting untuk memiliki model pembelajaran yang dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Salah satu metode yang mampu memperkaya kemampuan tersebut adalah *project based learning* (PJBL). *Project based learning* adalah model pembelajaran yang menggunakan situasi atau masalah dunia nyata sebagai kerangka untuk mengajarkan siswa keterampilan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, dan untuk memperoleh pemahaman tentang pengetahuan serta konsep penting dalam materi pelajaran (Azzahra et al., 2023). Model ini dipilih karena melibatkan siswa dalam masalah kompleks dan persoalan dunia nyata, di mana siswa memiliki kebebasan untuk memilih dan menentukan masalah yang bermakna bagi mereka.

Tujuan dari penelitian tindakan kelas ini meliputi: (1) meningkatkan kreativitas siswa menggunakan geoboard sebagai media

pembelajaran, (2) meningkatkan prestasi belajar siswa dengan pemanfaatan geoboard sebagai media pembelajaran, dan (3) memperbaiki kreativitas serta prestasi belajar siswa dengan menggunakan geoboard sebagai media pembelajaran.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### Konsep Penelitian Tindakan Kelas

Penelitian tindakan kelas (PTK) adalah upaya penelitian yang dilakukan oleh guru dengan tujuan untuk meningkatkan mutu cara pengajaran di dalam kelas, dilakukan secara organik dalam proses pembelajaran (Nursehah et al., 2021). Tujuan dari PTK yaitu meningkatkan kualitas pembelajaran, sehingga kegiatan yang dilaksanakan harus merupakan tindakan yang diyakini lebih efektif dibandingkan dengan kegiatan-kegiatan lain yang dapat dilakukan. Keunikan dari Tindakan ini adalah adanya perbedaan dari praktik pembelajaran sebelumnya yang biasanya dilakukan oleh guru, karena metode yang telah digunakan sebelumnya dianggap belum memberikan hasil yang memuaskan.

### Pembelajaran *Project Based Learning*

Salah satu metode pembelajaran yang mendorong perkembangan kemampuan berpikir kreatif adalah *project based learning* (PJBL). Dalam pembelajaran ini, siswa akan diberikan sebuah masalah atau proyek yang terkait dengan materi, dan kemudian mereka akan diminta untuk menyelesaikannya atau membuat sebuah proyek atau kegiatan berdasarkan pertanyaan dan masalah yang diberikan. Proses ini akan melibatkan pencarian, penyelidikan, dan penemuan oleh siswa sendiri, sehingga mereka memperoleh pemahaman yang komprehensif dengan menggunakan ide dan gagasan baru yang mereka kembangkan dari teori, konsep, dan informasi yang diberikan, menjadikannya sesuatu yang baru dan berbeda. Dalam model pembelajaran ini juga dapat melatih siswa untuk bekerja secara mandiri maupun dalam kelompok untuk membuat dan menghasilkan sesuatu.

Model pembelajaran PJBL memiliki sejumlah kelebihan, termasuk meningkatkan semangat belajar, kemampuan dalam menyelesaikan masalah, kolaborasi, kemahiran berpikir kritis, dan kreativitas, memberi kesempatan lebih besar bagi peserta didik untuk mengembangkan kreativitas mereka (Azzahra



et al., 2023). Model pembelajaran *project based learning* (PjBL) mendorong siswa untuk menghadapi masalah atau diberikan proyek yang terkait dengan materi, lalu mereka diminta untuk menyelesaikannya atau menciptakan sebuah proyek/kegiatan berdasarkan pertanyaan dan masalah yang diberikan. Proses ini dilanjutkan dengan pencarian, penyelidikan, dan penemuan oleh siswa sendiri, sehingga mereka dapat memperoleh pemahaman yang menyeluruh dengan menggunakan ide atau gagasan baru yang mereka peroleh dari teori, konsep, dan informasi yang mereka telusuri, mengubahnya menjadi sesuatu yang baru dan unik.

### Pentingnya alat peraga dalam pembelajaran

Dalam menyampaikan pengetahuan, diperlukan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah dari siswa. Selain media audiovisual, terdapat media lain yang dapat membantu guru untuk mencapai tujuan pembelajaran yaitu alat peraga. Menurut Khotimah (2019), alat peraga merupakan alat bantu yang disusun berdasarkan ilmu pengetahuan yang digunakan dalam pembelajaran untuk membantu memperagakan sesuatu untuk mempermudah persepsi (Firdayati, 2020). Minat siswa terhadap pembelajaran meningkat saat mereka terlibat aktif, baik secara individu maupun dalam kelompok. Disarankan agar siswa diberikan kesempatan untuk melakukan eksplorasi, yang akan meningkatkan pemahaman mereka. Dalam penggunaan media tersebut, bimbingan dan arahan dari guru sangat diperlukan agar tujuan pembelajaran materi segiempat dapat tercapai, sehingga pemahaman konsep segiempat siswa meningkat.

Penggunaan alat peraga, dalam pembelajaran diharapkan dapat menarik perhatian dan membangkitkan minat serta motivasi siswa dalam belajar.

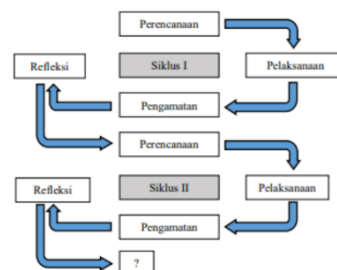
### Kesulitan pembelajaran geometri

Geometri adalah salah satu cabang matematika yang diajarkan mulai dari sekolah dasar, sekolah menengah pertama, sekolah menengah atas, hingga perguruan tinggi, dan berhubungan dengan pembentukan konsep-konsep abstrak (Fauzi & Arisetyawan, 2020). Dalam belajar geometri, siswa memerlukan pemahaman yang mendalam agar mereka mampu menerapkan keterampilan geometri yang dimiliki. Keterampilan tersebut mencakup visualisasi, pengenalan berbagai bentuk dua dan tiga dimensi, deskripsi gambar, pembuatan

sketsa bangun, pelabelan titik-titik tertentu, serta kemampuan mengidentifikasi perbedaan dan kesamaan antara berbagai bangun geometri (Muhassanah & Mulyatna, 2020).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai peningkatan kreativitas siswa. Penelitian ini dilakukan pada peserta didik kelas VII di SMP Kanisius Gayam dengan jumlah 30 orang pada semester genap tahun pelajaran 2023 - 2024. Penelitian ini menerapkan metode *Classroom Action Research* (Penelitian Tindakan Kelas). Penelitian tindakan kelas adalah langkah-langkah yang dijalankan di ruang kelas untuk mendorong pengembangan keyakinan dalam kekuatan pemikiran reflektif, diskusi, pengambilan keputusan, dan Tindakan oleh individu yang terlibat dalam penelitian, guna mengatasi tantangan yang mereka hadapi dalam kegiatan mereka. Dalam menjalankan penelitian tindakan kelas, dilakukan dengan pola siklus yang terdiri dari tahap perencanaan, pelaksanaan tindakan, pengamatan, dan refleksi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Siklus akan berhenti apabila tujuan atau hasil yang diperoleh sudah tercapai.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Tindakan Kelas. (Setiawan, 2020)

Desain penelitian yang dimaksud melibatkan kegiatan pembelajaran matematika dan evaluasi hasil belajar, yang menggunakan geoboard sebagai media, dengan menerapkan strategi pembelajaran proyek atau project based learning (PJBL). Penelitian ini berfokus untuk menentukan apakah kreativitas siswa meningkat ketika proses pembelajaran menggunakan media geoboard dengan model PJBL.

Tahap ini melibatkan pelaksanaan pembelajaran yang dirancang untuk mencapai tujuan meningkatkan kreativitas siswa dalam mata pelajaran matematika dan bangun datar

dengan menggunakan strategi PJBL. Kegiatan ini melibatkan tindakan berulang atau siklus yang terdiri dari perencanaan, pelaksanaan, observasi atau evaluasi, dan refleksi, yang digunakan untuk meningkatkan hasil belajar siswa.

1. Tahap 1

a. Tahap perencanaan

Rangkaian kegiatan dalam tahap ini meliputi penyusunan modul ajar untuk proses pembelajaran dan penyusunan instrumen penelitian.

b. Tahap pelaksanaan tindakan

Penyelenggaraan pembelajaran Matematika di SMP Kanisius Gayam diatur sesuai dengan jadwal pembelajaran, yang direncanakan dalam strategi pembelajaran.

c. Tahap Observasi dan Evaluasi

Pada tahap ini, dilakukan observasi terhadap pelaksanaan tindakan. Observasi dilakukan secara kontinu selama proses pembelajaran, sementara evaluasi hasil belajar dilakukan pada akhir setiap siklus.

d. Tahap Refleksi Siklus 1

Pada akhir setiap siklus pembelajaran, dilakukan proses refleksi. Hasil yang diperoleh dikumpulkan dan dianalisis. Kemudian berdasarkan analisis ini, peneliti dapat melakukan refleksi diri dengan meninjau data hasil tes untuk menentukan apakah kegiatan yang dilakukan telah meningkatkan kreativitas siswa. Jika pelaksanaan pada siklus awal tidak mencapai tujuan atau standar keberhasilan yang ditetapkan, maka proses akan dilanjutkan ke siklus berikutnya.

2. Tahap II

Jika evaluasi pada siklus pertama menunjukkan hasil yang kurang memuaskan, perbaikan harus dilakukan pada siklus berikutnya. Perbedaan dalam siklus II adalah perbaikan yang didasarkan pada hasil refleksi siklus sebelumnya. Tindakan yang dilakukan pada siklus kedua tetap sama dengan siklus sebelumnya, namun dengan memperhatikan serta menangani kelemahan yang teridentifikasi pada siklus sebelumnya.

Selain itu, dilakukan ujian akhir setiap tindakan untuk menilai pencapaian

dalam pembelajaran Matematika dan tingkat keberhasilan pada setiap siklus pembelajaran (Setiawan, 2020). Asesmen merupakan bagian integral dari proses pendidikan, memainkan peran yang sangat penting dalam mengukur pemahaman, kemajuan, dan pencapaian siswa. Dalam esai ini, kami akan mengeksplorasi konsep asesmen, pentingnya dalam konteks pendidikan modern, dan bagaimana asesmen yang efektif dapat membantu meningkatkan kualitas pembelajaran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil survei di SMP Kanisius Gayam mengindikasikan bahwa pembelajaran bangun datar umumnya disampaikan melalui pendekatan langsung dalam proses pengajarannya. Pemodelan bangun datar biasanya hanya berupa gambar yang digambar oleh guru di papan tulis, memperlihatkan berbagai jenis bangun datar. Seringkali, pengukuran sudut dan panjang sisi dilakukan oleh guru dengan mengandalkan perkiraan dan intuisinya, yang sudah menjadi rutinitas. Terkadang, meskipun guru menggunakan penggaris dan busur derajat kayu, alat-alat tersebut masih hanya digunakan untuk menggambar di papan tulis.

Berdasarkan hal itu, penulis mencoba untuk mengganti metode pembelajaran menjadi pembelajaran berbasis proyek atau *project based learning (pjb)*. Dalam pembelajaran ini, siswa diminta untuk beraktivitas membuat alat peraga geoboard secara berkelompok. Hasil asesmen diperoleh berdasarkan penerapan pembelajaran berbasis proyek.

4.1 Tingkat Kreativitas Siswa

Hasil penilaian kemampuan kreativitas pembuatan geoboard pada materi bangun datar dapat dilihat pada tabel berikut :

Jumlah Siswa	Nilai Tertinggi	Nilai Terendah	Rata - rata
30	87	47	77,05

Tabel 1. Hasil Penelitian Kemampuan Kreativitas

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kreativitas siswa adalah 77,05 dari 30 siswa, dengan nilai tertinggi 87 dan nilai terendah 47.

Ini menunjukkan bahwa siswa memiliki tingkat kreativitas yang tinggi. Jika kemampuan berpikir kreatif matematis siswa dilihat dari keseluruhan nilai, maka mereka termasuk dalam kategori tinggi.

Kategori	Kriteria Nilai	Jumlah Siswa	Persentase
Tinggi	$X \geq 92,97$	0	0%
Sedang	$92,97 < \text{Nilai} < 23,92$	22	75,8%
Rendah	$< 23,92$	7	24,14%

Tabel 2. Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan tersebut, terlihat bahwa penerapan model pembelajaran *project based learning* (PJBL) dengan menggunakan geoboard pada pelajaran mengenai bangun datar segiempat (seperti persegi, persegi panjang, jajargenjang, trapesium, belah ketupat, dan layang-layang). Untuk meningkatkan tingkat partisipasi dan kreativitas siswa dalam pembelajaran, beberapa tanda inklusi meliputi: mengajukan pertanyaan kepada guru, memberikan tanggapan atas pertanyaan yang diajukan oleh guru, bekerja bersama dalam kelompok, merancang alat bantu, berinteraksi dengan teman sekelompok, menyimpulkan dari hasil diskusi, serta menyajikan hasil tersebut kepada kelas. Rata-rata persentase kreativitas siswa pada siklus pertama adalah 46,03%, sedangkan pada siklus kedua mencapai 77,05%. Berdasarkan hasil peningkatan kreativitas siswa melalui indikator keberhasilan yang telah dicapai pada siklus I dan II, maka dapat disimpulkan penelitian tindakan kelas (PTK) yang diterapkan dinyatakan berhasil dan kreativitas siswa mengalami peningkatan yang baik.

Berdasarkan kesimpulan di atas, disarankan bahwa penggunaan model PJBL yang dibantu dengan alat peraga geoboard dalam pembelajaran matematika digunakan agar pembelajaran yang dilaksanakan lebih bermakna dan dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam proses belajar.

## 6. REFERENSI

Azzahra, U., Arsih, F., & Alberida, H. (2023). *BIOCHEPHY : Journal of Science*

*Education* PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROJECT-BASED LEARNING ( PjBL ) TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF PESERTA DIDIK PADA PEMBELAJARAN BIOLOGI : LITERATURE REVIEW. 03(1), 49–60.

Fariyah, U., & Pd, M. (n.d.). *Media Pembelajaran Matematika*.

Fauzi, I., & Arisetyawan, A. (2020). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Geometri di Sekolah Dasar. 11(1), 27–35.

Maulida, M. A. (n.d.). *Paradigma pembelajaran matematika berbasis nctm*.

Muhassanah, N., & Mulyatna, F. (2020). Analisis Tingkat Berpikir Geometris Menurut Van Hiele pada Mata Kuliah Geometri Analitik Ditinjau dari Gaya Kognitif. 2682(2), 233–244.

Muslimin, M., & Sunardi, S. (2019). Analisis Kemampuan Penalaran Matematika Siswa SMA Pada Materi Geometri Ruang. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 10(2), 171–178. <https://doi.org/10.15294/kreano.v10i2.18323>

Nomleni, F. T., Sarlotha, T., & Manu, N. (2009). *Pengembangan Media Audio Visual dan Alat Peraga dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Pemecahan Masalah*. 219–230.

Nursehah, U., Primagraha, U., Primagraha, U., & Drill, M. (2021). *PENERAPAN METODE DRILL AND PRACTICE UNTUK*. 2(01).

Purborini, S. D., & Hastari, R. C. (2019). Analisis Kemampuan Spasial Pada Bangun Ruang Sisi Datar Ditinjau Dari Perbedaan Gender. *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 49–58. <https://doi.org/10.31316/j.derivat.v5i1.147>

Setiawan, D. (2020). *Peningkatan Hasil Belajar Matematika melalui Media Pembelajaran Segitiga Bongkar Pasang*

*dengan Strategi STAD.*

Wiwin Apriani, & Rahmi Hayati. (2022).  
Pengaruh Aplikasi Geogebra Terhadap  
Hasil Belajar Mahasiswa Pada Materi

Geometri Transformasi. *EduMatSains :  
Jurnal Pendidikan, Matematika Dan  
Sains*, 6(2), 281–292.  
[https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i2  
.3456](https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i2.3456)

# OPTIMISASI KEBUTUHAN TOTAL ARMADA BUS PERKOTAAN BERDASAR *INTEGER PROGRAMMING*

Prapto Tri Supriyo<sup>1)</sup>, Bib Paruhum Silalahi<sup>2)</sup>, Farida Hanum<sup>3)</sup>, Hidayatul Mayyani<sup>4)</sup>, Toni Bakhtiar<sup>5)</sup>

<sup>1</sup>FMIPA Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

email: [praptotrisupriyo@gmail.com](mailto:praptotrisupriyo@gmail.com)

## *Abstrak*

Salah satu masalah yang selalu dihadapi oleh operator bus perkotaan adalah penentuan total kendaraan yang harus disediakan guna melayani suatu rute/trayek/koridor pada setiap harinya. Total kendaraan yang dioperasikan setiap harinya bergantung dengan jumlah pengguna yang umumnya tidak selalu sama di setiap harinya. Jumlah pengguna bus di hari kerja pada umumnya berbeda dengan jumlah pengguna di akhir pekan atau hari libur. Selain dari pada itu, setiap harinya jumlah pengguna bus di periode jam sibuk yakni pada saat jam berangkat atau pulang kerja pada umumnya berbeda dengan di luar periode jam sibuk. Berdasar kebutuhan jumlah armada yang harus dioperasikan pada setiap periode waktu di setiap harinya guna melayani suatu rute/trayek/koridor tertentu, penentuan total armada bus yang harus dioperasikan pada setiap harinya tentu sangat bermanfaat guna mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi sumberdaya yang tersedia. Paper ini bertujuan memberikan model eksak berdasar integer programming yang dapat digunakan untuk menentukan total bus perkotaan yang harus dioperasikan setiap harinya pada suatu rute/trayek/koridor tertentu. Input model berupa jam pemberangkatan dan kedatangan setiap bus pada suatu hari tertentu dengan output model berupa total bus yang harus disediakan di hari tersebut. Model diimplementasikan menggunakan bantuan perangkat lunak optimisasi Lingo pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2. Berdasarkan waktu eksekusi model yang relatif sangat cepat pada saat implementasi menunjukkan bahwa model dapat dipandang layak untuk digunakan.

**Keywords:** bus perkotaan, integer programming, optimisasi

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas penyediaan dan layanan bus perkotaan merupakan keniscayaan yang harus dilakukan sebagai bagian dari upaya mengurangi kemacetan lalu lintas di daerah perkotaan yang besar dan padat. Seiring semakin meningkatnya kualitas penyediaan dan pelayanan bus perkotaan disinyalir adanya kecenderungan peningkatan *load factor*. Jika peningkatan *load factor* tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan armada bus yang beroperasi dapat menyebabkan penumpukan penumpang di halte. Hal tersebut dapat mengurangi tingkat kepuasan penumpang dan memberikan peluang bagi penumpang menggunakan transportasi pribadi atau mode transportasi lain yang berpotensi menimbulkan kemacetan. Oleh karena itu, operator bus perkotaan perlu melakukan pengambilan keputusan yang tepat dalam menentukan total armada bus yang harus dioperasikan setiap harinya.

Perencanaan sistem transportasi yang baik berdampak pada peningkatan kualitas pelayanan dan biaya operasional yang efisien (Zhong *et al.* 2019). Penelitian mengenai masalah pengiriman bus telah dilakukan oleh Hanum *et al.* (2014) dan Aman *et al.* (2015) dengan hanya menetapkan satu tujuan yaitu meminimumkan biaya operasional bus. Penelitian tersebut hanya memperhatikan sisi perusahaan, padahal pada kenyataannya masalah pengiriman bus juga berdampak pada penumpang. Sehingga dalam masalah pengiriman bus perlu mempertimbangkan tujuan lain yang harus dicapai. Menurut Rindengan *et al.* (2013), model optimisasi yang mempertimbangkan masalah multi tujuan dapat diformulasikan sebagai *goal programming*. Metode *goal programming* memiliki nilai aspirasi untuk setiap fungsi tujuan yang ditetapkan sesuai preferensi pengambil keputusan sehingga bisa berakibat nilai aspirasi tersebut tidak tepat. Ketidaktepatan nilai aspirasi dapat ditangani dengan menyatakan setiap fungsi tujuan dalam

derajat keanggotaan *fuzzy* (Kusumadewi dan Purnomo 2004 dalam Rindengan *et al.* 2013) sehingga masalahnya dapat diselesaikan menggunakan metode *fuzzy goal programming* (FGP).

Supriyo *et al.* (2023), memberikan model FGP guna untuk menentukan skenario pemberangkatan bus perkotaan pada setiap periode waktu yang sekaligus meminimalkan biaya operasional bus dan biaya kerugian waktu tunggu penumpang. Model diimplementasikan pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2. Penelitian ini tidak membahas berapa total bus yang harus dioperasikan pada setiap harinya.

Penelitian ini merupakan lanjutan yang telah dilakukan oleh Supriyo *et al.* (2023) yang bertujuan membangun model eksak berdasar *integer programming* guna menentukan total bus perkotaan yang harus dioperasikan setiap harinya pada suatu rute//trayek/koridor tertentu.

## 2. KAJIAN LITERATUR

Winston (2004) menyatakan bahwa *operations research* (OR) atau sering juga disebut sebagai *management science* (MS) merupakan pendekatan ilmiah untuk pengambilan keputusan yang bertujuan untuk mendapatkan rancangan atau solusi terbaik dalam pengoperasian suatu sistem yang biasanya berkaitan dengan pengalokasian sumberdaya-sumberdaya yang terbatas. Lebih lanjut dipaparkan pula berbagai model dan *tools* untuk menyelesaikan masalah-masalah optimisasi, beberapa diantaranya terkait dengan masalah *integer programming* yang disertai dengan pembahasan *software* berbasis optimisasi yang digunakan untuk membantu menyelesaikan masalahnya. Salah satu keuntungan penggunaan model *integer programming* adalah relatif fleksibel untuk dimodifikasi dan diadaptasikan. Modifikasi ini dilakukan terhadap fungsi objektif dan kendala-kendala yang terkait sesuai kebutuhan dengan memperhatikan parameter-parameter yang tersedia.

Supriyo *et al.* (2023) memberikan langkah-langkah konstruktif bagaimana menentukan skenario pemberangkatan bus perkotaan pada suatu rute/trayek/koridor sehingga meminimalkan biaya operasional dan biaya kerugian waktu tunggu penumpang. Dalam hal ini, waktu dalam sehari dimana bus beroperasi dibagi kedalam beberapa periode waktu sesuai dengan kebutuhan. Rute bus berawal dari suatu

terminal awal, kemudian melalui sejumlah halte guna menuju terminal akhir, kemudian berlanjut melalui sejumlah halte menuju ke terminal awal. Sehingga rute dapat dipandang sebagai suatu *cycle*. Input model berupa jumlah penumpang yang naik dan turun di setiap halte pada setiap periode waktu. Output model berupa jumlah bus yang harus diberangkatkan pada setiap periode waktu di setiap harinya.

Penelitian ini bertujuan membangun model eksak berdasar *integer programming* guna menentukan total bus perkotaan yang harus dioperasikan setiap harinya pada suatu rute/trayek/koridor tertentu. Input model berupa jam pemberangkatan dan kedatangan setiap bus pada suatu hari tertentu dengan output model berupa total kendaraan yang harus disediakan di hari tersebut. Model divalidasi dan diimplementasikan menggunakan bantuan perangkat lunak optimisasi Lingo pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2.

## 3. METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian diawali dengan mendiskripsikan masalah secara informal, kemudian membangun model optimisasi beserta analisis matematikanya, dan yang terakhir melakukan validasi model menggunakan bantuan *software* berbasis optimisasi.

Lingkup substansi meliputi kajian dan pembangunan model optimisasi berdasar *integer programming*. Model dianalisis secara matematik dan divalidasi dengan bantuan *software* optimisasi Lingo. Selanjutnya model diimplementasikan menggunakan bantuan perangkat lunak optimisasi Lingo pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pandang suatu rute/trayek/koridor bus perkotaan yang berangkat dari suatu terminal awal, kemudian melalui sejumlah halte guna menuju terminal akhir, kemudian berlanjut melalui sejumlah halte menuju ke terminal awal. Sejumlah armada bus berkapasitas penumpang tertentu digunakan untuk melayani trayek bus perkotaan tersebut. Diketahui jumlah penumpang yang turun dan yang naik di terminal dan di setiap halte pada setiap periode waktu tertentu. Banyaknya armada bus yang harus diberangkatkan dalam setiap periode waktu tertentu sehingga semua penumpang terangkut yang sekaligus meminimumkan biaya operasional bus dan biaya kerugian waktu

tunggu penumpang dapat diperoleh menggunakan model FGP yang diberikan oleh Supriyo *et al.* (2023). Selanjutnya dapat diatur jadwal waktu keberangkatan dan waktu kedatangan setiap bus di terminal awal. Berdasar jadwal waktu keberangkatan dan waktu kedatangan setiap bus akan dibangun model untuk mendapatkan total armada yang harus dioperasikan. Secara sederhana model yang dibangun dapat dipandang sebagai model berdasar *minimum cost network flow problem* (MCNFP) yang dapat diselesaikan menggunakan *network simplex*. Penjelasan tentang MCNFP dapat dilihat di Winston (2004).

Model dibangun dalam dua tahap, yakni: (1) Berdasar waktu keberangkatan suatu bus dari suatu terminal dan waktu kedatangannya (tiba kembali) di terminal semula, dibangun *network* yang merepresentasikan semua kemungkinan pergerakan setiap bus; (2) Berdasar *network* hasil langkah 1, menggunakan konsep MCNFP dibangun model untuk menentukan total armada bus yang dioperasikan.

### Formulasi Tahap 1

Input model yang berupa waktu keberangkatan dan kedatangan setiap bus di terminal dapat dinyatakan sebagai matriks berukuran  $n \times 2$  dimana  $n$  merupakan banyaknya pemberangkatan bus dalam sehari. Unsur-unsur matriks kolom pertama dan kedua secara berturut-turut menyatakan waktu keberangkatan dan kedatangan suatu bus di terminal. Parameter waktu keberangkatan dan kedatangan bus ke- $i$  secara berturut-turut dinyatakan dengan  $b_i$  dan  $d_i$ . Sehingga setiap baris matriks input di atas menggambarkan adanya aktivitas pergerakan bus ke- $i$  yang berangkat dari terminal pada waktu  $b_i$  dan kembali lagi ke terminal pada waktu  $d_i$ .

Selanjutnya dibangun matriks segi  $S$  berukuran  $n$  dengan  $u_{ij}$  sebagai unsur-unsurnya, dimana  $u_{ij}$  bernilai 1 jika memungkinkan adanya pergerakan bus berstatus  $d_i$  menuju ke status  $b_j$ , dan bernilai 0 jika selainnya. Sehingga  $u_{ij} = 1$  mempunyai makna bahwa bus ke- $i$  akan berubah nomor menjadi bus ke- $j$ . Matriks segi ini akan menjadi input pada tahap berikutnya. Formulasi model untuk membangun matriks segi  $S$  diberikan sebagai berikut.

Karena semua unsur matriks segi  $S$  bernilai 0 kecuali yang memungkinkan adanya

pergerakan bus berstatus  $d_i$  menuju ke status  $b_j$ , maka fungsi objektif tahap ini adalah:

$$\text{Minimumkan } f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij}$$

Kendala yang harus dipenuhi model adalah:

1.  $u_{ij}$  bernilai 1 jika memungkinkan adanya pergerakan bus berstatus  $d_i$  menuju ke status  $b_j$ .

$$u_{ij} = 1$$

untuk  $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n; j \geq i; d_i \leq b_j$

2. Variabel keputusan bernilai biner.

$$u_{ij} \in \{0, 1\}$$

### Formulasi Tahap 2

Misalkan  $x_i$  menyatakan banyaknya bus yang diberangkatkan dari terminal guna melakukan penugasan pada pemberangkatan ke- $i$ ,  $y_i$  menyatakan banyaknya bus yang didatangkan dari garasi menuju terminal untuk penugasan pada pemberangkatan ke- $i$ ,  $z_i$  menyatakan banyaknya bus yang dipulangkan dari terminal menuju garasi setelah melakukan penugasan ke- $i$ .

Fungsi objektif tahap ini adalah meminimumkan banyaknya bus yang didatangkan dari garasi menuju terminal, yakni:

$$\text{Minimumkan } f_2 = \sum_i^n y_i$$

Kendala yang harus dipenuhi model adalah:

1. Banyaknya bus yang keluar dari garasi menuju terminal harus sama dengan banyaknya bus yang pulang dari terminal menuju garasi.

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n z_i$$

2. Tepat satu bus diberangkatkan pada setiap pemberangkatan ke- $i$ .

$$x_i = 1$$

untuk  $i = 1, \dots, n$ .

3. Berlaku kesetimbangan pergerakan bus.

$$x_i = y_i + \sum_{j=1}^n u_{ji} v_{ji}$$

$$x_i = z_i + \sum_{j=1}^n u_{ij} v_{ij}$$

Dalam hal ini variabel  $v_{ij}$  bernilai biner yang bertugas sebagai pengendali ada atau tidaknya pergerakan bus yang terkait dengan  $u_{ij}$ .

4. Semua variabel keputusan bernilai integer tak negatif, kecuali variabel pengendali  $v_{ij}$  bernilai biner.

$$y_i, z_i \text{ integer tak negatif} \\ v_{ij} \in \{0,1\}$$

### Validasi

Validasi model dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Lingo dengan input berbagai parameter yang sesuai. Hasil validasi memperlihatkan adanya kesamaan hasil dengan perhitungan di atas kertas untuk semua skenario yang diberikan.

### Implementasi Model

Implementasi model dimaksudkan sebagai bagian dari uji model apakah model *reasonable* digunakan khususnya dari sisi waktu eksekusi. Model diimplementasikan pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2. Data input terdiri dari 76 waktu keberangkatan dan kedatangan setiap bus di terminal yang diperoleh dari hasil penelitian Supriyo *et al.* (2023).

Implementasi model menggunakan bantuan perangkat lunak Lingo diperoleh hasil sebanyak 13 bus yang harus dioperasikan pada koridor 2 tersebut. Waktu eksekusi pada kasus ini, baik pada tahap 1 maupun tahap 2 masing-masing memerlukan waktu kurang dari 1 detik.

## 5. KESIMPULAN

Telah diperlihatkan model optimisasi penentuan total armada bus yang harus dioperasikan pada suatu rute/trayek/koridor berdasar model *integer programming*. Fungsi objektif model adalah meminimumkan total bus. Input model berupa jadwal keberangkatan dan kedatangan bus di terminal. Output model berupa total armada bus yang harus dioperasikan. Hasil implementasi model pada Biskita Trans Pakuan Bogor Koridor 2 memperlihatkan bahwa model yang dibangun dapat dikatakan layak digunakan.

## 6. REFERENSI

- Aman A, Nurisma, Hanum F, Bakhtiar T. (2015). Buses Dispatching Problem in Urban Transport System. *Far East Journal of Mathematical Sciences*. 96(4): 393-408.
- Hanum F, Aman A, Bakhtiar T, Cahyadi I. (2014). Model Pengoptimuman Dispatching Bus pada Transportasi Perkotaan: Studi Kasus pada Beberapa Koridor TransJakarta. Di dalam: Widyaningsih P, Respatiwan,

Kuntari S, Kurdhi NA, Utomo PH, Winarno B. Peranan Matematika dan Statistika dalam Menyikapi Perubahan Iklim. Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, Pendidikan Matematika, dan Komputasi; 2014 Okt 18; Surakarta, Indonesia. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. hlm 306-314; [diakses 2023 Jan 02]. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/76465>.

- Rindengan AJ, Supriyo PT, Kustiyo A. (2013). Model Fuzzy Goal Programming yang Diselesaikan Dengan Linear Programming pada Perencanaan Produksi. *Journal D'Cartesian*. 2(2): 26 – 32.
- Supriyo PT, Pani P, Mayyani H, Silalahi BP. 2023. Optimisasi Pemberangkatan Armada Bus Perkotaan Berdasar Fuzzy Goal Programming. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 7, 31-36.
- Winston WL. 2004. *Operations Research: Applications and Algorithms*. New York (US): Duxbury.
- Zhong Q, Lusby RM, Larsen J, Zhang Y, Peng Q. (2019). Rolling Stock Scheduling with Maintenance Requirements at The Chinese High-Speed Railway. *Transportation Research Part B*. 126(2019): 24-



# PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI HARGA NIKEL

Daviana Widya Maurora Putri<sup>1)</sup>, Sanjani Veronika Pandiangan<sup>2)</sup>, Antonius Yudhi Anggoro<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

<sup>1</sup>email: [211414053@student.usd.ac.id](mailto:211414053@student.usd.ac.id)

<sup>2</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

<sup>2</sup>email: [211414046@student.usd.ac.id](mailto:211414046@student.usd.ac.id)

<sup>3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

<sup>3</sup>email: [yudhianggoro@usd.ac.id](mailto:yudhianggoro@usd.ac.id)

## Abstrak

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alamnya, termasuk nikel. Harga komoditas nikel selalu berubah-ubah didasarkan pada harga pasar nikel dunia. Hal ini dipengaruhi oleh persediaan, penawaran, dan permintaan nikel di pasar global. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga nikel pada bulan Mei sampai Desember 2024 dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan syaraf tiruan dilatih menggunakan algoritma backpropagation dengan parameter pembelajaran (learning rate) 0,1, target MSE  $10^{-6}$ , dan maksimum epoch 1000. Data penelitian yang digunakan merupakan data rata-rata harga nikel di setiap bulan, dalam periode Januari 2010 - April 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur jaringan yang terbaik adalah arsitektur jaringan yang terdiri satu layer input dengan 6 neuron, 3 hidden layer berturut-turut dengan 16-18-20 neuron, satu layer output dengan satu neuron. Pelatihan jaringan arsitek ini berhenti setelah mencapai target pada epoch ke -150. Dari bulan Mei sampai Desember 2024, harga nikel diprediksi akan mencapai harga tertinggi pada bulan Juli (\$18421,11 per ton) dan akan mencapai harga terendah pada bulan November (\$9612,80 per ton).

**Keywords:** Harga Nikel, Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Prediksi

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah, salah satunya sumber daya mineral yang tersebar di hampir seluruh nusantara (Agung & Adi, 2022). Sumber daya mineral logam yang keberadaannya melimpah di Indonesia adalah nikel. Menurut *United States Geological Survey* (USGS), Indonesia saat ini memiliki cadangan nikel terbesar didunia, dimana dari 2,67 juta ton nikel yang diproduksi di seluruh dunia, Indonesia telah memproduksi sebanyak 800 ribu ton nikel (Agung & Adi, 2022).

Meskipun tidak dapat diperbarui, nikel tetap menjadi salah satu sumber daya alam yang paling dicari oleh banyak negara (Suryanto, 2022). Selain sebagai bahan untuk meningkatkan perekonomian, nikel juga dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan baterai lithium pada produksi kendaraan listrik, sebagai salah satu bahan dalam pembuatan baja tahan karat di bidang konstruksi dan arsitektur, serta produksi

senjata, baju besi, dan pelat baja pada kegiatan militer (Sihotang & Suandika, 2023).

Berdasarkan paparan di atas, untuk kemajuan teknologi yang terus berkembang, nikel adalah salah satu sumber daya mineral logam yang paling banyak digunakan. Menurut Rozaq (2023), ada kemungkinan besar berbagai negara akan menggunakan nikel sebagai tenaga listrik di masa depan. Mengingat nikel merupakan penghasil tenaga listrik yang praktis, nikel menjadi bahan komoditas yang memiliki potensi daya jual tinggi yang dapat menguntungkan negara di masa depan (Rozaq, 2023).

Harga komoditas nikel di Indonesia didasarkan pada harga dunia *London Metal Exchange* (LME) yang dipengaruhi oleh persediaan, penawaran, dan permintaan nikel di pasar global (Yenny & Wahyudi, 2023). Harga nikel yang selalu berubah-ubah menginspirasi peneliti untuk melakukan prediksi harga nikel pada bulan Mei sampai Desember 2024. Prediksi harga nikel diharapkan dapat membantu pihak terkait, baik

produsen maupun konsumen, untuk menentukan strategi penjualan ataupun pembelian nikel supaya memperoleh hasil dan keuntungan yang maksimal. Jaringan Syaraf tiruan dapat digunakan untuk melakukan prediksi ini.

Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) merupakan salah satu kecerdasan buatan yang dirancang untuk memproses informasi dan didesain dengan meniru cara kerja saraf otak manusia berfungsi untuk membantu menyelesaikan suatu permasalahan melalui proses belajar (Fitriyanti, 2022). Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dibuat untuk menggeneralisasikan model matematika yang berasal dari pemahaman manusia yang didasarkan asumsi bahwa pada elemen sederhana (neuron) terjadi pemrosesan informasi (Lesnussa, Latuconsina, & Persulesy, 2015). Berdasarkan paparan diatas, dapat disimpulkan bahwa JST merupakan salah satu kecerdasan buatan yang memiliki cara kerja mirip dengan otak manusia dan memiliki kemampuan untuk memproses informasi, lalu membuat kesimpulan dari informasi tersebut. Tiga hal yang menentukan JST ialah yaitu arsitektur jaringan, metode pelatihan, dan fungsi aktivasi.

Algoritma Backpropagation merupakan salah satu metode Jaringan Syaraf Tiruan yang dapat digunakan untuk membuat prediksi (Windarto, 2020). Algoritma Backpropagation termasuk dalam jaringan lapisan jamak dengan 3 layer utama, yaitu input layer (masukan), hidden layer (penghubung antara input layer dan output layer) serta output layer (keluaran atau hasil yang di inginkan), dengan metode pelatihan *supervised learning* karena pola yang disampaikan ke dalam JST telah diketahui outputnya. Berdasarkan analisis terdahulu, beberapa penelitian terkait penerapan JST Backpropagation yang sudah dilakukan yaitu untuk pengenalan pola tanda tangan (Octariadi & Brianorman, 2020), mengklasifikasi status gizi pada balita (Pratama & Darmawan, 2021), peramalan penjualan produk (Satria, 2020), dan memprediksi curah hujan (Fitriyanti, 2023).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan memanfaatkan Jaringan Syaraf Tiruan. Penelitian dilakukan dengan bantuan

Matlab dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian



Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data penelitian, yaitu data historis rata-rata harga nikel di setiap bulannya, dalam periode Januari 2010 April 2024. Data tersebut kemudian dinormalisasi dan dibagi menjadi data pelatihan (*training*), data pengujian (*testing*), dan data prediksi. Penelitian dilanjutkan dengan membangun arsitektur jaringan menggunakan Matlab untuk kemudian dilakukan pelatihan jaringan dan pengujian jaringan untuk menentukan arsitektur jaringan terbaik. Prediksi harga nikel akan dilakukan menggunakan arsitektur jaringan terbaik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data rata-rata harga nikel di setiap bulannya, dalam periode Januari 2010 - April 2024 yang diperoleh dari url:

<https://id.investing.com/commodities/nickel-historical-data>.

Tabel 1. Data rata-rata harga nikel di setiap bulannya, dalam periode Januari 2010 - 2024

	2010	...	2024
Jan	18357,39	...	16324,43
Feb	18950,44	...	16563,57
Mar	22520,90	...	17664,50
Apr	25918,47	...	18366,19
Mei	21972,94	...	-
Jun	19358,05	...	-
Jul	19589,45	...	-
Agu	21417,16	...	-
Sep	22643,10	...	-
Okt	23819,95	...	-
Nov	23017,70	...	-
Des	24075,00	...	-

#### Normalisasi Data

Sebelum diproses, data di normalisasikan dahulu sebagai tahap data *preprocessing*. Normalisasi data dilakukan menggunakan normalisasi min-max sebagai berikut.

$$x' = \frac{0,8 \cdot (x - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} + 0,1$$

Keterangan:

$x'$  = data hasil normalisasi

$x$  = data awal

$x_{min}$  = data terkecil

$x_{max}$  = data terbesar

Data yang sudah dinormalisasikan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data rata-rata harga nikel yang telah dinormalisasi

	2010	...	2024
Jan	0,3735084327	...	0,3180348249
Feb	0,3896912295	...	0,3245602637
Mar	0,4871189214	...	0,3546014685

Apr	0,5798288597	...	0,3737486029
Mei	0,472166556	...	-
Jun	0,4008136241	...	-
Jul	0,407127871	...	-
Agu	0,4570008133	...	-
Sep	0,4904532814	...	-
Okt	0,522566094	...	-
Nov	0,5006750484	...	-
Des	0,5295257538	...	-

Dari data di atas dibuat data input berupa himpunan vektor berdimensi 6x1. Dari proses ini diperoleh 167 data input. Data kemudian dibagi menjadi tiga kelompok diantaranya, data latih (yang terdiri dari 120 data), data uji (yang terdiri dari 46 data), dan data prediksi (yang terdiri dari 1 data).

Tabel 3. Data Latih

Input	Data ke-		
	1	...	120
1	0,3735084327	...	0,2511422333
2	0,3896912295	...	0,2440122246
3	0,4871189214	...	0,2221905654
4	0,5798288597	...	0,1978932174
5	0,472166556	...	0,1956111743
6	0,4008136241	...	0,2061460793
Target	0,407127871	...	0,2209266742

Tabel 4. Data Uji

Input	Data ke-		
	1	...	46
1	0,244012224	...	0,377551823
2	0,222190565	...	0,342701789
3	0,197893217	...	0,326692457
4	0,195611174	...	0,318034824
5	0,206146079	...	0,324560263
6	0,220926674	...	0,354601468
Target	0,238244308	...	0,373748602

Tabel 5. Data Prediksi

Input	Data ke-
	1
1	0,3427017898
2	0,3266924571
3	0,3180348249

4	0,3245602637
5	0,3546014685
6	0,3737486029

### Arsitektur Jaringan

Berikut adalah model arsitektur jaringan yang akan diuji pada penelitian ini.

Tabel 6. Arsitektur Jaringan

	Input Layer	Hidden Layer	Output Layer
Model 1	6 neuron	1 hidden layer dengan 8 neuron	1 neuron
Model 2	6 neuron	1 hidden layer dengan 12 neuron	1 neuron
Model 3	6 neuron	1 hidden layer dengan 16 neuron	1 neuron
Model 4	6 neuron	2 hidden layer dengan masing-masing 8 neuron	1 neuron
Model 5	6 neuron	2 hidden layer dengan masing-masing 12 neuron	1 neuron
Model 6	6 neuron	2 hidden layer dengan masing 16	1 neuron
Model 7	6 neuron	3 hidden layer dengan berturut-turut 8, 10, dan 12	1 neuron
Model 8	6 neuron	3 hidden layer dengan berturut-turut 16, 18, dan 20	1 neuron
Model 9	6 neuron	3 hidden layer dengan berturut-turut 22, 26, dan 30	1 neuron
Model 10	6 neuron	4 hidden layer dengan berturut-turut 8, 10, 12, dan 16	1 neuron

Seluruh model jaringan dibuat menggunakan fungsi aktivasi logsig. Selanjutnya akan dilakukan pelatihan jaringan untuk menentukan model jaringan terbaik yang akan digunakan untuk prediksi.

### Pelatihan Jaringan

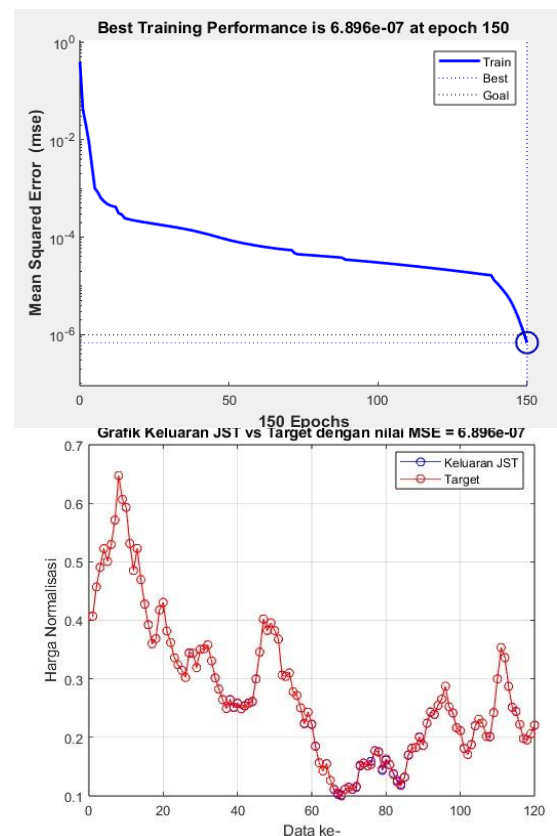
Pelatihan jaringan dilakukan menggunakan Matlab dengan parameter pembelajaran (*learning rate*) 0,1, target MSE  $10^{-6}$ , dan maksimum epoch 1000. Berikut data yang dihasilkan dari pelatihan jaringan.

Tabel 7. Hasil Pelatihan jaringan

Model	MSE	Epoch
Model 1	$1,6619 \times 10^{-4}$	1000
Model 2	$4,452 \times 10^{-5}$	1000
Model 3	$9,9122 \times 10^{-7}$	410
Model 4	$9,7873 \times 10^{-7}$	237
Model 5	$9,8744 \times 10^{-7}$	166
Model 6	$9,4008 \times 10^{-7}$	87
Model 7	$9,5503 \times 10^{-7}$	136
Model 8	$6,896 \times 10^{-7}$	150
Model 9	$8,3639 \times 10^{-7}$	120
Model 10	$8,5612 \times 10^{-7}$	94

Model delapan dipilih sebagai model yang terbaik karena menghasilkan nilai MSE terkecil. Performa pelatihan model tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 2. Performa Pelatihan Model 8



Proses pelatihan akan menghasilkan nilai bobot berupa matriks yang akan digunakan pada proses pengujian dan prediksi. Berikut adalah bobot jaringan setelah pelatihan.

Tabel 8. Bobot Hasil Pelatihan dari Input ke Hidden Layer 1

Hidden Layer 1	Input		
	$x_1$	...	$x_6$
$u_1$	8,471058702 32686	...	11,0210415 821839
$u_2$	- 7,104296745 74915	...	9,01855869 212271
$u_3$	11,20929243 60968	...	- 2,78219871 132106
....	....	...	....
$u_{16}$	3,726143456 85893	...	4,62787274 394626

Tabel 9. Bobot Hasil Pelatihan dari Hidden Layer 1 ke Hidden Layer 2

Hidden Layer 2	Hidden Layer 1		
	$u_1$	...	$u_{16}$
$v_1$	2,149949019 54763	...	- 2,20462021 981589
$v_2$	- 1,739606722 05795	...	0,00293793 74477968
$v_3$	0,907354307 44124	...	- 1,96296245 885084
....	....	...	....
$v_{18}$	- 1,528377141 18648	...	1,22029344 850293

Tabel 10. Bobot Hasil Pelatihan dari Hidden Layer 2 ke Hidden Layer 3

Hidden Layer 3	Hidden Layer 2		
	$v_1$	...	$v_{18}$
$w_1$	1,681335813 07405	...	1,63284758 93981
$w_2$	1,893372436 16749	...	1,08007537 48043
$w_3$	- 2,324408202 55686	...	0,29722719 6109111
....	....	...	....

$w_{20}$	- 0,858348884 421457	...	2,42837291 130066
----------	----------------------------	-----	----------------------

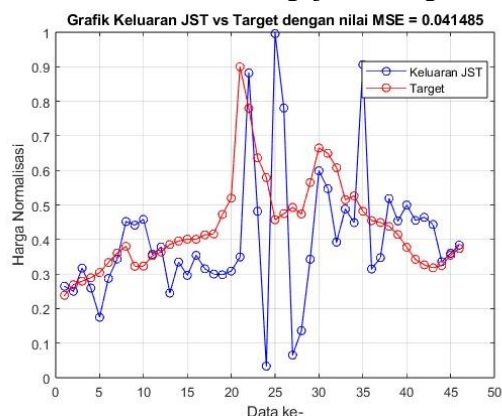
Tabel 11. Bobot Hasil Pelatihan dari Hidden Layer 3 ke Output

Output	Hidden Layer 3		
	$w_1$	...	$w_{20}$
$y$	- 0,291930244 995381	...	1,56548061 473886

### Pengujian Jaringan

Setelah proses pelatihan selesai, jaringan yang telah dibangun diuji menggunakan data uji untuk melihat performa jaringan. Hasil pengujian menunjukkan adanya kenaikan nilai MSE menjadi  $4,1485 \times 10^{-2}$  Gambar berikut menunjukkan hasil pengujian jaringan.

Gambar 3. Hasil Pengujian Jaringan



### Hasil Prediksi

Setelah melakukan pelatihan dan pengujian pada jaringan di atas, dilakukan prediksi harga nikel bulan Mei dengan menggunakan data prediksi. Data prediksi harga nikel pada bulan Mei kemudian ikut digunakan untuk memprediksi bulan harga nikel pada bulan Mei sampai Desember 2024. Tabel berikut merupakan prediksi harga nikel bulan Mei sampai Desember 2024.

Tabel 12. Hasil Prediksi

Bulan	Hasil Prediksi
Mei	0,320058495022197
Juni	0,342351511941168
Juli	0,375247302545926
Agustus	0,371054810030080

September	0,283211421483434
Oktober	0,276954095351593
November	0,134893488413023
Desember	0,143449997272043

Hasil prediksi tersebut kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan prediksi harga nikel sebagai berikut.

Tabel 13. Prediksi Harga Nikel

Bulan	Hasil Prediksi
Mei	16398,59
Juni	17215,57
Juli	18421,11
Agustus	18267,47
September	15048,25
Oktober	14818,93
November	9612,80
Desember	9926,37

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian jaringan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Arsitektur jaringan terbaik yaitu dengan menggunakan tiga hidden layer dengan neuron sebanyak 16, 18, dan 20. Arsitektur tersebut menghasilkan MSE sebesar  $6,896 \times 10^{-7}$  dalam 150 iterasi.
2. Prediksi harga nikel per ton (dalam USD) pada bulan Mei sampai Desember 2024 adalah sebagai berikut

Bulan	Hasil Prediksi
Mei	16398,59
Juni	17215,57
Juli	18421,11
Agustus	18267,47
September	15048,25
Oktober	14818,93
November	9612,80
Desember	9926,37

#### 5. REFERENSI

Agung, M., & Adi, E. A. W. (2022). Peningkatan Investasi Dan Hilirisasi Nikel Di Indonesia. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan)*, 6(2).

Darmawan, J. B., & Pratama, E. R. (2021, October). Klasifikasi status gizi balita menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. In *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra)* (pp. E7-E7).

Fitriyanti, F. (2023). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dalam Prediksi Curah Hujan Bulanan di Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(1), 44-55.

Lesnussa, Y. A., Latuconsina, S., & Persulesy, E. R. (2015). Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Memprediksi Prestasi Siswa SMA (Studi kasus: Prediksi Prestasi Siswa SMAN 4 Ambon). *Jurnal Matematika Integratif*, 11(2), 149-160.

Octariadi, B. C. (2020). Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Teknoinfo*, 14(1), 15-21.

Rozaq, M. A. (2023). Kontribusi WTO Menangani Sengketa Perdagangan Internasional: Analisis Kasus Nikel Gugatan Uni Eropa kepada Indonesia (STRATEGI SUSTAINABLE INDONESIA DEMI PERTUMBUHAN EKONOMI DALAM NEGERI). In *Prosiding Management Business Innovation Conference (MBIC)* (Vol. 6, No. 1, pp. 224-236).

Satria, W. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Peramalan Penjualan Produk (Studi Kasus Di Metro Electronic Dan Furniture). *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 1(1), 14-19.

Sihotang, E., & Suandika, I. N. (2023). Kebijakan Larangan Ekspor Bijih Nikel Yang Berakibat Gugatan Uni Eropa Di World Trade Organization. *Jurnal Ilmiah Raad Kertha*, 6(1), 61-70.

Suryanto, E. (2022). Apakah Nikel Indonesia Memiliki Keunggulan Daya Saing di Pasar Internasional?. *Ecoplan*, 5(2), 110-119.

Windarto, A. P., dkk. (2020). Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi. *Yayasan Kita Menulis*.

Yenny, Y., & Wahyudi, I. (2023).  
Keterkaitan Antara Harga Nikel, Indeks Harga  
Saham dan Kurs Periode Sebelum, Setelah

Kebijakan Larangan Ekspor dan Periode  
Keseluruhannya. *Jurnal Ilmiah Manajemen,  
Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 7(3), 155-180.

# KOMPLEKSITAS STRUKTUR MODEL PETRI NET PADA SISTEM LAMPU LALU LINTAS BERWAKTU DENGAN DUA FASE

Tomi Tristono<sup>1)</sup>, Setiyo Daru Cahyono<sup>2)</sup>, Seno Aji<sup>3)</sup>, Pradityo Utomo<sup>4)</sup>, Hendro Susilo<sup>5)</sup>, Daniel Wahyu Suprayoga Prabowo<sup>6)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Merdeka Madiun  
email: tomitristono@unmer-madiun.ac.id

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun  
email: cahyono.ds2020@gmail.com

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun  
email: abiseno40@gmail.com

<sup>4</sup>Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Merdeka Madiun  
email: pradityou@gmail.com

<sup>5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun  
email: hendrosusilo1402@unmer-madiun.ac.id

<sup>6</sup>Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Merdeka Madiun  
email: daniel@unmer-madiun.ac.id.

## Abstrak

Studi ini bertujuan untuk memodelkan sistem lampu lalu lintas dengan dua fase dan kemudian untuk mengkaji kompleksitas strukturnya. Model Petri net yang digunakan juga dilengkapi dengan pencacah waktu. Model ideal yang terbaik mempunyai nilai kompleksitas mendekati  $\frac{1}{2}$ . Model yang sederhana mempunyai kompleksitas diantara  $0 - \frac{1}{2}$ . Model yang sederhana tidak memungkinkan menyajikan semua fitur yang tersedia pada system. Nilai model yang mendekati 1 adalah model yang lengkap namun sangat kompleks. Model yang kompleks tidak disukai, karena sukar dipahami. Pada studi ini, model lampu lalu lintas yang kompleks disajikan secara lengkap dilengkapi dengan pencacah waktu. System lampu lalu lintas yang sinkron tidak memerlukan penyajian interval waktu pada semua sinyal. Kemudian, model direduksi menjadi model yang simpel/ sederhana. Model diukur kompleksitas strukturnya dengan penyajian dalam skala angka  $0 - 1$  seperti halnya dalam probabilitas. Model lengkap yang kompleks dan dilengkapi dengan pencacah waktu mempunyai nilai kompleksitas  $C_s = 0.65486$  atau dalam katagori model yang rumit/ kompleks. Sesudah direduksi menjadi simpel, kompleksitas model menurun menjadi  $0.55783$  atau mendekati ideal.

**Keywords:** Sistem lampu lalu lintas, Model Petri net, Kompleksitas struktur, Model ideal.

## 1. PENDAHULUAN

Model adalah representasi dari fenomena alam dalam bentuk koneksi antar objek atau benda yang disederhanakan. Model berisi berbagai informasi tentang suatu fenomena yang dibuat dengan tujuan untuk mempelajari sistem yang sebenarnya. Adapun fungsi model adalah untuk: (1) mengorganisasikan struktur koneksi antar bagian sebuah sistem yang tidak tampak sebelumnya. (2) fungsi heuristic, yakni untuk mengeksplorasi sebuah sistem dan bila mungkin untuk menemukan metode/ sistem yang baru. (3) sebagai alat prediksi, yakni untuk melakukan estimasi secara kuantitatif fenomena yang akan terjadi dalam system, dan

(4). untuk pengukuran rasio/ rangking data dari sebuah system [1].

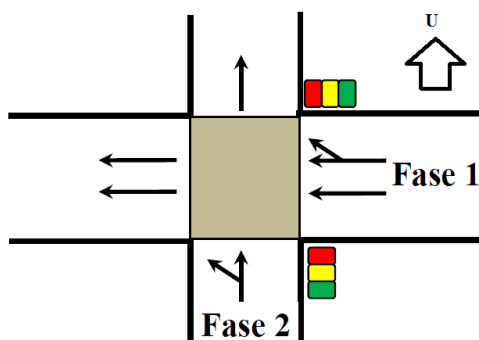
Model yang lengkap biasanya memiliki struktur yang kompleks dan sulit dipahami. System yang canggih biasanya mempunyai struktur yang kompleks. Orang harus berpikir keras untuk memahami sebuah system yang kompleks. Model dapat menjadi kompleks/ rumit karena terdiri dari beberapa model simultan yang dibangun oleh beberapa variabel dependen yang kemudian dijelaskan oleh satu atau beberapa variabel independen [2]. Sistem yang kompleks muncul dari interaksi antar bagian. Peran Informasi relasional menjadi sangat penting untuk



mengintegrasikan sebuah sistem yang kompleks. Memahami sistem yang kompleks tidak cukup hanya dengan mengetahui bagian – bagiannya. Penting juga untuk memahami sifat dinamis dari interkoneksi antara masing – masing bagian [3].

Bentuk struktur system koneksi antar bagian dari sebuah system yang kompleks harus dapat dipahami terlebih dahulu pola kerjanya, baru kemudian disajikan menjadi bentuk yang model sederhana. Bentuk entitas tunggal biasanya dapat direpresentasikan menjadi model yang sederhana dengan terlebih dahulu mendefinisikan dan kemudian memberi label pada fenomena – fenomena yang terjadi [3]. Siapapun akan senang dengan model sederhana/ ideal yang mudah dimengerti maksudnya.

Lampu lalu lintas pada studi kali ini didisain untuk diimplementasikan di simpang dengan empat lengan menggunakan dua fase saja. Pengaturan dengan dua fase adalah *setting* waktu yang paling sederhana. Kendaraan dari lengan timur dan selatan bergerak satu arah memasuki simpang. Pergerakan kendaraan di lengan barat dan utara meninggalkan simpang. Lampu lalu lintas di pasang di sisi kanan jalan, masing – masing untuk lengan timur dan selatan saja. Hal ini diilustrasikan di Gambar 1.



**Gambar 1.** Simpang jalan dengan empat lengan dan arus lalu lintasnya.

Pada studi ini, model lampu lalu lintas disajikan menggunakan Petri net, yaitu sebuah sarana untuk pemodelan secara grafis struktur perilaku unsur – unsur dalam sebuah system. Petri net juga sering digunakan sebagai pendekatan penjadwalan sebuah sistem [4]. Penggunaan Petri net tidak hanya terbatas untuk pemodelan lampu lalu lintas saja, namun dapat juga diimplementasikan di semua

struktur termasuk mesin pembelian swalayan, sistem antrian, dan bahkan sistem struktur organisasi sosial.

Petri net paling sedikit memiliki empat unsur yaitu *place* (P) yang diilustrasikan dengan bulatan, transisi (T) yang berbentuk segi empat, busur berarah, dan token. *Place* (P) digunakan untuk penyajian *state/* ruang keadaan. Transisi (T) yang *enable/* siap dapat melakukan *fire/* memicu dan kemudian mentransformasikan keadaan awal menjadi keadaan berikutnya sesuai dengan arah busur. Beberapa busur pada Petri net dapat dimanifestasikan menjadi sebuah busur yang memiliki bobot (*weight*) sama dengan jumlah busur tersebut. Sebuah *state/* keadaan yang sedang terjadi ditandai dengan eksistensi token pada *place* yang terkait [4].

Secara spesifik, studi ini bertujuan untuk membangun model Petri net suatu sistem lampu lalu lintas dan kemudian mengkaji kompleksitas strukturnya. Model lampu lalu lintas disajikan dalam tiga versi. Model kemudian direduksi karena sinkronisasinya tidak memerlukan penyajian interval waktu pada semua sinyal. Model diukur kompleksitas strukturnya untuk penyajian dalam skala angka 0 – 1 seperti halnya dalam probabilitas. Selanjutnya mengenai definisi dan metode penentuan kompleksitas struktur mengacu pada kajian M. Taiping dan Z. Peisi pada tahun 2015 [5].

Kompleksitas dalam ilmu komputer bermakna sebagai kompleksitas jumlah sumber daya yang diperlukan untuk menjalankan suatu algoritma perangkat lunak/ *software*. Kompleksitas perangkat lunak mencakup kompleksitas operasional dan logika kontrol berdasarkan *coding* program. Tingkatan kompleksitas algoritma perangkat lunak diukur berdasarkan pada waktu komputasi dan kebutuhan memori. Sedangkan, kompleksitas struktural terkait dengan kompleksitas tata letak fisik objek dan hubungan antar elemen sebuah system [6][7].

## 2. KAJIAN LITERATUR

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan reduksi kompleksitas struktur lampu lalu lintas dengan menggunakan formula morfisma [8]. Studi ini dilakukan pada system adaptif. Penelitian tentang kompleksitas sistem kendali lampu lalu lintas system Norwegia

menggunakan model Petri net juga telah dilakukan [9]. Penelitian tentang pendekatan untuk menentukan nilai kompleksitas model untuk kemudian disimulasikan [7]. Telah ditulis pula penelitian tentang kompleksitas dalam desain teknik dan manufaktur [6]. Penelitian kompleksitas struktur berbagai integrasi elemen system [10].

### 3. METODE PENELITIAN

Pada pemodelan menggunakan Petri net kali ini, satu token merepresentasikan interval waktu/ durasi selama tiga detik. Untuk simulasi, digunakan Petri net Simulator 2.0.

#### a. Pemodelan dengan Petri net

Unsur – unsur Petri net diantaranya yaitu  $N(P, T, F, w)$ . Unsur P adalah himpunan berhingga  $place/P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ . Transisi berhingga  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , dengan m dan n adalah bilangan integer positif. Unsur F adalah *arc/ busur* berarah yang merupakan koneksi *place* ke transisi dan kebalikannya yakni dari transisi ke *place* atau ditulis  $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ . Unsur w (*weight*) adalah fungsi bobot busur dengan w yaitu  $A \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$  [4].

#### b. Definisi Kompleksitas Struktur

Berikut ini definisi dan metode untuk penentuan kompleksitas struktur yang mengacu pada kajian M. Taiping dan Z. Peisi pada tahun 2015 [5].

Semua *place* dan transisi dikatakan sebagai unsur dari N. Suatu jaringan/ net N adalah berhingga jika himpunan unsurnya juga berhingga. Untuk x yang merupakan sebuah unsur dari  $S \cup T$  adalah *pre-set*, definisinya yaitu  $\bullet x = \{y \in S \cup T \mid (y, x) \in F\}$  dan sebagai *post-set* yang definisinya adalah  $x \bullet = \{y \in S \cup T \mid (x, y) \in F\}$  [11].

Kompleksitas unsur dan struktur sistem kendali berkaitan dengan kompleksitas karakteristik statis dari model sistem kendali. Karakteristik keadaan/ *state* dan proses transformasi menggambarkan perilaku dinamis sistem [12]. Kompleksitas unsur-unsur Petri net dinyatakan dengan  $C_n$  dan kompleksitas korelasinya dinyatakan dengan symbol  $C_r$ . Kompleksitas struktur disajikan sebagai  $C_s$ . Penjumlahan  $C_n$  dan  $C_r$  menggunakan koefisien korelasi  $\lambda$  menghasilkan  $C_s$  [17].

Koefisien korelasi kompleksitas sistem adalah rasio busur masuk dengan busur yang keluar pada suatu *place* terhadap jumlah total busur penghubung.

$$\lambda = \frac{1}{|T|+|P|} \sum_{i=1}^{|T|+|P|} \left( \frac{|\bullet x_i| + |x_i \bullet|}{|X|} \right) \quad (1)$$

dengan  $x_i, x_i \in X$

$|X|$  adalah jumlah semua unsur himpunan X yang memilikinya *pre-set* dan *post-set*. Keduanya tidak boleh kosong. Kompleksitas unsur model Petri net merupakan fungsi dari *place* dan transisi. Dalam hal ini, semua unsur dalam model lampu lalu lintas selalu memiliki *pre-set* dan *post-set*.

$$C_n = \frac{1}{2} \left( \frac{|P|-1}{|P|} + \frac{|T|-1}{|T|} \right) \quad (2)$$

Persamaan (3) adalah kompleksitas korelasi dari himpunan *place* [12].

$$C_p = \frac{1}{|P|} \sum_{i=1}^{|P|} \left( \frac{|p_i \bullet|}{|\bullet p_i| + |p_i \bullet|} \right) \quad (3)$$

Persamaan (4) adalah kompleksitas korelasi dari himpunan transisi.

$$C_t = \frac{1}{|T|} \sum_{j=1}^{|T|} \left( \frac{|\bullet t_j|}{|\bullet t_j| + |t_j \bullet|} \right) \quad (4)$$

Nilai rata-rata kompleksitas korelasi dari himpunan *place* dan himpunan transisi adalah  $C_r$ . Kompleksitas struktur model Petri net adalah  $C_s$ .

$$C_r = \frac{C_p + C_t}{2} \quad (5)$$

$$C_s = \lambda C_n + (1 - \lambda) C_r \quad (6)$$

**Table 1.** Kompleksitas Struktur Model Petri net

Kompleksitas Struktur ( $C_s$ )	Makna Kompleksitas
0	Minimum
$0 < C_s < \frac{1}{2}$	Sederhana/ Sempel
$\frac{1}{2}$	Ideal
$\frac{1}{2} < C_s < 1$	Kompleks
1	Maksimum

#### c. Property Invariant

Property Petri net berupa persamaan – persamaan Invariant yang secara eksplisit menyatakan bahwa model memiliki bagian yang tidak berubah sejalan dengan pertambahan waktu. Invariant merupakan cermin bahwa perilaku model tidak berubah.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### a. Jadwal Lampu Lalu Lintas

Tabel 1., adalah jadwal lampu lalu lintas dengan penyajian menurut MKJI [13]. Terdapat dua fase pada system lalu lintas tersebut, keduanya mempunyai durasi siklus 63 detik. Kedua siklus harus mempunyai durasi yang sama karena hal ini akan menciptakan waktu berbagi yang tepat dan tak terjadi konflik arus lalu lintas dengan fase – fase yang berbeda. Fase 1 harus sinkron dengan fase 2. Pada pemodelan system, hal ini tercermin pula pada Invariant.

**Tabel 1.** Jadwal Lampu Lalu-Lintas

Fase	Hijau	Inter Green		Merah	Siklus
		Kuning	All Red		
Detik					
1.	30	3	3	30	63
2.	21	3	3	39	63

Hasil simulasi pada Gambar 2., merupakan implementasi real jadwal lampu lalu lintas pada Tabel 1. Sinyal merah pada fase selalu menyesuaikan/ sinkron dengan sinyal hijau dan kuning ataupun merah pada fase yang lain untuk menghindari konflik arus kendaraan di simpang.

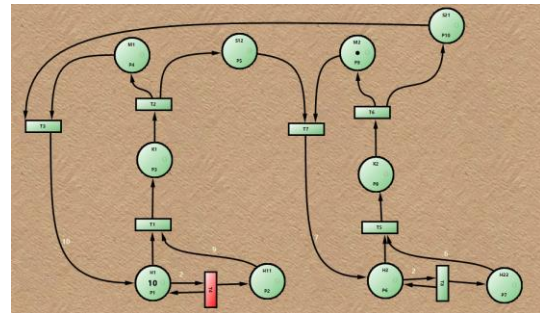


**Gambar 2.** Hasil simulasi model Lampu lalu lintas dengan dua fase.

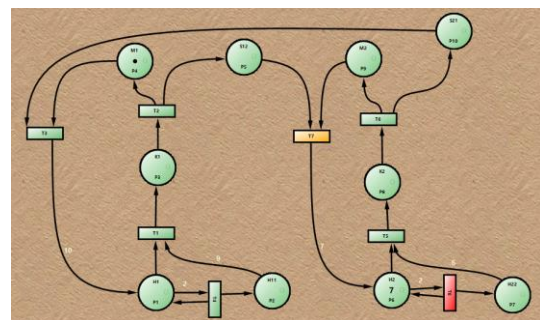
##### b. Model dengan Pencacah Waktu

Model pencacah waktu hanya diaplikasikan pada sinyal hijau saja. Sinyal kuning yang durasinya tiga detik, hanya memerlukan satu token saja, karena eksistensi satu token pada sebuah *place* identik dengan interval waktu/ durasi tiga detik. Sinyal merah tidak memerlukan pencacah waktu karena telah tersinkronisasi dengan sinyal hijau dan kuning

pada kedua fase. Sinyal merah pada fase 1 akan berdurasi 30 detik, sedangkan pada fase 2 selama 39 detik termasuk di dalamnya sinyal *AllRed*.



**Gambar 3.** Model Petri net ketika awal hijau pada fase pertama selama 30 detik. Transisi yang *enable* berwarna merah.



**Gambar 4.** Model Petri net ketika awal hijau pada fase kedua selama 21 detik.

Pada Gambar 3., adalah ketika posisi sinyal di awal sinyal hijau untuk fase 1, dengan durasi selama 30 detik. Pada Gambar 4., adalah ketika model berada di keadaan awal sinyal hijau untuk fase 2 dengan durasi sinyal sepanjang 21 detik. Durasi sinyal hijau ditentukan pihak berwenang berdasarkan data empiris volume kendaraan yang melintas. Jumlah kendaraan yang melintas di saat fase 1 lebih besar bila dibanding kendaraan yang melintas pada lengan yang lain yang dijadwalkan pada fase 2. Alokasi waktu untuk sinyal hijau fase 1 lebih lama dari alokasi waktu untuk sinyal hijau fase 2.

Pada model Petri net yang kompleks di Gambar 3., dan Gambar 4., berlaku Invariant(1) – Invariant (5).

$$M(H1) + M(H11) + 10M(K1) + 10M(M1) = 10 \quad \text{Inv(1)}$$

$$M(H2) + M(H22) + 7M(K2) + 7M(M2) = 7 \quad \text{Inv(2)}$$

Invariant (1) dan Invariant (2) menyatakan bahwa hanya ada satu sinyal saja yang diperkenankan menyala pada sebuah fase di satu lengan simpang. satu sinyal tersebut yaitu diantara hijau atau kuning atau merah.

$$\begin{aligned}
 &7\{M(H1)+M(H11)\}+70M(K1) \\
 &+70M(S12) \\
 &+10\{M(H2)+M(H22)\}+70M(K2) \\
 &+70M(S21)=70
 \end{aligned}
 \tag{Inv(3)}$$

Invariant (3) menyatakan hanya satu sinyal saja yang menyala yaitu hijau, atau kuning pada fase 1, atau *AllRed* karena  $M(S12) = 1$ , atau dapat pula karena hijau, atau kuning pada fase 2, atau *AllRed* karena  $M(S21) = 1$ . Invariant (3) adalah cermin sinkronisasi fase 1 dan fase 2.

$$\begin{aligned}
 &M(H1)+M(H11)+10M(K1) \\
 &+10M(M1)=10M(M2)
 \end{aligned}
 \tag{Inv(4)}$$

ketika  $M(M2)=1$

Invariant (4) adalah jaminan agar tak terjadi konflik arus kendaraan fase 1 dengan fase 2 dan masalah sebaliknya ditulis pada Invariant (5).

$$\begin{aligned}
 &M(H2)+M(H22)+7M(K2) \\
 &+7M(M2)=7M(M1)
 \end{aligned}
 \tag{Inv(5)}$$

ketika  $M(M1)=1$

### c. Model Sempel tanpa Pencacah Waktu

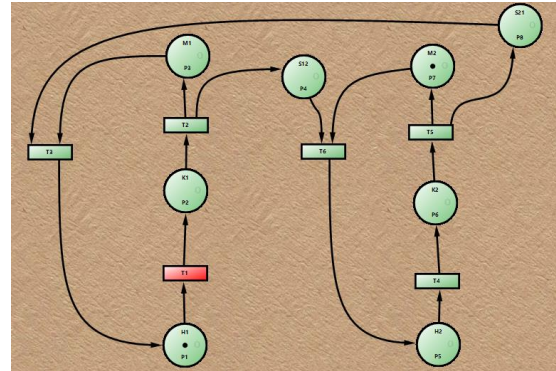
Model simpel menyajikan perubahan *state/* keadaan sinyal yang menyala tanpa menyertakan interval waktu masing – masing sinyal. Perubahannya yaitu sinyal *initial* hijau pada fase 1, kemudian kuning, dan merah. Sesudah sinyal *AllRed* maka sinyal hijau pada fase 2 menyala hingga usai. Sinyal berlanjut ke kuning, dan kemudian menjadi merah. Sesudah sinyal *AllRed* pada fase 2, sinyal hijau fase 1 menyala kembali. Perulangan tersebut membentuk satu siklus lampu lalu lintas yang durasinya 63 detik.

Secara visual model dasar yang simpel bentuknya lebih sederhana. Tentunya mudah dipahami maksudnya. Invariant (6) – Invariant (10) berlaku untuk model yang simpel/ sederhana seperti diilustrasikan di Gambar 5 – Gambar 10.

$$M(H1)+M(K1)+M(M1)=1 \tag{Inv(6)}$$

$$M(H2)+M(K2)+M(M2)=1 \tag{Inv(7)}$$

Invariant (6) dan Invariant (7) menyatakan bahwa hanya ada satu sinyal saja yang diperkenankan menyala pada sebuah fase di satu lengan simpang yaitu hijau atau kuning atau merah.



**Gambar 5.** State I, model Petri net ketika berada di awal hijau pada fase 1 (*Initial State*) selama 30 detik menggunakan model dasar yang paling sederhana/ simpel.

$$\begin{aligned}
 &M(H1)+M(K1)+M(S12) \\
 &+M(H2)+M(K2)+M(S21)=1
 \end{aligned}
 \tag{Inv(8)}$$

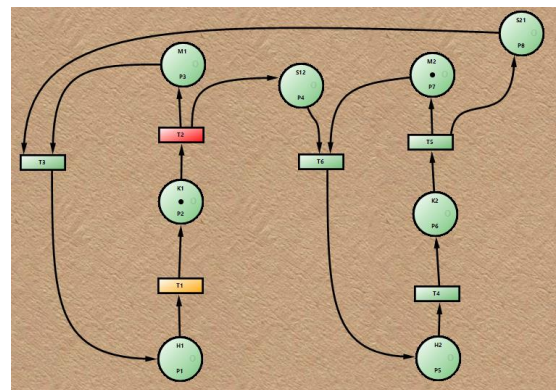
Invariant (8) untuk menciptakan sinkronisasi lampu lalu lintas fase 1 dan fase 2. Setiap akhir pergantian fase lampu lalu lintas selalu terdapat *All Red Signal*. Adapun tujuannya yaitu untuk memberi tenggang waktu sejenak untuk mengosongkan jungsi jalan dari kendaraan yang belum usai melintas. Keadaan/ *State* ini terjadi ketika  $M(S12) = 1$  atau  $M(S21) = 1$ .

$$M(H1)+M(K1)+M(M1)=M(M2) \tag{Inv(9)}$$

ketika  $M(M2)=1$

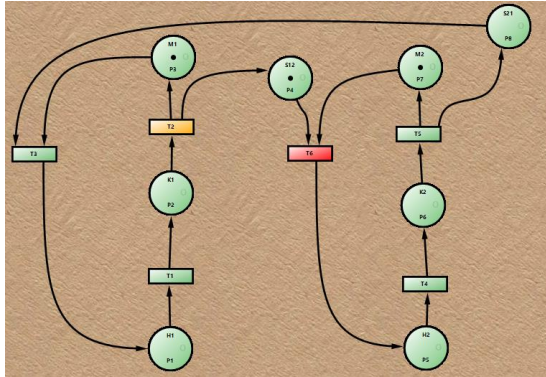
$$M(H2)+M(K2)+M(M2)=M(M1) \tag{Inv(10)}$$

ketika  $M(M1)=1$

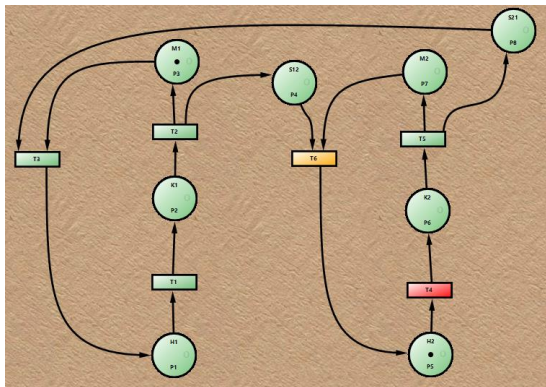


**Gambar 6.** State II, sinyal kuning pada fase 1 menyala.

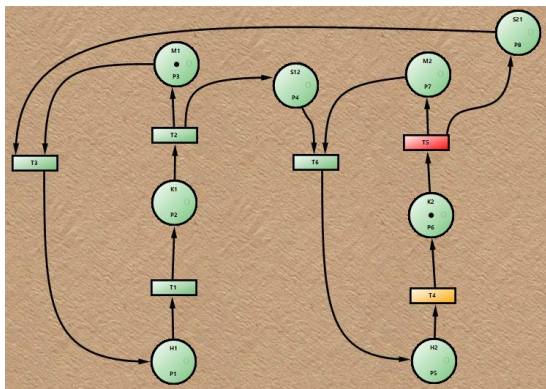
Invariant (9) bermakna sinyal pada fase 1 boleh menyala hijau, kuning, atau merah jika pada fase 2 telah menyala merah. Sebaliknya yaitu pada Invariant (10). Keadaan/ *State* ini merupakan garansi bahwa bila pergerakan maju pada salah satu fase tidak terjadi konflik dengan pergerakan arus fase lain yang datang dari arah yang berbeda.



Gambar 7. Pada *state* III, sinyal *AllRed* untuk transisi ke fase 2 dari fase 1.



Gambar 8. *State* IV, sinyal hijau untuk fase 2 menyala

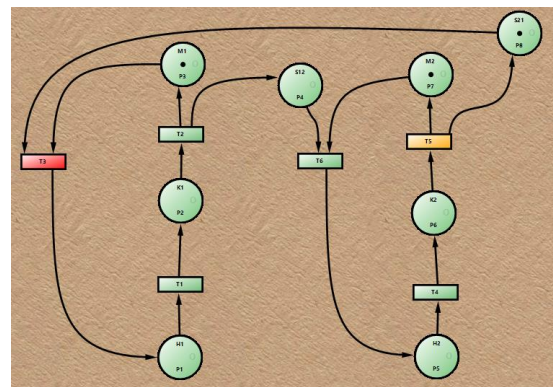


Gambar 9. *State* V, sinyal kuning fase 2 menyala.

Terdapat enam *state/* keadaan untuk membangun sebuah siklus lampu lalu lintas. Siklus tersebut diilustrasikan pada Gambar 5 –

Gambar 10 secara berurutan. Perubahan dari *state* I sampai dengan *state* VI dan kemudian kembali lagi ke *Initial state* mencerminkan salah satu property pada Petri net yaitu *coverability tree*. Property *coverability tree* pada model Petri net sifatnya mutlak harus terpenuhi. Hal ini juga bermakna bahwa setiap transisi pada model pernah melakukan *fire* dalam satu siklus lampu lalu lintas. Pada setiap *state* selalu ada transisi yang berwarna merah atau transisi yang *enable* dan siap untuk *fire*.

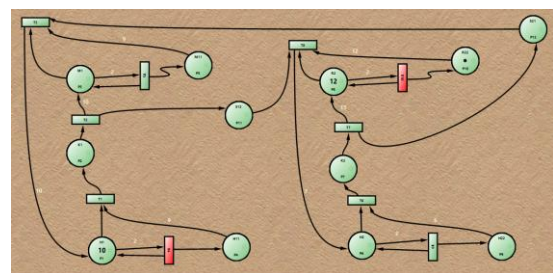
Pada model juga tidak ditemukan *deadlock/* jalan buntu atau tidak ada transisi yang *enable* sama sekali. Jumlah token di semua *place* tidak berkembang menjadi jumlah yang tak terhingga dan terpenuhi property *boundedness*.



Gambar 10. Pada *state* VI, sinyal *AllRed* untuk transisi ke fase 1 dari fase 2 atau kembali ke initial.

#### d. Model *Redundant* dengan Pencacah Waktu pada Hijau dan Merah

Berdasar pada Gambar 11, yaitu ketika sinyal hijau fase 1 hendak menyala, maka sinyal *AllRed* sebagai transisi dari fase 2 ke fase 1 telah menyala selama tiga detik.



**Gambar 11.** Model Petri net *redundant* ketika awal hijau pada fase pertama selama 30 detik menggunakan model yang kompleks dengan pencacah waktu pada sinyal hijau dan merah.

Pada model Petri net di Gambar 11 berlaku Invariant (11) – Invariant (15).

$$M(H1) + M(H11) + 10M(K1) + M(M1) + M(M11) = 10 \quad \text{Inv(11)}$$

$$13\{M(H2) + M(H22)\} + 91M(K2) + 7\{M(M2) + M(M22)\} = 91 \quad \text{Inv(12)}$$

Invariant (11) dan Invariant (12) menyatakan bahwa hanya ada satu sinyal saja yang diperkenankan menyala pada sebuah fase di satu lengan simpang yaitu hijau atau kuning atau merah.

$$7\{M(H1) + M(H11)\} + 70M(K1) + 70M(S12) + 10\{M(H2) + M(H22)\} + 70M(K2) + 70M(S21) = 70 \quad \text{Inv(13)}$$

Invariant (13) menyatakan hanya satu sinyal saja yang menyala yaitu hijau, atau kuning pada fase 1, atau *AllRed* karena  $M(S12) = 1$ , atau dapat pula karena hijau, atau kuning pada fase 2, atau *AllRed* karena  $M(S21) = 1$ .

$$13\{M(H1) + M(H11)\} + 130M(K1) + 13\{M(M1) + M(M11)\} = 10\{M(M2) + M(M22)\} \quad \text{Inv(14)}$$

ketika  $M(M2) + M(M22) = 13$

Invariant (14) bermakna sinyal pada fase 1 boleh menyala hijau, kuning, atau merah jika pada fase 2 telah menyala merah. Sebaliknya yaitu pada Invariant (15).

$$130\{M(H2) + M(H22)\} + 910M(K2) + 70\{M(M2) + M(M22)\} = 91\{M(M1) + M(M11)\} \quad \text{Inv(15)}$$

ketika  $M(M1) + M(M11) = 10$

Pencacah waktu pada sinyal merah sebenarnya tidak diperlukan atau *redundant*. Artinya, pada sinyal merah telah ditambahkan system control tersendiri yang realitanya terpisah secara parsial dari system utamanya. Perhitungan nilai kompleksitasnya akan menunjukkan penurunan bila dibanding system kompleks pada Gambar 3., dan Gambar 4., sebelumnya.

#### e. Kompleksitas Model

Berikut ini adalah kompleksitas struktur dari tiga versi model Petri net lampu lalu lintas yang sama.

**Tabel 2.** Hasil Analisa dan Perhitungan

Unsur	Model		
	Simpel	Komplek	<i>Redundant</i>
$ P  = m$	8	10	12
$ T  = n$	6	8	10
$ F  = \text{arc}$	16	54	104
$ X $	14	18	22
$\lambda$	0.163265	0.28704	0.42975
<b>Cn</b>	0.8542	0.8875	0.9083
<b>Cp</b>	0.5	0.52441	0.3582
<b>C<sub>T</sub></b>	0.5	0.5980	0.51246
<b>Cr</b>	0.5	0.5612	0.43531
<b>Cs</b>	0.55783	0.65486	0.63858

Jumlah unsur pada system yang kompleks lebih banyak dari system yang sederhana. Korelasi antar unsur juga menjadi lebih rumit pada system yang kompleks. System yang kompleks dapat direduksi menjadi system yang simpel. Nilai kompleksitas system yang sederhana/ simpel telah mendekati system yang ideal. Sedangkan pada system yang kompleks, nilai kompleksitas systemnya jauh dari nilai yang ideal.

Sistem yang kompleks biasanya juga sulit dikendalikan. Solusinya adalah dengan menambahkan sistem kendali. Sistem pengendalian yang benar dapat mengurangi kompleksitas suatu system meskipun koneksi antar unsurnya rumit. Alasannya karena sistem dapat dipecah menjadi beberapa bagian. Sistem terintegrasi adalah suatu sistem terintegrasi yang terdiri dari banyak bagian sistem yang lebih kecil, yang masing-masing bagiannya mempunyai sistem kendali tersendiri. Sistem akan menjelma menjadi system yang lebih mudah dikendalikan. Namun perlu diingat juga bahwa penambahan sistem pengendalian sama saja dengan penambahan personel atau unit kerja suatu system/ organisasi yang berdampak langsung pada pembiayaan. Hal ini seperti ilustrasi pada system yang *redundant* di Tabel 2.

## 5. KESIMPULAN

### a. Simpulan

Petri net telah dapat digunakan untuk memodelkan sistem lampu lalu lintas dengan dua fase untuk sebuah simpang. Semua model Petri net, baik yang simpel, kompleks, maupun yang *redundant* dapat memenuhi semua Invariant. Hal ini bermakna bahwa perilaku

tetap tidak berubah meskipun secara visual modelnya tak sama.

Kajian kompleksitas struktur model awal yang kompleks mempunyai nilai kompleksitas  $C_s = 0.65486$  atau dalam katagori model yang rumit/ kompleks. Sesudah direduksi, kompleksitas model menurun menjadi 0.55783 atau mendekati ideal.

Pada model yang *redundant* tersirat makna bahwa penambahan sistem kendali yang tepat dapat mengurangi kompleksitas suatu system meskipun koneksi antar unsurnya rumit. Alasannya karena seperti system yang besar namun secara parsial dipecah menjadi beberapa bagian dengan system kendali masing – masing yang terintegrasi.

#### b. Saran

Studi tentang kompleksitas struktur jumlahnya masih sangat sedikit. Pada umumnya studi terpusat pada konsentrasi kompleksitas algoritma pemrograman. Studi tentang kompleksitas struktur harus berlanjut.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Merdeka Madiun atas pendanaannya dan tersedianya berbagai fasilitas penelitian.

#### 6. REFERENSI

- [1] B. A. S., “Perbedaan Model dan Teori dalam Ilmu Komunikasi,” *Humaniora*, vol. 5, no. 2, p. 1153, 2014, doi: 10.21512/humaniora.v5i2.3255.
- [2] A. Ferdinand, *Structural Equation Modeling Dalam Penelitian Manajemen: Aplikasi Model-Model Rumit Dalam Penelitian untuk Tesis Magister dan Disertasi Doktor*, 4th ed. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2006.
- [3] P. Somerville, “Apa Perbedaan Antara Sistem yang Rumit dan Sistem yang Kompleks,” *Risk Frontiers*, 2019. [Online]. Available: <https://riskfrontiers.com/insights/the-difference-between-complicated-and-complex-systems/>

- [4] D. Adzkiya, “Membangun Model Petri Net Lampu lalu Lintas dan Simulasinya,” ITS Surabaya, 2008.
- [5] M. Taiping and Z. Peisi, “Modeling and Performance Analysis of Manufacturing Execution System Based on Petri Net,” *Open Cybern. Syst. J.*, vol. 9, pp. 1350–1357, 2015.
- [6] W. Elmaraghy, H. Elmaraghy, T. Tomiyama, and L. Monostori, “Complexity in engineering design and manufacturing,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 61, no. 2, pp. 793–814, 2012, doi: 10.1016/j.cirp.2012.05.001.
- [7] G. Popovics and L. Monostori, “An approach to Determine Simulation Model Complexity,” *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 257–261, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.07.072.
- [8] T. Tristono, W. Nuriana, S. D. Cahyono, S. Aji, J. Triono, and P. Utomo, “Morphism on Adaptive Traffic Light to Reduce Structural Complexity of The Model,” *AIP*.
- [9] T. Tristono, S. D. Cahyono, Sutomo, and P. Utomo, “Investigate the complexity of the control system of the Norwegian traffic light using Petri net model,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1211, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1211/1/012022.
- [10] T. Tristono, F. Karuniawati, S. D. Cahyono, S. Aji, and P. Utomo, “The Structural Complexity of Various Elements of Systems,” *Trends Sci.*, vol. 19, no. 4, 2022, doi: 10.48048/tis.2022.2189.
- [11] L. Bernardinello, L. Pomello, and S. Scaccabarozzi, “Morphisms on marked graphs,” *CEUR Workshop Proc.*, vol. 1160, pp. 113–127, 2014.
- [12] Z. Wang, “Petri Net Morphisms and Their Roles in Formal Development of Concurrent Systems,” no. August, 2003.
- [13] *MKJI*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota, Jakarta, 1997.

# Variabel-Variabel Yang Memengaruhi Tingkat Stres Mahasiswa Studi Kasus Mahasiswa Program Studi D-III Statistika Politeknik Statistika STIS Tahun Ajaran 2022/2023

Muhammad Lutfi fauzan<sup>1)</sup>, Yaya Setiadi<sup>2)</sup>  
<sup>1,2</sup> Politeknik Statistika STIS  
email: [setiadi@stis.ac.id](mailto:setiadi@stis.ac.id)

## Abstrak

*Emosi merupakan suatu luapan perasaan manusia dan sangat memengaruhi kehidupan manusia. Hal ini menunjukkan bahwa emosi manusia terlibat sebagai bagian kehidupan salah satunya bagi mahasiswa. Stres yang paling umum dialami oleh mahasiswa merupakan stres akademik. Mahasiswa program studi D-III Statistika Politeknik Statistika STIS memiliki tuntutan berupa ujian tengah semester (UTS), ujian akhir semester (UAS), praktik kerja lapangan (PKL), dan penyusunan tugas akhir bagi tingkat akhir. Selain itu, mahasiswa program studi D-III Statistika juga harus beradaptasi kembali dengan perkuliahan secara luring setelah dua tahun melakukan perkuliahan secara daring dan dunia sekolah untuk tingkat I. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabel yang memengaruhi tingkat stres mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III tahun ajaran 2022/2023 dengan metode regresi logistik ordinal. Hasil analisis deskriptif menunjukkan dari total 174 mahasiswa, 30,5 persen yang berada pada kategori stres ringan dengan mayoritas mengalami stres sedang sebanyak 58,6 persen dan sisanya 10,9 persen stres berat. Hasil analisis inferensia menunjukkan variabel proses pembelajaran ( $OR = 4,62$ ); dan dukungan sosial ( $OR = 2,93$ ) signifikan memengaruhi tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023 pada penelitian ini.*

**Kata kunci:** tingkat stres, mahasiswa, regresi logistik ordinal

## 1. PENDAHULUAN

Emosi merupakan suatu luapan perasaan manusia. Emosi sangat memengaruhi kehidupan manusia. Emosi memberikan warna pada kehidupan manusia. Terdapat dua macam emosi ditinjau dari pengaruh yang dihasilkannya. Bentuk-bentuk emosi tersebut berupa emosi positif dan negatif. Kedua emosi ini dapat dirasakan oleh setiap individu. Emosi yang negatif tergambarkan oleh perasaan takut, sedih, marah, ketidaksukaan dan perasaan negatif lainnya, sedangkan emosi positif sebaliknya (Seligman, 2005: 38-39). Emosi di kehidupan mahasiswa memiliki dampak yang beragam. Seperti yang diungkapkan Seligman (2005: 45) bahwa emosi yang positif membantu memperluas sumber-sumber intelektual, fisik, dan sosial yang dimiliki. Hal ini menunjukkan bahwa emosi manusia terlibat sebagai bagian kehidupan salah satunya bagi mahasiswa.

Mahasiswa adalah seseorang yang sedang dalam proses menimba ilmu ataupun belajar dan terdaftar sedang menjalani pendidikan pada salah satu bentuk perguruan tinggi yang terdiri dari akademik, politeknik, sekolah tinggi, institut dan universitas (Hartaji, 2012: 5). Mahasiswa dalam tahap perkembangan usia 18-25 tahun, pada tahap ini masuk ke dalam kategori remaja akhir hingga dewasa awal dan dilihat dari tugas perkembangan

usia mahasiswa adalah keyakinan pendirian dalam hidup (Yusuf, 2012). Mahasiswa yang merupakan remaja ini dihadapkan dengan dua masalah secara bersamaan. Masa ini dikatakan sebagai masa yang paling kritis bagi perkembangan pada tahap-tahap kehidupan selanjutnya (BKKBN, 2003). Oleh karena itu, mahasiswa cenderung untuk mengalami stres.

Dalam konteks mahasiswa, terdapat empat sumber stres pada mahasiswa yaitu interpersonal, intrapersonal, akademik, dan lingkungan (Ross, Niebling, & Heckert, 2008). Interpersonal adalah stressor yang dihasilkan dari hubungan dengan orang lain, misalnya konflik dengan teman, orang tua, atau pacar. Intrapersonal adalah stressor yang berasal dari dalam diri individu itu sendiri, misalnya kesulitan keuangan, perubahan kebiasaan makan atau tidur, dan kesehatan menurun. Akademik adalah stressor yang berhubungan dengan aktivitas perkuliahan dan masalah yang mengikutinya, misalnya nilai ujian yang buruk, tugas yang banyak, dan materi pelajaran yang sulit. Lingkungan adalah stressor yang berasal dari lingkungan sekitar, selain akademik, misalnya kurangnya waktu liburan, macet, dan lingkungan tempat tinggal yang tidak nyaman (Ross, Niebling, & Heckert, 2008).

Stres yang paling umum dialami oleh mahasiswa merupakan stres akademik. Stres



akademik diartikan sebagai suatu keadaan individu mengalami tekanan hasil persepsi dan penilaian tentang stresor akademik, yang berhubungan dengan ilmu pengetahuan dan pendidikan di perguruan tinggi (Govaerst & Gregoire, 2004). Hal tersebut disebabkan tuntutan akademik yang harus dihadapi, misalnya tugas dan lain sebagainya. Sejumlah peneliti telah menemukan bahwa siswa yang mengalami stres akan cenderung menunjukkan kemampuan akademik yang menurun (Talib & Ziaur-Rehman, 2012), kesehatan yang memburuk (Marshall, Allison, Nyakap & Lanke, 2008), depresi (Jayanthi, Thirunavukarasu & Rajkumar 2015), dan gangguan tidur (Waqas, Khan, Sharif, Khalid & Ali, 2014). Keberadaan stres tidak bisa terelakkan dalam kehidupan. Hal ini dapat berpengaruh pada kehidupan mahasiswa.

Pandemi COVID-19 mengakibatkan perubahan pada sistem pendidikan yang ada di Indonesia. Perubahan ini mengakibatkan mahasiswa harus beradaptasi terhadap sistem baru yang berbeda dalam pelaksanaannya. Dengan adanya keadaan pandemi, proses pembelajaran harus dilaksanakan secara daring, tetapi pihak pendidik dan terdidik tetap wajib melaksanakan kewajiban masing-masing. Berdasarkan penelitian oleh Fauziyyah, Awinda, & Besral (2021), sebesar 55,1 persen stres dialami oleh mahasiswa Indonesia selama perkuliahan daring ditambah dengan angka kecemasan selama perkuliahan daring sebesar 40 persen. Selain itu, berdasarkan penelitian Liviana et al., (2020) mengungkapkan, penyebab stres di kalangan mahasiswa selama pandemi COVID-19 disebabkan oleh beban tugas kuliah, kurangnya kesempatan bertemu dengan teman, proses perkuliahan daring yang monoton, tidak dapat melaksanakan praktek laboratorium karena ketidaktersediaan alat, sinyal yang tidak menentu, kuota internet yang terbatas, dan tidak dapat melaksanakan kegiatan seperti biasanya.

Politeknik Statistika STIS melaksanakan perkuliahan secara daring sejak dimulainya pandemi COVID-19. Mahasiswa angkatan 62 dan juga angkatan 63 mengawali dunia perkuliahan mereka secara daring. Berdasarkan Survei Kondisi Kesehatan Mental Mahasiswa selama Era Pembiasaan Baru oleh salah satu unit kegiatan mahasiswa (UKM) di Politeknik Statistika STIS, yaitu UKM Bidang KSR, mahasiswa Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2021/2022 1,935 kali lebih rentan memiliki gejala depresi bagi yang merasa mengalami situasi yang menyulitkan selama masa pandemi. Selain itu, berdasarkan survei tersebut, persentase kemampuan bangkit kembali dari stres (resiliensi) mahasiswa Polstat STIS berdasarkan tingkat tahun ajaran 2021/2022 berada

pada tingkat sedang. Dari jumlah sampel 89 mahasiswa tingkat satu, 65 persen memiliki resiliensi sedang dan 27 persen memiliki resiliensi rendah. Tingkat dua memiliki 68 persen resiliensi sedang dan 27 persen resiliensi rendah dari 88 orang. Tingkat tiga sebanyak 73 orang dengan 71 persen resiliensi sedang dan 25 persen resiliensi rendah dan tingkat empat 58 persen sedang dan 29 rendah dari 62 orang. Hal ini menunjukkan bahwa pandemi COVID-19 berdampak pada kesehatan mental mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika. Dalam hal ini, mahasiswa Politeknik Statistika STIS perlu dilihat bagaimana kondisi kesehatan mental lainnya yaitu stres.

Dari uraian di atas, maka hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian mengenai tingkat stres yang dialami mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023 dengan tujuan :

1. Mengetahui gambaran umum tingkat stres mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023
2. Mengetahui dan menganalisis faktor yang memengaruhi tingkat stres mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023.
3. Menganalisis kecenderungan variabel yang memengaruhi tingkat stres mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023.

## 2. METODE

Unit analisis dalam penelitian ini mahasiswa Politeknik Statistika STIS prodi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023. Dalam penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu dependen dan independen. Variabel independen yang digunakan yaitu jenis kelamin, proses pembelajaran, kondisi keuangan, dukungan sosial, dan hubungan sosial yang dikategorikan menjadi dua yaitu, baik dan buruk sedangkan variabel dependennya yaitu tingkat stres mahasiswa Politeknik Statistika STIS D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023 yang dikategorikan menjadi tiga yaitu, stres ringan, stres sedang, dan stres berat. Pada penelitian ini digunakan satu variabel dependen dan lima variabel independen. Pengkategorian variabel adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Operasional

Variabel Penelitian	Dasar Pengkategorian	Kategori
Tingkat Stres	Mean Teoritik	Stres Ringan
		Stres Sedang
		Stres Berat

Jenis Kelamin	Mean Teoritik	Buruk Baik
Proses Pembelajaran	Mean Teoritik	Buruk Baik
Kondisi Keuangan	Mean Teoritik	Buruk Baik
Dukungan Sosial	Mean Teoritik	Buruk Baik
Hubungan Sosial	Mean Teoritik	Buruk Baik

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dalam menyajikan hasil pengolahan data terkait stres akademik mahasiswa Politeknik Statistika STIS program studi D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023 yang disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.

Selanjutnya untuk mengetahui faktor yang memengaruhi tingkat stres, dilakukan analisis inferensia menggunakan metode regresi logistik ordinal dengan model proportional odds. Adapun langkah-langkahnya antara lain :

#### 1. Estimasi Parameter

Metode kemungkinan nilai maksimum (Maximum Likelihood Estimator) merupakan metode yang digunakan untuk menaksir parameter model regresi logistik dengan memberikan nilai estimasi  $\beta$  dengan memaksimumkan fungsi likelihood.

#### 2. Pengujian Asumsi Parallel Lines

Pada proportional odds model, uji ini bertujuan untuk menguji apakah koefisien slope sama untuk setiap kategori variabel respon. Asumsi ini diuji dengan menggunakan uji rasio log likelihood.

#### 3. Pengujian Kesesuaian Model (*goodness of fit*)

Uji goodness of fit merupakan uji kesesuaian model secara keseluruhan yang dihitung dari residual kuadrat model predikat. Variabel yang diprediksi dibandingkan dengan variabel yang sebenarnya.

#### 4. Pengujian Signifikansi Penduga Parameter secara Simultan

Prosedur uji perbandingan kemungkinan (*ratio likelihood test*) dapat digunakan untuk menguji keberartian model regresi logistik. Statistik uji G digunakan untuk menguji peranan variabel penjelas di dalam model secara bersama-sama (Hosmer & Lemeshow, 2000). Uji ini membandingkan model lengkap (model dengan variabel prediktor) terhadap model yang hanya dengan konstanta (model tanpa variabel prediktor).

5. Pengujian Signifikansi Penduga Parameter secara Parsial  
Statistik uji Wald dihitung dengan membagi parameter yang ditaksir oleh galat baku dari parameter yang ditaksir.
6. Penghitungan dan Interpretasi Odds Ratio

### 3. DATA DAN SUMBER DATA

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengisian angket. Angket ini menggunakan metode *self enumeration* yang disebarakan melalui Whatsapp dengan populasi mahasiswa Politeknik Statistika STIS D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023. Sedangkan data sekunder berupa daftar nama seluruh mahasiswa Politeknik Statistika STIS D-III Statistika tahun ajaran 2022/2023 yang digunakan sebagai kerangka sampe penelitian.

Cara menentukan jumlah sampel minimum dalam penelitian ini menggunakan rumus Cochran. Rumus sampel minimum Cochran adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{NZ\alpha_{/2}^2 p(1-p)}{d^2(N-1) + Z\alpha_{/2}^2 p(1-p)}$$

dimana:

- $n$  = ukuran sampel
- $N$  = ukuran populasi
- $Z\alpha_{/2}$  = nilai skor baku
- $d$  = batas kesalahan absolut
- $p$  = *proporsi*

Penelitian ini menggunakan  $\alpha = 5\%$  dan dengan rumus sampel minimum Cochran diatas, maka diperoleh jumlah total sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah 175.

Dalam penelitian ini, metode penarikan sampel yang digunakan adalah *stratified systematic sampling*. Strata ditentukan berdasarkan tingkat mahasiswa sebagai berikut:

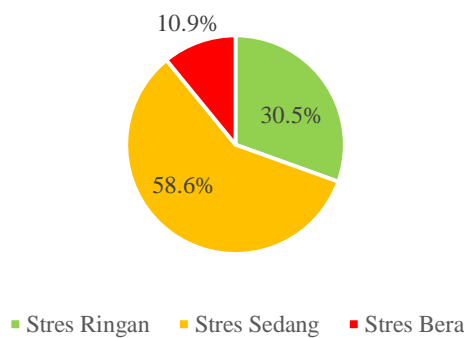
1. Strata pertama adalah mahasiswa tingkat I D-III Statistika.
2. Strata pertama adalah mahasiswa tingkat II D-III Statistika.
3. Strata pertama adalah mahasiswa tingkat III D-III Statistika.

Setelah dilakukan penentuan strata, selanjutnya adalah penentuan jumlah sampel dengan menggunakan rumus alokasi proporsional. Setelah ukuran sampel tiap strata sudah dihitung, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel dengan metode *linear systematic sampling*.

Berikut merupakan tahapan pengambilan sampel dalam penelitian ini.

1. Melakukan penyusunan kerangka sampel berupa daftar nama mahasiswa.
2. Menghitung interval ( $k$ )
3. Menentukan angka random yang didapatkan berdasarkan teknik penanggalan menggunakan *remainder approach*.
4. Menentukan angka random berikutnya dengan menambahkan angka random pertama dengan interval yang telah didapatkan sebelumnya. Unit yang nomor urutnya sama dengan AR maka terpilih sebagai sampel.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Persentase Tingkat Stres Mahasiswa Program Studi D-III Politeknik Statistika STIS Tahun Ajaran 2022/2023

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan persentase tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023. Dari total 174 mahasiswa, 53 mahasiswa yang berada pada kategori stres ringan atau 30,5 persen. Mahasiswa program studi D-III yang mengalami stres sedang sebanyak 58,6 persen atau sebanyak 102 mahasiswa. Mahasiswa yang berada pada kategori stres berat sebanyak 19 mahasiswa atau 10,9 persen dari keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023 mengalami stres sedang.

Tabel 2. Persentase Tingkat Berdasarkan Variabel Bebas

Variabel		Tingkat Stres		
		Stres Ringan	Stres Sedang	Stres Berat
Jenis Kelamin	Laki-Laki	23,9	68,7	7,5
	Perempuan	34,6	52,3	13,1
Proses Pembelajaran	Buruk	14,9	62,7	22,4
	Baik	40,2	56,1	3,7
Kondisi Keuangan	Buruk	33,3	33,3	33,3
	Baik	30,2	61,0	8,8
Dukungan Sosial	Buruk	8	72,0	20,0
	Baik	34,2	56,4	9,4
Hubungan Sosial	Buruk	0	66,7	33,3
	Baik	31,0	58,5	10,5

Berdasarkan tabel 2, pada seluruh variabel bebas didominasi oleh mahasiswa yang mengalami stres sedang. Variabel jenis kelamin mayoritas adalah kategori stres sedang diikuti dengan stres ringan dan stres berat. Variabel proses pembelajaran mayoritas adalah kategori stres sedang dengan pada kondisi buruk diikuti dengan stres berat dan stres ringan sedangkan pada kondisi baik diikuti stres ringan dan stres berat. Variabel kondisi keuangan mayoritas adalah kategori stres sedang diikuti dengan stres ringan dan stres berat pada kondisi baik dan untuk kondisi buruk tingkat stres merata. Pada variabel dukungan sosial dan hubungan sosial, mayoritas adalah kategori stres sedang dengan pada kondisi buruk diikuti dengan stres berat dan stres ringan sedangkan pada kondisi baik diikuti stres ringan dan stres berat.

#### Variabel Yang Memengaruhi Tingkat Stres Mahasiswa Program Studi D-III Politeknik Statistika STIS Tahun Ajaran 2022/2023

Pengujian Asumsi *Parallel Lines*

$H_0$ : Model menghasilkan koefisien regresi (*slope*) yang sama

$H_1$ : Model tidak menghasilkan koefisien regresi (*slope*) yang sama

Tabel 3. Hasil Pengujian Asumsi *Parallel Lines*

Chi-Square	df	p-value
6,843	5	0,233

Dari tabel 3 diperoleh nilai chi-square sebesar 6,843 dan derajat bebas sebesar lima. Dengan *p-value* sebesar 0,233 menunjukkan nilai yang lebih besar dari tingkat signifikansi 5 persen, sehingga keputusan yang diambil adalah gagal tolak

$H_0$ . Dengan demikian, dengan tingkat kepercayaan 95 persen model yang dihasilkan memiliki koefisien regresi (*slope*) yang sama pada semua kategori tingkat stres. Jadi, dapat dinyatakan bahwa asumsi *parallel lines* telah terpenuhi.

Uji Kesesuaian Model (*Goodness of Fit*)

$H_0$  : model sesuai dengan data (Tidak ada perbedaan dari hasil observasi dan hasil prediksi dari model)

$H_1$  : model tidak sesuai dengan data (Ada perbedaan dari hasil observasi dan hasil prediksi dari model)

Tabel 4. Hasil Pengujian Kesesuaian Model

Chi-Square	df	p-value
33,832	27	0,171

Dari tabel 4, dapat diketahui bahwa nilai Pearson's Chi-Square sebesar 33,832 dan derajat bebas sebesar 25. Dengan *p-value* sebesar 0,171 menunjukkan nilai yang lebih besar dari tingkat signifikansi 5 persen, sehingga keputusan yang diambil adalah gagal tolak  $H_0$ . Dengan demikian, dengan tingkat kepercayaan 95 persen dapat diyakini bahwa model yang digunakan sesuai dengan data (model fit).

Uji Simultan (Uji Keberartian Model)

Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$  (seluruh variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel tak bebas)

$H_1 : \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, k$  (terdapat minimal satu variabel bebas yang berpengaruh terhadap variabel tak bebas)

Tabel 5. Hasil Pengujian Asumsi *Parallel Lines*

G	df	p-value
31,379	5	0,000

Dari tabel 5, dapat diketahui bahwa nilai uji G sebesar 31,379 dan derajat bebas sebesar 5. Dengan *p-value* sebesar 0,000, menunjukkan nilai yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 5 persen, sehingga keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$ . Dengan demikian, dengan taraf uji 95 persen dapat ditunjukkan bahwa minimal terdapat satu variabel

independen yang berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat stres.

Pengujian Signifikansi Penduga Parameter secara Parsial

Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0 : \beta_k = 0 ; k = 1, 2, \dots, k$  (variabel bebas ke- $k$  tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas)

$H_1 : \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, k$  (variabel bebas ke- $k$  berpengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas)

Tabel 6. Penduga Parameter

Variabel	$\beta_k$	Se( $\beta_k$ )	W	p-value
Jenis Kelamin	0,160	0,319	0,253	0,615
Proses Pembelajaran	1,530	0,355	18,542	0,000
Kondisi Keuangan	0,631	0,559	1,277	0,258
Dukungan Sosial	1,074	0,464	5,352	0,021
Hubungan Sosial	1,338	1,180	1,286	0,257

Berdasarkan hasil di atas, dari lima variabel bebas yang diduga memengaruhi tingkat stres terdapat dua variabel yang memiliki *p-value* kurang dari 0,05 yaitu variabel proses pembelajaran dan dukungan sosial. Hal ini menunjukkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95 persen dua variabel bebas tersebut secara signifikan memengaruhi tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023. Selain kedua variabel bebas diatas, pada tingkat kepercayaan 95 persen belum terdapat cukup bukti untuk menyatakan bahwa variabel bebas lainnya signifikan memengaruhi tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023.

Selanjutnya nilai penduga parameter di atas dapat dibuat model analisis regresi logistik ordinal sebagai berikut:

Model regresi logistik untuk stres ringan:

$$\begin{aligned} \text{logit}(P(Y \leq 0|x)) &= -4,861 + 0,1601X_1 + 1,530X_2 \\ &+ 0,631X_3 + 1,074X_4 + 1,338X_5 \end{aligned}$$

Model regresi logistik untuk maksimal stres sedang:

$$\begin{aligned} \text{logit}(P(Y \leq 1|x)) &= -1,428 + 0,160X_1 + 1,530X_2 \\ &+ 0,631X_3 + 1,074X_4 + 1,338X_5 \end{aligned}$$

Keterangan:

$X_1$ : Jenis Kelamin

$X_2$ : Proses Pembelajaran

- X<sub>3</sub>: Kondisi Keuangan
- X<sub>4</sub>: Dukungan Sosial
- X<sub>5</sub>: Hubungan Sosial

#### Rasio kecenderungan (*Odds Ratio*)

Penghitungan nilai odds ratio bertujuan untuk mengetahui kecenderungan variabel independen terhadap variabel dependen serta memudahkan interpretasi koefisien dari regresi logistik ordinal.

Tabel 7. Nilai *Odds Ratio*

Variabel	Kategori	$\hat{\beta}_k$	<i>Odds Ratio</i>
Jenis Kelamin	Laki-Laki ( <i>ref</i> )	0,160	1,173
	Perempuan		
Proses Pembelajaran*	Buruk ( <i>ref</i> )	1,530	4,618
	Baik		
Kondisi Keuangan	Buruk ( <i>ref</i> )	0,631	1,879
	Baik		
Dukungan Sosial*	Buruk ( <i>ref</i> )	1,074	2,927
	Baik		
Hubungan Sosial	Buruk ( <i>ref</i> )	1,338	3,811
	Baik		

Keterangan : \* = signifikan pada tingkat signifikansi 5%

Berdasarkan hasil pengolahan, didapatkan nilai odds ratio untuk variabel proses pembelajaran adalah sebesar  $exp(1,530)=4,618$ . Artinya, mahasiswa yang merasa proses pembelajarannya ‘baik’ memiliki kecenderungan sebesar 4,618 kali untuk memiliki stres ringan daripada minimal stres sedang dibandingkan mahasiswa yang merasa proses pembelajarannya ‘buruk’ dengan asumsi semua variabel bebas lain dianggap sama. Dengan kata lain, semakin baik persepsi mahasiswa terhadap proses pembelajaran, maka tingkat stres yang dialami mahasiswa semakin kecil.

Untuk variabel dukungan sosial nilai odds ratio sebesar  $exp(1,074)=2,927$ . Artinya, mahasiswa yang dukungan sosialnya ‘baik’ memiliki kecenderungan sebesar 2,927 kali untuk memiliki stres ringan daripada minimal stres sedang dibandingkan mahasiswa yang merasa dukungan sosialnya ‘buruk’ dengan asumsi semua variabel bebas lain dianggap sama. Dengan kata lain, semakin baik dukungan sosial mahasiswa, maka tingkat stres yang dialami mahasiswa semakin kecil.

#### 5. KESIMPULAN

Mahasiswa program studi D-III Statistika Politeknik Statistika STIS Tahun Ajaran 2022/2023 mayoritas berada dalam kategori stres sedang yaitu sebesar 58,6 persen. Selanjutnya 10,9 persen berada

dalam kategori stres berat dan sisanya sebesar 30,5 persen berada dalam kategori stres ringan. Dari persamaan regresi logistik ordinal, variabel independen yang signifikan terhadap tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023 adalah proses pembelajaran dan dukungan sosial. Dari kedua variabel yang signifikan terhadap tingkat stres mahasiswa program studi D-III Politeknik Statistika STIS tahun ajaran 2022/2023, proses pembelajaran memiliki kecenderungan yang paling tinggi. Mahasiswa dengan proses pembelajaran yang baik memiliki kecenderungan hampir 5 kali lebih besar untuk mengalami stres ringan daripada minimal stres sedang dibandingkan mahasiswa yang merasa proses pembelajarannya buruk.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- BKKBN Propinsi Jawa Tengah. 2003. Membantu Remaja Memahami Dirinya. Semarang. BKKBN Propinsi Jawa Tengah.
- Govaerst, S. & Gregoire, J. (2004). Stressfull academic situations: Study on appraisal variables in adolescence. *British Journal of Clinical Psychology*, 54, 261-271.
- Hartaji, Damar A. (2012). Motivasi Berprestasi Pada Mahasiswa yang Berkuliah Dengan Jurusan Pilihan Orangtua. *Fakultas Psikologi Universitas Gunadarma*
- Jayanthi, P., Thirunavukarasu, M., & Rajkumar, R. (2015). Academic stress and depression among adolescents: A cross-sectional study. *Indian Pediatrics*, 52(3), 217-219.
- Marshall, L. L., Allison, A., Nykamp, D., & Lanke, S. (2008). Perceived stress and quality of life among doctor of pharmacy students. *American Journal Of Pharmaceutical Education*, 72(6), 1-8.
- Priyoto. (2014). *Konsep Manajemen Stres*. Yogyakarta: Nuha Medika
- Seligman E. P, Martin. (2005). *Authentic Happiness*. Bandung: PT. Mizan Pustaka
- Talib, N., & Zia-ur-Rehman, M. (2012). Academic performance and perceived stress among university students. *Educational Research and Reviews*, 7(5), 127-132. doi: 10.5897/err10.192.
- Waqas, A., Khan, S., Sharif, W., Khalid, U., & Ali,

A. (2014). Association of aca-demic stress with sleeping difficulties in medical students of a Pakistani medical school: a cross sectional survey. PeerJ, 2-11. doi: 10.7717/peerj.840

Yusuf. 2012. Psikologi Perkembangan Anak dan Remaja. Bandung: Remaja Rosdakarya.

# PENERAPAN INTEGRAL DAN DIFRENSIAL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (*Oceans Thermal Energy Conversion*)

Andi Hendrawan<sup>1</sup>, Priyani Budiarti<sup>2</sup>, Dedeh Suryani<sup>3</sup>, Aji Kusumastuti Hendrawan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Akademi Maritim Nusantara Cilacap

<sup>4</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

Email: [andihendrawan007@gmail.com](mailto:andihendrawan007@gmail.com)

## Abstrak

Matematika banyak dibutuhkan dalam bidang teknik, salah satunya adalah di bidang kelistrikan dan khususnya Pembangkit listrik. Persamaan matematis dalam Konsep OTEC hampir sama dengan konsep pembangkit konvensional pada umumnya hanya terdapat perbedaan sistem aliran kerja pada ketel yang menggunakan amoniak. Penelitian ini adalah penelitian kepustakaan yang diwujudkan dalam penyelesaian diferensial integral yang merupakan penerapan dalam bidang teknik sehingga luarannya adalah solusi diferensial integral pembangkit listrik tenaga OTEC. Pada makalah kali ini yang dibahas adalah penerapan diferensial integral pada pembangkit OTEC. Hasil menunjukkan bahwa persamaan matematis pada boiler OTEC mempertimbangkan beberapa variabel antara lain panas air laut, perubahan aliran kerja yang outputnya adalah daya listrik.

**Kata kunci:** Diferensial, integral, OTEC

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2015, emisi CO<sub>2</sub> akibat pembangkitan energi dan produksi panas mencapai 13.540 juta ton. Upaya yang harus dilakukan untuk menurunkan angka ini, terutama untuk memenuhi tujuan Kesepakatan Paris untuk membatasi pemanasan global di bawah 2 C. Oleh karena itu, perlu dikembangkan energi terbarukan yang belum cukup terwakili dalam bauran energi saat ini. Kelemahan dari sebagian besar energi terbarukan yang diterapkan adalah intermitensinya, oleh karena itu, mereka tidak dapat digunakan untuk kebutuhan energi beban dasar tanpa terobosan sistem penyimpanan. Namun, untuk menghasilkan listrik, konversi energi panas laut (OTEC) menggunakan perbedaan antara suhu air laut permukaan dan suhu air laut dalam di daerah tropis. Karena daerah tersebut menyajikan perubahan suhu yang sangat rendah sepanjang tahun, pembangkit listrik yang stabil dapat dicapai. Apalagi OTEC memiliki potensi yang sangat besar, karena sumber dayanya diperkirakan maksimal 7 TW dari produksi energi bersih. Selain pembangkit listrik, dimungkinkan dengan sistem seperti itu untuk menghasilkan air tawar menggunakan air laut yang hangat (Fontaine et al., 2019). Keberadaan energi fosil yang terbatas (A

Hendrawan, 2021; Andi Hendrawan, 2020a, 2020b) menuntut adanya energi alternatif demi kesinambungan ketersediaan energi bagi umat manusia. Sebuah sistem pembangkit merupakan integrasi dari sistem konversi energi dari panas menjadi mekanik dan mekanik menjadi listrik. Ketel merupakan salah satu komponen pembangkit yang bertugas mengkonversikan panas menjadi mekanik sehingga bisa menggerakkan turbin. *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik yang berbahan bakar terbaru yang memanfaatkan suhu dari panas air laut (Budiarti et al., 2022; Andi Hendrawan et al., 2022, 2023)

Pada OTEC, *temperature* merupakan yang terpenting karena distribusi *temperature* permukaan menjadi sumber energi. Energi Terbarukan Aliran kerja merupakan bagian terpenting dalam sistem pembangkit OTEC, Energi terbaru menjadi sangat tidak populer karena keberadaan yang dipandang kurang ekonomis dan teknologi yang digunakan kurang efisien. Energi yang laut yang melimpah dibiarkan begitu saja, hal ini bisa dimengerti karena keberadaan energi fosil yang masih mencukupi hingga saat ini. Energi terbarukan menjadi sangat dibutuhkan mungkin jika energi

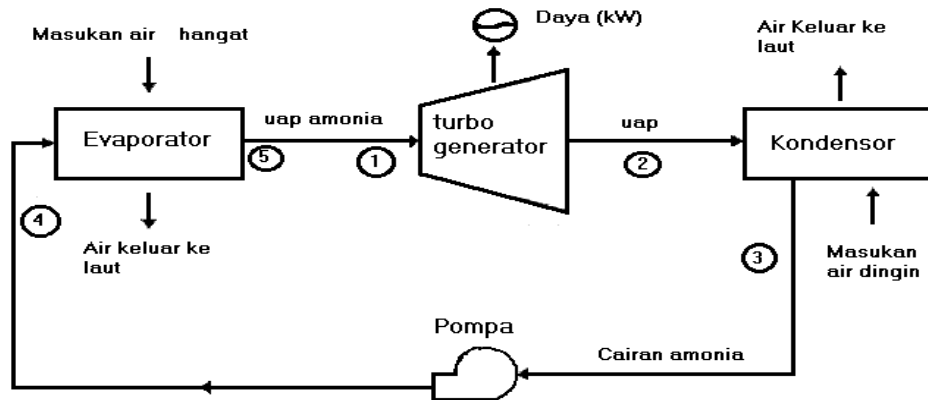
fosil mencapai ambang kelangkaan (Andi Hendrawan et al., 2018). Pada tahun 1981 OTEC di Nauru dibangun oleh Tokyo *Electric Power Service Company* dan Tokyo *Electric Company*. Sedangkan Kyusu *Elektrik Company* mengembangkan OTEC yang berdaya keluaran 50 kW. Pada Tahun 1985 Universitas Saga mengadakan percobaan dengan mengoperasikan OTEC yang berkekuatan 75kW (Andi Hendrawan, 2019a, 2020, 2020). Herue, Carmelo [1988] pada tahun 1988 Pilipina mengadakan penelitian tentang studi kelayakan pembangunan OTEC di Pilipina dan merancang OTEC dengan metoda daur terbuka. Khan, Kenneth [2003] mengatakan bahwa penggunaan zalir campuran antara propana dan amoniak meningkatkan efisiensi pembangkitan hingga 7% (Andi Hendrawan, 2020a).

Penentuan jenis dan rancang pembangkit OTEC menjadi masalah utama sehingga pada rancang pembangkit OTEC. Penerapan diferensial

integral pada pembangkit listrik tenaga OTEC menjadi salah satu pertimbangan. Perhitungan secara diferensial integral sebagai angka awal untuk menjadi sebuah pemodelan matematika OTEC.

## 2. INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS LAUT

Teknologi OTEC, dalam prosesnya untuk menghasilkan energi listrik menggunakan perbedaan suhu antara perairan hangat di permukaan laut dan perairan dingin yang dalam. Laut menyajikan perairan dengan suhu rendah pada kedalaman antara 800m sampai dengan 1000m dari permukaan laut. Umumnya, OTEC beroperasi dengan perbedaan suhu sekitar 20°C atau lebih. Suhu pada kedalaman 1000 m relatif konstan, mencapai sekitar 4°C. Ini berarti bahwa OTEC sangat cocok untuk suhu lingkungan rata-rata sekitar 25°C (Tenorio et al., 2019). Pada Gambar 1 diperlihatkan Skema OTEC.



Gambar 1. skema OTEC daur tertutup

Pembangkitan listrik adalah proses konversi energi yang mengubah energi panas dari pembakaran bahan bakar fosil atau fisi uranium menjadi listrik. Selama proses konversi energi, panas berpindah dari reservoir panas suhu tinggi ke reservoir panas suhu rendah. Konsep dasar OTEC adalah menggunakan air laut permukaan yang hangat dan DO dingin. Ini adalah dua reservoir panas yang diperlukan (Liu, 2018). Dalam sistem loop tertutup untuk menguapkan amoniak, permukaan air laut yang hangat digunakan, dan uap mengalir melalui pipa untuk

menggerakkan turbin dan menghasilkan tenaga melalui generator listrik. Uap dari knalpot turbin diuapkan oleh kondensor menggunakan busa air pada suhu sekitar 5°C. kemudian amoniak cair dipompa kembali ke evaporator untuk diuapkan kembali menggunakan air permukaan laut yang hangat, dan seterusnya (Andi Hendrawan, 2019b)

## 3. PEMBAHASAN

Analisis matematika pada boiler ditentukan oleh variabel yang cukup banyak. Hal ini seperti bagian boiler terdiri dari:



1. shell (kulit) yang terdiri dari diameter dalam (*inside diameter*) ID, *Baffle space* dan *passes*.
2. tube: jumlah tube, OD (*out diameter*), BWG, pith.

Hal yang menentukan persamaan matematis antara lain neraca panas, suhu masuk dan keluar pada aliran panas dan aliran dingin. Langkah pertama dalam membuat persamaan matematis adalah dengan menentukan nilai LMTD (*Log Mean Temperature Difference*).

Aliran panas		Aliran dingin	Beda
$T_1$	Suhu tinggi	$t_{-2}$	$t_{d1} = T_1 - t_{-2}$
$T_2$	Suhu rendah	$t_{-1}$	$t_{d2} = T_2 - t_{-1}$
$T_1 - T_2$	Perbedaan	$t_{-2} - t_{-1}$	$t_{d1} - t_{d2}$

$$LMTD = \frac{t_{d2} - t_{d1}}{2,3 \log t_{d2} / t_{d1}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

$LMTD$  = Log Mean Temperature Difference;

$t_{d2}$  = beda temperatur pada suhu rendah ( $^{\circ}F$ );

$t_{d1}$  = beda temperatur pada suhu tinggi ( $^{\circ}F$ );

kemudian kita menghitung grup suhu:

$$R = \frac{\int_{T_1}^{T_2} T dT}{\int_{t_1}^{t_2} t dt} \dots\dots\dots(2)$$

Maka kerja pompa daur adalah:

$$w_p = (h_E - h_D) + (X_{boiler} - X_{kond}) \times \frac{1}{778 \text{ lbf} / \text{BTU}} \times \frac{32.2 \text{ ft} / \text{sec}}{32.2 \text{ lbm} / \text{lbf} \cdot \text{sec}} \dots\dots(4.1)$$

dengan:

$w_p$  = kerja pompa daur (BTU/lbm)  
 $h_E$  = enthalpi masuk boiler (BTU/lbm)

$h_D$  = enthalpi keluar kondensor (BTU/lbm)

$X_{boiler}$  = kedalaman boiler di bawah permukaan air laut (ft)

$X_{kond}$  = kedalaman kondensor di bawah permukaan air laut (ft)

Untuk proses volume tetap (*isentropik*) sepanjang tekanan pompa DE maka:

$$h_E - h_D = \int_D^E v dP = v(P_E - P_D) \dots\dots\dots(2)$$

dengan

$v$  = volume jenis ( $\text{ft}^3/\text{lbm}$ )

$P_E$  = tekanan boiler ( $\text{lbf}/\text{in}^2$ )

$P_D$  = tekanan kondensor ( $\text{lbf}/\text{in}^2$ )

dengan menggunakan persamaan (2) dan tabel dapat ditentukan  $h_D$ .

Panas yang dibutuhkan sepanjang proses EB dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_2 = (h_B - h_A) - (h_A - h_E) \dots\dots\dots(3)$$

dengan ( $h_A - h_E$ ) kehilangan enthalpi pada boiler. Jika diandaikan bahwa ekspansi lewat turbin adalah proses ientropik maka kerja turbin menjadi :

$$w_t = h_B - h_C \dots\dots\dots(4)$$

dengan;

$h_B$  = enthalpi keluar boiler (BTU/lbm)

$h_C$  = enthalpi masuk kondensor (BTU/lbm)

untuk menentukan  $h_B$  dan  $h_C$  digunakan perbandingan fraksi yang mengembun dengan persamaan berikut :

$$S_{gB} + S_{lB} = S_{gC} + S_{lC} \dots\dots\dots(5)$$

$$S_{gB} = (1 - x)S_{gC} + xS_{lC}$$

dengan;

$S_{gB}$  = Entropi gas keluar boiler (BTU/lbm. $^{\circ}F$ )

$S_{gC}$  = Entropi gas masuk kondensor (BTU/lbm. $^{\circ}F$ )

$S_{lB}$  = Entropi cairan keluar boiler (BTU/lbm. $^{\circ}F$ )

$S_{lC}$  = Entropi cairan masuk kondensor (BTU/lbm. $^{\circ}F$ )

Setelah x diketahui kemudian menentukan  $h_C$  dengan persamaan berikut:

$$h_C = (1-x)h_{gC} + xh_{lC} \dots\dots\dots(4.6)$$

dengan;

$h_{gC}$  = enthalpi gas masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_{lC}$  = enthalpi cairan masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_C$  = enthalpi masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_{gC}$  dan  $h_{lC}$  ditentukan dengan membaca tabel di lampiran yang ditentukan oleh suhu dan tekanan sistem.

Panas yang dilepaskan oleh kondensor ditentukan dengan persamaan:

$$q_1 = h_C - h_D \dots\dots\dots(7)$$

dengan;

$h_C$  = enthalpi masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_D$  = enthalpi keluar kondensor (BTU/lbm)

maka efisiensi daur Rankine menjadi:

$$\eta_R = \frac{q_2 - q_1}{q_2} \dots\dots\dots(4.8)$$

Berdasarkan asas Black, maka proses di ketel dapat ditulis sebagai berikut:

$$m_{al} \times \Delta t_{boiler} \times c_{p-al} = m_{NH_3} (h_B - h_E) \dots\dots\dots(9)$$

dengan:

$m_{al}$  = masa air laut hangat (lbm)

$\Delta t_{boiler}$  = penurunan suhu pada ketel(°F)

$c_{p-al}$  = kapasitas panas air laut(BTU/lbm.°F)

$m_{NH_3}$  = masa amoniak (lbm)

Tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan OTEC ditentukan oleh kecepatan aliran air laut hangat yang dialirkan melalui unit pemindah panas. Kebutuhan air hangat dapat ditentukan dengan mempergunakan hubungan sebagai berikut:

daya diserap = tenaga panas yang masuk dari air hangat X konversi energi efisiensi ke elektrisitas)

Bila dianggap massa jenis air laut 64 lb/ft<sup>3</sup> dan kapasitas panas 1 BTU/lb.°F, penurunan suhu air laut hangat selama melewati unit ketel

$\Delta t_{boiler}$ . Q adalah debit aliran air laut hangat yang dibutuhkan (ft<sup>3</sup>/dt) untuk daya keluaran sebesar P. Maka persamaannya menjadi :

$$P_{serap} (kWe) = 64(lb / ft^3) \times 1(BTU / lb.^{\circ} F) \times Q(ft^3 / dt) \times \Delta t_{boiler} (^{\circ} F) \times \frac{2,78.10^{-7} kWh}{0,949.10^{-3}} \times \frac{3600 dt}{h} \times \frac{kWe}{kW} \dots(10)$$

maka

$$Q_{alh} = \frac{0,0148 P}{\Delta t_{boiler}} \dots\dots\dots(11)$$

dengan :

$Q_{alh}$  = debit air hangat yang dibutuhkan (ft<sup>3</sup>/dt)

P = daya yang diserap (kWe)

$\Delta t_{boiler}$  = penurunan suhu pada ketel (°F)

bila persamaan 4.9 diubah menjadi :

$$m_{al} = \frac{m_{NH_3} (h_B - h_E)}{\Delta t_{boiler}}$$

dan

$$\frac{Q_{alh}}{v_{al}} = \frac{Q_{NH_3} (h_B - h_E)}{\Delta t_{boiler}} \times \frac{1}{v_{gas\_NH_3}}$$

$$Q_{gas\_NH_3} = \frac{Q_{alh} \times \Delta t_{boiler} \times v_{gas\_NH_3}}{v_{al} \times (h_B - h_E)}$$

karena  $v_{al} = 1/64$  maka debit NH<sub>3</sub> gas yang dibutuhkan :

$$Q_{gas\_NH_3} = \frac{0,0148 P \times v_{gas\_NH_3} \times 64}{h_B - h_E} \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_{gas\_NH_3} = \frac{0,9472 P \times v_{gas\_NH_3}}{h_B - h_E}$$

dengan:

$Q_{gas\_NH_3}$  = debit gas NH<sub>3</sub> (ft<sup>3</sup>/dt)

$v_{gas\_NH_3}$  = volume jenis gas NH<sub>3</sub> (ft<sup>3</sup>/lbm)

$h_B$  = enthalpi keluar boiler (BTU/lbm)

$h_E$  = enthalpi masuk boiler (BTU/lbm)

dengan demikian untuk menghitung daya turbin menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{turbin} = w_t \times Q_{gas\_NH_3} \times \frac{1}{v_{gas\_NH_3}} \times \text{efisiensi turbin} \dots\dots(13)$$

$$P_{keluaran} = P_{turbin} \times \text{efisiensi generator}$$

dengan:

$P_{turbin}$  = daya turbin (kW)

Dengan menggunakan persamaan 9 dapat ditentukan pula debit cairan  $NH_3$  yang terbentuk atau dibutuhkan:

$$Q_{cairan\_NH_3} = \frac{0,9472 P \times v_{cairan\_NH_3}}{h_B - h_E} \dots\dots(14)$$

dengan;

$v_{cairan\_NH_3}$  = volume jenis cairan  $NH_3$ (ft<sup>3</sup>/lbm)

$Q_{cairan\_NH_3}$  = Debit cairan  $NH_3$ (ft<sup>3</sup>/dt)

$h_B$  = enthalpi keluar boiler (BTU/lbm)

$h_E$  = enthalpi masuk boiler (BTU/lbm)

karena cairan  $NH_3$  yang terbentuk disalurkan kembali ke ketel melalui kondensor sehingga daya pompa menjadi :

$$P_{pompa} = w_p \times Q_{cairan\_NH_3} \times \frac{1}{v_{cairan\_NH_3}} \dots\dots(15)$$

Berdasarkan asas black maka proses di kondensor dapat ditulis sebagai persamaan sebagai berikut:

panas yang diberikan = panas yang diterima

$$m_{ald} \times \Delta t_{kond} \times c_p = m_{NH_3} (h_C - h_D) \dots\dots(16)$$

dengan:

$m_{alg}$  = masa air laut dingin(lbm)

$\Delta t_{kond}$  = selisih suhu pada kondensor(°F)

$c_p$  = kapasitas panas air laut(BTU/lbm.°F)

$h_C$  = enthalpi masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_D$  = enthalpi keluar kondensor (BTU/lbm)

bila  $c_p = 1$  maka :

$$m_{ald} = \frac{m_{NH_3} (h_C - h_D)}{\Delta t_{kond}} \dots\dots(17)$$

dengan

$$m_{NH_3} = \frac{0,0148 P}{h_B - h_E} \dots\dots(18)$$

substitusi persamaan (18) ke persamaan (17) menjadi:

$$m_{ald} = \frac{0,0148 P (h_C - h_D)}{\Delta t_{kond} (h_B - h_E)} \dots\dots(19)$$

dengan  $m_{ald}$  = laju massa (lbm/det)

debit air laut dingin yang diperlukan :

$$Q_{ald} = \frac{0,0148 P (h_C - h_D) v_{ald}}{\Delta t_{kond} (h_B - h_C)} \dots\dots(20)$$

dengan;

$Q_{ald}$  = debit air laut dingin(ft<sup>3</sup>/dt)

$h_C$  = enthalpi masuk kondensor (BTU/lbm)

$h_D$  = enthalpi keluar kondensor (BTU/lbm)

$h_B$  = enthalpi keluar boiler (BTU/lbm)

$h_E$  = enthalpi masuk boiler (BTU/lbm)

$v_{ald}$  = Volume jenis air laut dingin (ft<sup>3</sup>/lbm)

$\Delta t_{kond}$  = selisih sihi pada kondensor(°F)

Untuk menghitung diameter pipa air laut dingin, air laut hangat, gas  $NH_3$  maupun cairannya maka diperlukan varibel baru yaitu kecepatan. Artinya kecepatan aliran ditentukan sendiri. Misalkan  $V_{gas}$  = kecepatan gas.  $V_{cair}$  = kecxepatan cairan.

Maka diameter pipa menjadi :

$$D = \left( \frac{2Q}{V} \right)^{0,5} \dots\dots(21)$$

dengan;

D = diameter pipa (ft)

Q = debit aliran dalam pipa (ft<sup>3</sup>/dt)

$V$  = Kecepatan aliran pipa(ft/dt)

Dengan cara yang sama dapat dihitung diameter pipa air laut dingin, panas dan  $NH_3$ .

Untuk menentukan daya pompa yang diperlukan untuk memompa air laut hangat dari permukaan atau air laut dingin di kedalaman diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Penentuan bilangan Reynold untuk air laut hangat ataupun dingin

$$R_e = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

dengan:

$R_e$  = angka renold

$V$  = kecepatan (ft/dt)

$D$  = diameter (ft)

$\rho$  = densitas (lbm/ft<sup>3</sup>)

$\mu$  = viskositas(lbm/ft.hr)

2. dengan menggunakan grafik tentukan friction factor (faktor gesekan) dengan mencocokkan bilangan Reynold yang sesuai
3. Penentuan kerugian hulu (hulu hilang = *lost head*) dengan menggunakan formula Darcy-Weisbach.

$$H_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

dengan

$H_L$  = hulu hilang

$f$  = friction factor (*faktor gesekan*)

4. Penentuan head menggunakan asas Bernaulli: Energi pada titik A + energi pompa - energi yang hilang = energi pada titik B

$$\left( Z_A + \frac{P_A}{A} + \frac{V_A^2}{2g} \right) + H_p - H_L = \left( Z_B + \frac{P_B}{B} + \frac{V_B^2}{2g} \right)$$

diubah menjadi:

$$H_p =$$

$$H_L + \left( Z_B + \frac{P_B}{B} + \frac{V_B^2}{2g} \right) - \left( Z_A + \frac{P_A}{A} + \frac{V_A^2}{2g} \right)$$

5. Penentuan energi yang pompa dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_p = w \times Q \times H_p$$

(Andi Hendrawan, 2017a, 2017b, 2019a)

#### 4. PENUTUP

Keberadaan energi fosil yang terbatas menuntut adanya energi alternatif demi kesinambungan ketersediaan energi bagi umat manusia. Sebuah sistem pembangkit merupakan integrasi dari sistem konversi energi dari panas menjadi mekanik dan mekanik menjadi listrik. Ketel merupakan salah satu komponen pembangkit yang bertugas mengkonversikan panas menjadi mekanik sehingga bisa menggerakkan turbin.

Desain pembangkit listrik dengan menerapkan diferensial integral menjadi sangat urgen apalagi pada sistem pembangkit OTEC, panas yang tersedia kecil sehingga sistem memerlukan zalir kerja yang dapat menguap pada suhu rendah, misalkan amoniak. Pehitungan ketel yang terpenting adalah perhitungan pada tube, dan shell. Aliran panas pada keduanya harus benar-benar diperhitungkan untuk menentukan dimensi variabel pembangkit OTEC

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Budiyarti, P., Prayitno, O. T., & Hendrawan, A. (2022). Sistem Hibrida dalam penyediaan Energi di Kapal. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)*, 20(2), 211–217.
- Fontaine, K., Yasunaga, T., & Ikegami, Y. (2019). OTEC maximum net power output using carnot cycle and application to simplify heat exchanger selection. *Entropy*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/e21121143>
- Hendrawan, A. (2017a). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga OTEC (Ocean Thermal Energi Conversion) Wilayah Kalianget Donan Cilacap. *Bahari Jogja*, XV, 66–79.
- Hendrawan, A. (2017b). KAJIAN TEKNOEKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION). *Prosiding Seminar Nasional & CFP I IDRI*, 1–13.
- Hendrawan, A. (2019a). Calculation of Power pumps on OTEC Power Plant (Ocean thermal Energy Conversion). *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5(3). [www.ijicc.net](http://www.ijicc.net)
- Hendrawan, A. (2019b). CALCULATION OF

- POWER PUMPS ON OTEC POWER PLANT OCEAN ( OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION ). *International Journal of Innovation, Creativity and Change.*, 5(3), 353=369.
- Hendrawan, A. (2020). DAMPAK SOSIAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC ( OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION ). *Seminar Nasional Kemaritiman Politeknik Bumi Akpelni Semarang Agustus 2020*.
- Hendrawan, A. (2020). Dampak sosial pembangkit listrik tenaga otec (ocean thermal energy conversion) di perairan cilacap. *Seminar Nasional Kemaritiman Politeknik Bumi Akpelni*, 307, 120–123.
- Hendrawan, A. (2020). Pemfaatan panas buang industri untuk membangkitkan otec (ocean thermal energi conversion). *The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas Aisyiah Yogyakarta*, 11(1), 1–5.
- Hendrawan, A. (2021). Sistem Hibrida Pada Pembangkit Listrik Tenga Panas Laut (Ocean Thermal Energy Conversion). *Proceeding of The URECOL, June*, 1–5. <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/download/1267/1234>
- Hendrawan, A., Hendrawan, A. K., Pramomo, S., & Lusiani, L. (2023). Thermohydraulic Analysis of Ocean Thermal Energy Conversion. *Saintara : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 7(2), 52–56. <https://doi.org/10.52475/saintara.v7i2.233>
- Hendrawan, A., Lusiani, & Arissasongko. (2018). ANALISIS ZALIR KERA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION). *Jurnal Saintara*, 2(2).
- Hendrawan, A., Pratomo, L. H., Pramomo, S., & Lusiani, L. (2022). Pengujian Boiler untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut. *Saintara : Jurnal Ilmiah Imu-Ilmu Maritim*, 6(1).
- Liu, C. C. K. (2018). Ocean thermal energy conversion and open ocean mariculture: The prospect of Mainland-Taiwan collaborative research and development. *Sustainable Environment Research*, 28(6), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.06.002>
- Tenorio, G. L., James, A., Ortega, M. D. L. A., & Jurado, F. (2019). OTEC alternative for the electric power generation in Panama. *Proceedings - 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 197–202. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00-76>

# PENGEMBANGAN AKTIVITAS PEMBELAJARAN MATERI LUAS PERMUKAAN TABUNG MENGGUNAKAN BUDAYA THOKLIK GUNUNGKIDUL

Carolina Dhinda Putri Mahanani<sup>1)</sup>, Maria Natalia<sup>2)</sup>, Haniek Sri Pratini<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

email: [carolinadhinda@gmail.com](mailto:carolinadhinda@gmail.com)

## Abstrak

Matematika adalah pembelajaran yang sangat berkaitan dalam kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat beberapa pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan untuk mempelajari materi matematika, salah satunya adalah etnomatematika. Pembelajaran berbasis etnomatematika merupakan pembelajaran yang menggunakan budaya dalam kehidupan sehari-hari untuk memahami materi. Penelitian ini menggunakan budaya Thoklik dari Kabupaten Gunungkidul untuk mengembangkan aktivitas pembelajaran pada penemuan rumus luas permukaan bangun ruang tabung. Penelitian ini menggunakan penelitian pengembangan dengan model ADDIE yang terdiri dari tahapan Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi dan Evaluasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh aktivitas pembelajaran dengan kategori sangat layak digunakan.

**Keywords:** Pembelajaran, luas permukaan, tabung, thoklik.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu aktivitas pendidikan adalah pembelajaran. Pembelajaran adalah proses di mana guru dan siswa berinteraksi, berintegrasi, dan berkoneksi satu sama lain. Dalam praktiknya, pembelajaran bergantung pada sebuah kurikulum (Ramdani dkk., 2023) Kurikulum yaitu pedoman bagi satuan pendidikan untuk melaksanakan pembelajaran pada setiap mata pelajaran. Sekolah mengajarkan banyak mata pelajaran, salah satu diantaranya adalah matematika.

Dalam kehidupan sehari-hari matematika sangat penting, sehingga matematika menjadi salah satu mata pelajaran yang diajarkan dari usia dini hingga perguruan tinggi (Ajmain dkk., 2020). Selain itu matematika juga membantu berpikir kreatif dan memecahkan masalah. Cabang matematika yang berperan signifikan dalam hal ini adalah Geometri. Geometri melibatkan pemahaman tentang bentuk, ruang, dan hubungan antar objek di sekitar (Anggraeni, 2023). Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengerjakan geometri dalam matematika, seperti menggunakan etnomatematika.

Menurut Putri dkk. (2024), etnomatematika merupakan pendekatan pembelajaran yang mengaitkan matematika dengan budaya bangsa sendiri dan melibatkan kebutuhan serta kehidupan masyarakat. Sedangkan menurut Okta Marinka

dkk. (2018), *Ethnomathematics* melihat matematika dari perspektif budaya dan kebutuhan masyarakat. Metode ini membantu seseorang memahami matematika dengan mengaitkan budaya dan aktivitas lokal. Dengan mempertimbangkan beberapa pendapat diatas, dapat disimpulkan bahwa etnomatematika melibatkan matematika dengan aktivitas budaya lokal dan dengan masyarakat serta kebutuhannya. Pendekatan ini membuat matematika lebih mudah dipahami dengan menggabungkan elemen-elemen budaya lokal.

Di Indonesia, terdapat beragam budaya lokal pada setiap daerahnya. Mulai dari bahasa, alat musik, tarian, makanan dan lain sebagainya. Pada penelitian sebelumnya juga sudah dilaksanakan eksplorasi terkait budaya lokal pada etnomatematika. Seperti Eksplorasi Tagading Terhadap Konsep Bangun Ruang oleh Ritonga dkk., (2023) , Eksplorasi Etnomatematika pada Alat Musik Tradisional Kenong Jawa Tengah (Sari dkk., 2022) , Eksplorasi Etnomatematika pada Alat Musik Angklung dalam Pembelajaran Matematika (Luthfia Sari dkk., 2022) . Di Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya, terdapat pula berbagai budaya yang dapat dikaitkan dengan pembelajaran matematika, seperti kesenian Thoklik yang berasal dari Kabupaten Gunungkidul.

Kesenian Thoklik adalah tarian yang menggambarkan ronda malam masyarakat

Gunungkidul (Haryanto dkk., 2023). Tarian ini memerlukan beberapa peranan yaitu vokal, penabuh kentongan/musik dan penari. Kentongan merupakan ciri khas dari kesenian Thoklik ini. Kentongan yang digunakan berasal dari bambu yang dilubangi untuk menghasilkan suara jika dipukul. Bentuk kentongan yang digunakan bermacam-macam, ada yang menggunakan bagian tunas bambu sehingga menyerupai bentuk cabai. Ada juga yang menggunakan kentongan bambu lurus, yang bentuknya menyerupai bangun ruang tabung, seperti yang diajarkan dalam matematika.

Bangun ruang tabung merupakan topik yang penting untuk dipelajari dalam pembelajaran matematika karena memiliki banyak penerapan dalam kehidupan sehari-hari, seperti dalam perhitungan volume tabung untuk menentukan kapasitas tangki. Dalam mempelajari bangun ruang tabung, terdapat beberapa hal yang menjadi fokus untuk dipelajari yaitu meliputi pengertian, sifat-sifat, luas permukaan dan volume tabung. Pemahaman yang mendalam tentang bangun ruang tabung dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai masalah geometri yang kompleks.

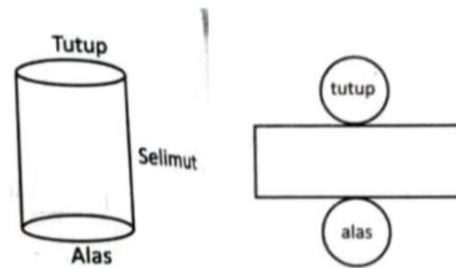
Berdasarkan masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan budaya Thoklik Gunungkidul untuk mengembangkan aktivitas pembelajaran pada materi luas permukaan tabung. Budaya yang digunakan untuk mempelajari topik materi tersebut adalah menggunakan alat yang digunakan pada budaya Thoklik, yaitu kentongan Thoklik yang terbuat dari bambu berbentuk tabung. Dengan mengintegrasikan budaya lokal ini ke dalam pembelajaran matematika, diharapkan siswa akan lebih terlibat dan memahami konsep luas permukaan tabung secara lebih mendalam.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1 Bangun Ruang Tabung

Bangun ruang adalah suatu bangun tiga dimensi yang memiliki volume atau isi. (Eugenia Mellisa, 2022) Terdapat beberapa macam bentuk bangun ruang tiga dimensi salah satunya adalah bangun ruang tabung. Bangun ruang tabung memiliki beberapa unsur yang melekat. Unsur yang pertama yaitu bangun ruang tabung terdiri dari tiga sisi yaitu alas, atap dan selimut tabung dengan selimut tabungnya berupa persegi

panjang. Unsur berikutnya, bangun ruang tabung memiliki dua buah rusuk berupa garis lengkung dan tidak memiliki titik sudut. Tabung memiliki alas dan tutup berbentuk lingkaran dengan jari-jari sama panjang. Selain unsur-unsur yang sudah dibahas, bangun ruang tabung memiliki rumus volume yaitu volume tabung =  $\pi \times r^2 \times t$ , luas permukaan tabung =  $(2 \times \text{luas alas}) + (\text{luas selimut})$ , serta luas selimut =  $2 \times \pi \times r \times t$ . Berdasarkan konsep tersebut, diperoleh bahwa rumus luas permukaan tabung adalah  $L = 2\pi r(r + t)$ .



Gambar 1. Tabung dan jaring-jaring tabung

### 2.2 Thoklik

Thoklik adalah kesenian yang berasal dari Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Nama "Thoklik" berasal dari suara yang dihasilkan oleh kentongan dengan dua ukuran yang berbeda, menghasilkan bunyi "tuk" dan "klek". Seiring berjalannya waktu, kesenian thoklik semakin berkembang dan digemari oleh masyarakat terutama daerah-daerah di Gunungkidul.

Kesenian thoklik ini bermula karena adanya kekhawatiran pencurian di dusun-dusun kabupaten Gunungkidul. Oleh karena itu, warga mengadakan ronda malam untuk menjaga dusun supaya tetap aman dan tertib. Disela waktu melakukan kegiatan ronda malam, warga membunyikan atau memukul kentongan. Dengan bertambahnya waktu, penduduk desa menambahkan alat musik seperti galon, gendang, dan gong untuk membuat ronda malam lebih seru. Saat melakukan pos kamling, alat-alat tersebut dibawa mengelilingi dusun. Selain penambahan peralatan, seni thoklik juga berkembang karena ada tembang yang mengiringinya. Lagu-lagu dolanan, dangdut, atau viral biasanya dimainkan untuk menarik perhatian pendengar.

### 3. METODE PENELITIAN

Menurut Borg and Gall, dunia pendidikan mengembangkan dan memvalidasi hasil dari pendidikan melalui penelitian dan pengembangan. Penelitian dan pengembangan adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk memahami kebutuhan sebuah komunitas atau kelompok, masyarakat kemudian mengkaji sebab-sebabnya dan teori-teori yang relevan untuk kebutuhan tersebut. Selanjutnya, produk dikembangkan berdasarkan penelitian ini, dan kemudian dilakukan validasi dan pengujian kinerjanya. (Torang Siregar, 2023). Sedangkan menurut (Okpatrioka, 2022) *Research and Development* adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu. Tujuan dari R&D adalah untuk menemukan solusi masalah pendidikan yang memungkinkan pengembangan dan penerapan metode pendidikan yang lebih inovatif. Model ADDIE, yang dikembangkan oleh Reiser dan Mellenda menawarkan arahan untuk membangun perangkat dan infrastruktur yang efektif, dinamis, dan mendukung kinerja pelatihan (Fitriyah dkk., 2021).

Dalam penelitian ini, observasi, studi literatur, dan angket responden peserta didik dimanfaatkan sebagai pengumpulan data. Penelitian ini melibatkan kelompok siswa kelas delapan yang kemudian dibagi kedalam dua kelompok sehingga masing – masing kelompok beranggotakan tiga siswa. Dengan mengamati objek penelitian secara langsung, observasi dilakukan untuk mencatat dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian. Data ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kelayakan produk. Kelayakan produk akan diolah dan dianalisis dengan menggunakan kriteria pemahaman siswa dan kategori keefektifan LKPD, menurut Silvia dalam (Kesumawati & Kuswidyanarko, 2022)

$$\text{Skor tanggapan (\%)} = \frac{\text{Jumlah skor yang didapat}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil perolehan akan disajikan dengan kategori seperti pada Tabel 1. untuk menentukan tingkat pemahaman siswa terkait aktivitas pembelajaran yang sudah dikembangkan.

**Tabel 1. Kriteria Pemahaman Siswa**

Interval (%)	Keterangan
75-100	Baik
56-74	Cukup Baik
40-55	Kurang Baik

0-39	Tidak Baik
Sumber : Ayu Vitantri & Sholihah (2020)	

Setelah diperoleh data kriteria pemahaman siswa, maka akan ditentukan kategori keefektifan LKPD dan aktivitas pembelajaran yang dilakukan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kategori Keefektifan**

Interval (%)	Kategori
81-100	Sangat Efektif
61-80	Efektif
41-60	Cukup Efektif
21-40	Tidak Efektif
0-20	Sangat Tidak Efektif

Sumber : Kesumawati & Kuswidyanarko, 2022

Pada penelitian ini, tidak dilaksanakan uji validitas karena keterbatasan waktu sehingga penelitian ini hanya sampai pada mengukur kriteria pemahaman siswa dan uji keefektifan LKPD yang sudah dikembangkan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan langkah-langkah pada model ADDIE, berikut ini adalah langkah yang dilakukan, yaitu:

#### 1) Analisis (*Analysis*)

Pada langkah yang pertama, dilakukan kajian terkait etnomatematika dan kemampuan siswa dalam mata pelajaran. Setelah itu membaca literatur yang mendukung topik penelitian dan membatasi masalah yaitu menemukan masalah yang berkaitan dengan budaya di SMP. Ditetapkan pengembangan aktivitas berbasis etnomatematika dan mencakup materi bangun ruang tabung. Kemudian dilakukan perencanaan untuk membuat aktivitas dengan budaya Thoklik dari Gunungkidul.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan, siswa belum mengenali kesenian Thoklik yang berasal dari Gunungkidul. Namun untuk wujud kesenian yang digunakan, siswa sudah mengenal kentongan yang digunakan dalam kesenian Thoklik. Berdasarkan kurangnya wawasan siswa terkait kesenian Thoklik ini, dipilih budaya kesenian Thoklik dalam pengembangan aktivitas pembelajaran matematika.

#### 2) Desain (*Design*)



Pada tahap ini, dirancang kebutuhan untuk membuat aktivitas berbasis etnomatematika, mulai dari modul ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), angket validasi, serta bahan dan alat yang akan digunakan yaitu dua buah kentongan Thoklik dengan ukuran yang berbeda, dua lembar kertas warna, gunting, bolpoin, dan penggaris.

Pada modul ajar, kami merancang aktivitas pembelajaran luas permukaan tabung menggunakan budaya Thoklik Gunungkidul ini dilaksanakan dalam satu kali pertemuan pembelajaran. Kemudian kami juga membuat LKPD yang berisi aktivitas-aktivitas pembelajaran untuk menuntun siswa menemukan rumus luas permukaan menggunakan budaya Thoklik.

### 3) Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan, rencana yang sudah dibuat menjadi sebuah produk diimplementasikan kepada peserta didik. Produk yang dihasilkan berupa LKPD yang sudah dirancang. Selain LKPD untuk siswa, dibuat juga LKPD untuk guru yang menyediakan jawaban-jawaban dari pertanyaan yang ada dalam LKPD.

Gambar 2 merupakan cover LKPD luas permukaan tabung dengan menggunakan budaya Thoklik. Desain yang digunakan pada cover ini dilengkapi dengan gambar kentongan Thoklik yang merupakan ciri khas dari kesenian Thoklik yang akan digunakan sebagai pendekatan pembelajaran pada materi luas permukaan tabung.



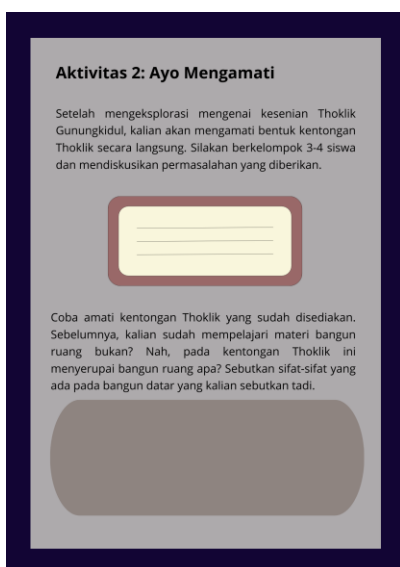
Gambar 2. Cover LKPD

Pada Gambar 3 merupakan Aktivitas 1 yaitu Aktivitas “Tahukah kamu?” yang berisi eksplorasi kesenian Thoklik Gunungkidul. Pada aktivitas ini, siswa dapat membaca penjelasan mengenai kesenian thoklik. Selain itu, disediakan pula *barcode* yang mengarahkan siswa menuju video dalam *youtube*. Video tersebut berisi pertunjukan kesenian thoklik yang ada di Gunungkidul. Melalui aktivitas ini, siswa dapat memahami awal mula adanya thoklik dan penggunaan kesenian thoklik dalam kehidupan.

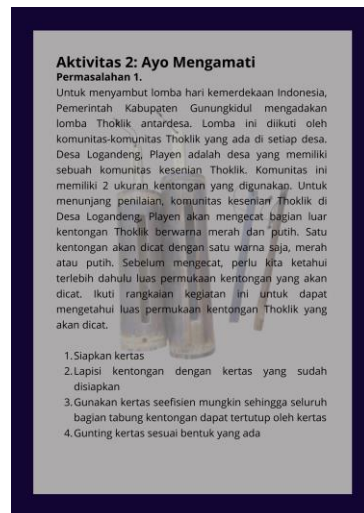


Gambar 3. Tahukah kamu

Pada Gambar 4 merupakan Aktivitas 2 yang dilaksanakan secara berkelompok. Pada lembar ini disediakan tempat untuk siswa menuliskan nama anggota kelompok. Setelah menuliskan anggota kelompok, siswa akan diminta untuk berpendapat kentongan Thoklik yang sudah disediakan itu menyerupai bentuk bangun ruang tabung. Kemudian, siswa diminta untuk mengingat sifat atau karakteristik bangun ruang tabung. Pada tahap ini, guru dapat melihat sifat-sifat bangun ruang tabung dalam kunci jawaban LKPD yang sudah disediakan.

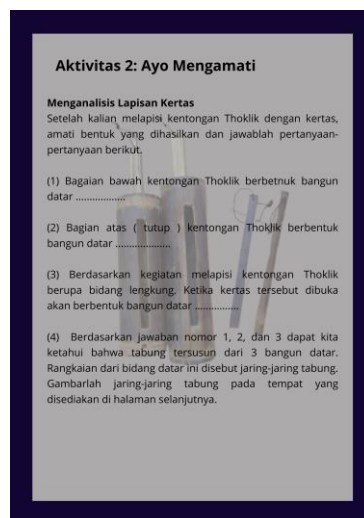


Gambar 4. Aktivitas 2 (Ayo Mengamati)



Gambar 5. Aktivitas 2 (Ayo Mengamati; Permasalahan 1)

Pada Gambar 4, terdapat permasalahan kontekstual mengenai kentongan thoklik yang akan dicat sehingga siswa perlu mencari luas permukaan kentongan Thoklik. Pada tahap ini, siswa mempraktekkan untuk mengecat thoklik dengan alternatif yaitu melapisi dengan kertas yang sudah disediakan. Siswa bekerja sama dalam kelompok untuk menggunting kertas sesuai dengan bentuk kentongan Thoklik. Hasil dari tahap ini adalah potongan kertas yang merupakan jaring-jaring dari tabung atau kentongan thoklik itu sendiri.

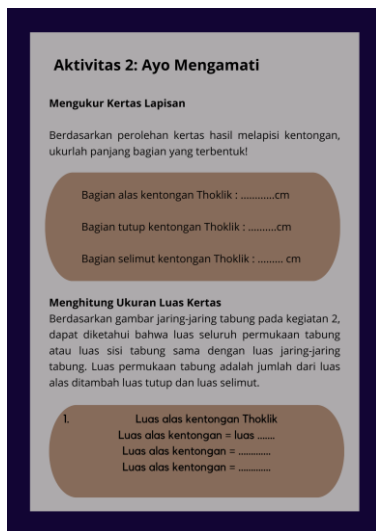


Gambar 6. Aktivitas 2 (Ayo mengamati; Menganalisis Lapisan Kertas)



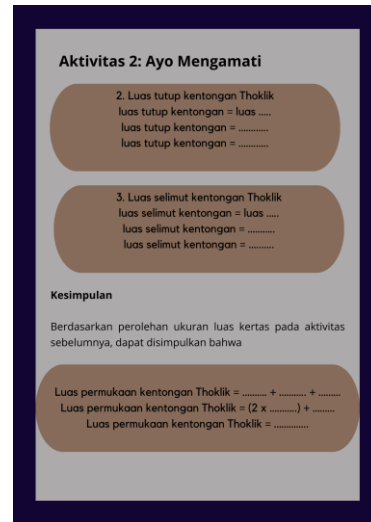
Gambar 7. Aktivitas 2(Ayo Mengamati)

Pada Gambar 6, siswa menganalisis bentuk potongan kertas yang sudah dihasilkan pada tahap sebelumnya. Siswa menuliskan bentuk bangun datar yang dihasilkan ketika menggunting kertas sesuai dengan bentuk tabung. Bangun datar yang dihasilkan yaitu lingkaran untuk bagian alas dan tutup kentongan, sedangkan pada selimut kentongan menghasilkan bangun datar persegi panjang. Setelah menuliskan bentuk bangun datar yang dihasilkan, pada tahap berikutnya seperti pada Gambar 7, siswa menggambarkan jaring-jaring tabung yang merupakan gabungan dari satu bangun datar persegi panjang dan dua bangun datar lingkaran.



Gambar 8. Aktivitas 2(Ayo Mengamati)

Setelah menggambarkan jaring-jaring tabung, pada Gambar 8 merupakan aktivitas siswa untuk mengukur alas, tutup dan selimut kentongan. Pada tahap ini, siswa mengukur diameter lingkaran yang merupakan alas dan tutup tabung. Selain itu, siswa juga mengukur panjang dan lebar selimut tabung. Siswa akan mengukur kertas yang sudah dipotong pada tahap sebelumnya menggunakan penggaris yang sudah disediakan.

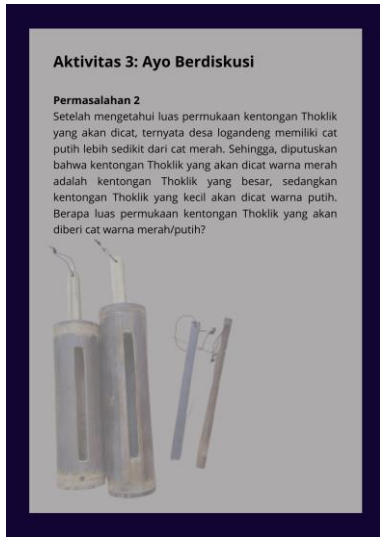


Gambar 9. Aktivitas 2(Ayo Mengamati) dan Kesimpulan

Pada tahap berikutnya, sesuai dengan Gambar 8 dan Gambar 9, siswa diminta untuk menuliskan rumus luas bangun datar lingkaran dan persegi panjang lalu mengaitkan dengan konteks tabung yang sedang dipelajari. Pada tahap ini siswa akan menemukan rumus mencari luas alas, luas tutup serta luas selimut tabung. Luas alas = luas lingkaran, luas tutup = luas lingkaran sedangkan luas selimut = luas persegi panjang. Pada tahap ini, siswa perlu mengetahui bahwa panjang persegi panjang merupakan hasil dari keliling lingkaran yang merupakan alas atau tutup tabung dan lebar persegi panjang dapat diperoleh dengan mengukur tinggi tabung. Sehingga diperoleh bahwa  $luas\ selimut = luas\ persegi\ panjang = panjang \times lebar = 2\pi r \times t$ . Pada tahap ini siswa akan menghitung pula luas alas, tutup dan selimut tabung menggunakan rumus yang sudah diperoleh.

Tahap berikutnya yaitu kesimpulan mengenai luas permukaan tabung. Pada tahap ini siswa akan menemukan hasil akhir yaitu luas permukaan tabung adalah luas alas + luas tutup + luas selimut = luas lingkaran + luas lingkaran

$$+ \text{luas persegi panjang} = 2\pi r + 2\pi r + 2\pi r t = 2\pi r^2 + 2\pi r t = 2\pi r(r + t)$$



Gambar 10. Aktivitas 2 (Ayo Berdiskusi)

Tahap selanjutnya, seperti dapat dilihat pada Gambar 10, merupakan aktivitas terakhir dari LKPD yaitu menentukan luas permukaan kentongan thoklik yang disediakan pada setiap kelompok. Rumus luas permukaan tabung yang sudah diperoleh pada tahap sebelumnya dapat digunakan oleh siswa pada aktivitas ini. Setiap kelompok mungkin mendapatkan hasil yang berbeda-beda, tergantung dengan ukuran kentongan thoklik yang diperoleh pada tahap sebelumnya.

#### 4) Implementation

Pada tahap ini merupakan implementasi dari produk yang sudah dibuat. Peneliti melakukan implementasi kepada kelompok kecil yaitu kelompok belajar siswa kelas 8 yang terdiri 2 kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari 3 siswa. Berdasarkan implementasi yang sudah dilaksanakan, diperoleh hasil berupa LKPD yang sudah diisi oleh siswa. Pada kelompok 1 mendapatkan skor yaitu 95 sedangkan pada kelompok 2 mendapatkan skor yaitu 100. Selain itu, peneliti juga memberikan angket terkait LKPD yang sudah kami rancang dan pembelajaran yang sudah dilakukan. Berdasarkan angket tersebut, diperoleh bahwa persentase keefektifan LKPD yang digunakan adalah 92,5% dan masuk dalam kategori “Sangat Efektif.” Sedangkan persentase pemahaman siswa terkait pembelajaran luas permukaan tabung

menggunakan budaya thoklik ini yaitu 90,83% dan memperoleh kategori “Baik”. Berdasarkan dua aspek tersebut, LKPD yang peneliti kembangkan ini termasuk dalam kategori “Sangat Layak” sehingga bisa digunakan dalam proses pembelajaran pada topik luas permukaan tabung. Pada penelitian ini, tidak dilaksanakan uji validitas karena keterbatasan waktu sehingga penelitian ini hanya menggunakan aspek kelayakan dan pemahaman siswa dalam penilaiannya.

#### 5) Evaluasi

Setelah dilaksanakan implementasi, terdapat beberapa evaluasi terkait pembelajaran luas permukaan tabung menggunakan budaya thoklik Gunungkidul ini, yaitu siswa masih memerlukan adanya bimbingan dalam menemukan rumus luas permukaan tabung. Siswa sudah paham mengenai konsep luas permukaan tabung, yaitu luas alas (lingkaran) + luas tutup (lingkaran) + luas selimut tabung (persegi panjang). Namun, siswa masih merasa kesulitan dalam penulisan rumus formal luas permukaan tabung yaitu  $L = 2\pi r(r + t)$ . Maka dari itu, dilakukan perbaikan pada LKPD sehingga lebih menuntun siswa untuk menemukan rumus luas permukaan tabung.



Gambar 11. Revisi Aktivitas 2 (Kesimpulan)

Perbaikan yang dilakukan terletak pada Aktivitas 2 bagian kesimpulan seperti pada Gambar 11. Pada bagian ini, ditambahkan tambahan informasi agar siswa dapat menggunakan sifat distributif dalam melakukan penyederhanaan rumus. Dengan menambahkan

informasi tersebut, siswa dapat sampai pada tahap penulisan rumus formal sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, melalui penelitian ini dihasilkan sebuah pengembangan aktivitas pembelajaran dengan menggunakan konteks budaya Thoklik Gunungkidul sebagai pendekatan pembelajaran matematika pada materi luas permukaan bangun ruang tabung. Berdasarkan angket yang diberikan kepada subjek penelitian, yaitu kelompok belajar siswa kelas VIII SMP, diperoleh bahwa aktivitas pembelajaran yang sudah dirancang ini memiliki hasil "Sangat Layak". Melalui aktivitas-aktivitas yang diberikan, siswa dapat berpikir secara terstruktur mulai dari yang sederhana hingga menemukan rumus luas permukaan tabung sebagai tujuan dari kegiatan pembelajaran yang dilakukan.

Saran bagi peneliti selanjutnya agar dilakukan uji validitas oleh para ahli dalam melakukan penilaian LKPD yang telah dibuat. Selain itu, peneliti juga memberikan saran untuk melakukan implementasi ke kelompok siswa yang lebih besar sehingga dapat dilihat kelayakan dari aktivitas pembelajaran yang dibuat dengan budaya Thoklik dengan menggunakan LKPD yang telah dikembangkan.

## 6. REFERENSI

- Ajmain, Herna, & Masrura, S. (2020). Implementasi Pendekatan Etnomatematika Pembelajaran Matematika, 12. <https://core.ac.uk/download/pdf/327110981.pdf>
- Anggraeni, S. S. (2023). The Effect of Application of Scientific Methods Using Ethnomathematics based on Geometry Learning Ability on Class Viii Students' Creative Thinking Ability In Junior High School. *Jurnal Pedagogi Matematika*, 9, 157–167. <https://doi.org/10.21831/jpm.v9i2.19638>
- Ayu Vitantri, C., & Sholihah, M. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Siswa untuk Memfasilitasi Pemahaman Konsep Matematis Siswa Pada Materi Aljabar. *Jurnal Derivat*, 7(1).
- Eugenia Mellisa, C. (2022). Matematika Hebat. Jaf Production Indonesia.
- Fitriyah, I., Wiyokusumo, I., & Leksono, I. P. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Prezi dengan Model ADDIE Simulasi Dan Komunikasi Digital. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(1). <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i1.42221>
- Haryanto, E., Febryane, A., Mazayam, A., Prakoso, D., Suwandojo, E. H., Masjhoer, M., Raharjo, S., Pemberdayaan, J., Mazaya, A., Maulana Masjhoer, J., Pariwisata, S. T., & Yogyakarta, A. (2023). Pelestarian Kesenian Thoklik Berbasis Teknologi Tepat Guna di Kelurahan Krambilawit, Saptosari, Gunung Kidul. 5(2). <https://doi.org/10.30647/jpp.v30647/jpp.v5i2.1771>
- Kesumawati, N., & Kuswidianarko, A. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Matematika Berbasis Problem Based Learning pada Kelas V SD. *Innovative: Journal Of Social Science Research* (53).
- Luthfia Sari, F., Husna Mustika Sari, N., Auliya, M., & Damayanti, E. (2022). Eksplorasi Enomatematika pada Alat Musik Angklung dalam Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika IV* (4).
- Okpatrioka. (2022). Research and Development (R&D) Penelitian yang Inovatif dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1, 86–100.
- Okta Marinka, D., Febriani, P., & nyoman Wirne, I. (2018). Efektifitas Etnomatematika dalam Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 03(2). <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jp mr>
- Putri, W. A., Alpusari, M., Fendrik, M., Fkip, P., & Riau, U. (2024). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Etnomatematika pada Materi Geometri untuk Siswa

Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*.

- Ramdani, N. G., Fauziyyah, N., Fuadah, R., Rudiyono, S., Septiyaningrum, Y. A., Salamatussa'adah, N., & Hayani, A. (2023). Definisi dan Teori Pendekatan, Strategi, dan Metode Pembelajaran. *Indonesian Journal of Elementary Education and Teaching Innovation*, 2(1), 20. [https://doi.org/10.21927/ijeeti.2023.2\(1\).20-31](https://doi.org/10.21927/ijeeti.2023.2(1).20-31)
- Ritonga, L., Siregar, M. P., Sihombing, E. K., Silaen, R. T., Tambunan, H., & Simanjuntak, R. M. (2023). Eksplorasi Tagading terhadap Konsep Bangun Ruang. *Journal on Education*, 06(1), 6398–6403.
- Sari, A. R. K., Ningrum, A. P., & Eliana, P. (2022). Eksplorasi Etnomatematika pada Alat Musik Tradisional Kenong Jawa Tengah (7).
- Torang Siregar. (2023). Stages Of Research and Development Model Research and Development (R&D). *Dirosat: Journal of Education, Social Sciences & Humanities*, 1(4), 142–158. <https://doi.org/10.58355/dirosat.v1i4.48>