

**Unisda Journal of**

pISSN : 2460 - 3333

eISSN : 2579 - 907X

# **Mathematics and Computer Science**

**Volume 11 | No 01 2025**



**Program Studi Matematika FMIPA Unisda Lamongan**

*Unisda Journal of Mathematics and Computer Science (UJMC)*, jurnal penelitian terbit dua kali setahun yang dipublikasikan oleh Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Darul ‘ulum Lamongan dengan ruang lingkup matematika terapan, pendidikan, statistik dan ilmu komputer. Saat ini UJMC telah terakreditasi Sinta 5 melalui Surat Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 10/C/C3/DT.05.00/2025.

#### **EDITORIAL CHIEF**

- \* Mohammad Syaiful Pradana - *Universitas Islam Darul Ulum - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID: 6032274, Scopus ID: 57195982199)

#### **EDITORIAL TEAM**

- \* Awawin Mustana Rohmah - *Universitas Islam Darul Ulum - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6076826, Scopus ID : 57218938698)
- \* Sri Rahmawati Fitriatien - *Universitas Adibuwana Surabaya - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 5985521, Scopus ID : 57214155434)
- \* Yuni Listiana - *Universitas Dr. Soetomo Surabaya - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6001000)
- \* Dian Anggraini - *Institut Teknologi Sumatera - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6686312)
- \* Desy Purnami Singgih Putri - *Universitas Udayana - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6198854)
- \* Mohammad Iqbal - *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*  
(Google Scholar, Sinta ID : , Scopus ID : 24764478100)

#### **REVIEWER**

- \* Alvida Mustika Rukmi - *Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 5998515, Scopus ID : 55988051000)
- \* Christina Kartika Sari - *Universitas Muhammadiyah Surakarta - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 5982159, Scopus ID : 57200725343)
- \* Teguh Herlambang - *Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 167729, Scopus ID : 56013271700)
- \* Tubagus Mohammad Akhriza - *STMIK PPKIA Pradnya Paramita - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 172386, Scopus ID : 55268071000)
- \* Dinita Rahmalia - *Universitas Islam Darul Ulum - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6661160, Scopus ID : 57195415217)
- \* Heni Widayani – *UIN Maulana Malik Ibrahim Malang - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : , Scopus ID : 56646420900)
- \* Indira Anggriani - *Institut Teknologi Kalimantan - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : 6106541, Scopus ID : 57190222149)
- \* Moh. Hafiyusholeh - *Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya - Indonesia*  
(Google Scholar, Sinta ID : , Scopus ID : 57190126146)

Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Darul ‘Ulum Lamongan Jl. Airlangga No.03 Sukodadi Lamongan, Web: <http://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/ujmc>. Email: [ujmc@unisda.ac.id](mailto:ujmc@unisda.ac.id)

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah Robbil 'Alamin dengan ridho Allah SWT, *Unisda Journal of Mathematis and Computer Science* (UJMC) Volume 11 Nomor 01 Juni 2025 dapat diterbitkan. Jurnal ini adalah buah dari kerja keras segenap civitas akademika Program Studi Matematika Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan dalam membuat wadah untuk menampung informasi dari berbagai hasil penelitian di bidang matematika dan ilmu komputer. Sehingga perkembangan ilmu pengetahuan di bidang matematika dan ilmu komputer dapat disebarkan kepada sesama matematikawan di seluruh Indonesia. *Unisda Journal of Mathematis and Computer Science* (UJMC) menyajikan beberapa topik yang berkaitan dengan matematika seperti Analisis, Aljabar, Matematika Terapan, Pendidikan Matematika, Statistika dan Ilmu komputer. Sebagai penutup, penyunting memberikan apresiasi yang tinggi kepada para penulis, penyunting dan segenap pihak yang ikut membantu hingga jurnal UJMC Volume 11 Nomor 01 Juni 20225 bisa dapat diterbitkan. Mudah-mudahan dapat semakin membesarkan jurnal UJMC di masa mendatang.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Penyunting*

## DAFTAR ISI

Analisis Pengaruh Keberadaan Wisata Hiu Paus Terhadap Peluang Usaha dan Pemanfaatan Lahan <i>Andika Pratama, Nurul Hudaningsih, Ulfa Turrahmi, Koko Hermanto (Universitas Teknologi Sumbawa)</i>	1 – 8
Pengaruh Distribusi Data Terhadap Hasil Uji Korelasi Studi Pada Uji Pearson Product Moment, Rank Spearman, dan Rank Kendall Tau <i>Ratna Yuniarti, Hartiani, Harizahayu (Institut Teknologi Sosial dan Kesehatan Muhammadiyah Selong; Politeknik Negeri Medan)</i>	9 – 16
Pewarnaan Graf Dalam Penentuan Jadwal Ujian Mahasiswa (Studi Kasus Prodi Teknik Informatika Unwidha) <i>Niken Retnowati, Aryati Wuryandari, Agustinus Suradi (Universitas Widya Dharma Klaten)</i>	16 – 24
Analisis Chi Square Untuk Mengetahui Hubungan Antara Karakteristik Konsumen Dengan Sikap Konsumen <i>Fathorrozi Ariyanto, Tony Yulianto, Jamilatul Isti 'adah (Universitas Islam Madura; Universitas Annuqayah)</i>	25 – 37
Application of MacWilliams' Theorem for Complete Weight Enumerators on Galois Fields <i>Imamatul Mukarramah, Nur Hamid (Universitas Nurul Jadid)</i>	38 – 46
Analisis Statistik Chi-Square Terhadap Efektivitas Suplemen Tablet Zat Besi dalam Meningkatkan Kadar Hemoglobin <i>Dian Mustofani, Hariyani Hariyani, Rahmawati Erma Standsyah (Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri; Universitas Negeri Surabaya)</i>	47 – 52
Analisis Sentimen Publik terkait Migrasi Tenaga Kerja Indonesia di Platform X menggunakan SVM-IndoBERT <i>Ata Amrullah (Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan)</i>	53 – 63
Analisis Regresi Logistik Untuk Mengidentifikasi Faktor-faktor Risiko Penyakit Gagal Ginjal Kronik Pada Generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar <i>Ellisa Nur Fitria, Galuh Tyasing Swatika, Ewing Rudita Arini, Ardhi Sanwidi (Universitas Nahdlatul Ulama Blitar)</i>	64 – 70

Adopsi Google Classroom Menggunakan Extended Technology Acceptance Model (EX-TAM) <i>Mohammad Mansyur Abidin</i> (Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan)	71 – 81
Masalah Penugasan Pada Teknisi Untuk Perbaikan Mesin Produksi Dalam Skenario Ketidakpastian <i>Mohammad Syaiful Pradana, Siti Alfiatur Rohmaniah, Awawin Mustana Rohmah</i> (Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan)	82 – 91
Analisis Survival Menggunakan Regresi Eksponensial, Cox Proporsional dan Frailty pada Penderita TBC <i>Felinda Arumningtyas, Melda Juliza, Sherly Steffiyani Askarilia</i> (Universitas Jenderal Soedirman)	92 – 102
Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell Pada Penempatan Kamar Mahasiswa (Studi Kasus : Asrama F Universitas Islam Darul 'Ulum) <i>Agus Mutia, Siti Amiroch</i> (Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan)	103 – 109
Penerapan Triple Exponential Smoothing Model Multiplicative dan Additive untuk Memprediksi Harga Saham BRIS.JK <i>Noor Sofiyati</i> (Universitas Jenderal Soedirman)	110 – 119
Peramalan Kemiskinan di Kabupaten Banyumas Menggunakan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Kernel Nadaraya Watson Adjusted <i>Novita Eka Chandra, Melda Juliza, Muhammad Hafidh Nashrullah</i> (Universitas Jenderal Soedirman, Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan)	120 – 128

# Analisis Pengaruh Keberadaan Wisata Hiu Paus Terhadap Peluang Usaha dan Pemanfaatan Lahan

Andika Pratama<sup>1</sup>, Nurul Hudaningsih<sup>2</sup>, Ulfa Turrahmi<sup>3</sup>, Koko Hermanto<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, andikapratama092201@gmail.com

<sup>2</sup>Prodi Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, nurul.hudaningsih@uts.ac.id

<sup>3</sup>Prodi Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, ulfa.turrahmi@uts.ac.id

<sup>4</sup>Prodi Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, koko.hermanto@uts.ac.id

**Abstract.** The existence of whale shark tourism in the area around Saleh Bay has not been fully utilized optimally by the local community to improve the economy. Therefore, the purpose of this study is to analyze the relationship between the influence of human resource competency development and whale shark tourism village product management on descriptive business opportunities and land use so that it can be a reference for the Labuhan Jambu community. The Labuhan Jambu community is the respondent of this study as a source for obtaining research data. The method used to analyze the relationship is the Structural Equation Modeling (SEM) method with the Lisrel approach. The results of the study indicate that the development of human resource competencies in whale shark tourism villages has a positive but insignificant effect on descriptive business opportunities and a negative but insignificant impact on land use. Meanwhile, the product management of the whale shark tourism village has a positive and significant impact on descriptive business opportunities and land use.

**Keywords:** *Business Opportunities, Land Utilization, Whale Shark Tourism, Structural Equation.*

**Abstrak.** Keberadaan wisata hiu paus di kawasan sekitar Teluk Saleh belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat lokal dalam meningkatkan perekonomian. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan pengaruh pengembangan kompetensi SDM dan Pengelolaan Produk Desa Wisata hiu paus terhadap deskriptif peluang usaha dan pemanfaatan lahan sehingga dapat menjadi acuan bagi masyarakat Labuhan Jambu. Masyarakat Labuhan Jambu merupakan responden dari penelitian ini sebagai nara sumber untuk mendapatkan data penelitian. Metode yang digunakan untuk menganalisis hubungan tersebut adalah metode Structural Equation Modelling (SEM) dengan pendekatan Lisrel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan kompetensi SDM desa wisata hiu paus berpengaruh positif secara tidak signifikan terhadap deskriptif peluang usaha dan berpengaruh negatif secara tidak signifikan terhadap pemanfaatan lahan. Sedangkan pengelolaan produk desa wisata hiu paus berpengaruh positif secara signifikan terhadap deskriptif peluang usaha dan pemanfaatan lahan.

**Kata Kunci:** *Peluang Usaha, Pemanfaatan lahan, Wisata Hiu Paus, Structural Equation.*

## **1 Pendahuluan**

Industri pariwisata sangat diuntungkan akibat peningkatan jumlah wisatawan. Tahun ini, lebih dari 12 desa wisata di sekitar Teluk Saleh telah resmi terdaftar di biro pariwisata di salah satu kawasan pengembangan, kawasan Labuhan Jambu Kecamatan Tarano, yang dinilai paling sukses dalam pengembangan pariwisata. Selama tiga tahun terakhir [1], pariwisata meningkat secara signifikan di Kabupaten Sumbawa. Salah satu wisata yang paling digemari adalah wisata hiu paus di Desa Labuhan Jambu di Kecamatan Tarano [2].

Cagar biosfer Teluk Saleh adalah rumah bagi populasi terbesar kedua di Indonesia yang mendatangkan manfaat secara ekonomi bagi tuan rumah, dan ini menjadi lumrah dikarenakan sifat dari wisata ini mampu mendatangkan wisatawan dalam jumlah besar [3]. Dalam mensukseskan wisata ini tentunya banyak hal yang harus diperhatikan terutama peluang usaha masyarakat sehingga mampu menarik minat masyarakat untuk mengembangkan usahanya, keberadaan wisata hiu paus memberikan peluang usaha terhadap masyarakat Labuhan Jambu. Labuhan Jambu merupakan desa wisata yang memiliki potensi wisata yang sangat menarik minat wisatawan seperti wisata budaya, wisata kuliner dan wisata alam, tapi pengembangan kompetensi SDM, pengelolaan produk desa wisata, dan pemanfaatan lahan sangat dibutuhkan terhadap peluang usaha masyarakat Labuhan Jambu. Sejak Labuhan Jambu dijadikan sebagai desa wisata banyak sekali masyarakat yang dahulu mendapatkan pendapatan hanya dari petani dan nelayan sekarang sudah mendapatkan pendapatan tambahan dari desa wisata tersebut. Sebelum adanya desa wisata di Labuhan Jambu, daerah ini hanya berupa persawahan dan laut untuk menangkap ikan sebagai mata pencarian yang sebagian besar masyarakatnya bekerja sebagai petani dan nelayan. Semenjak adanya desa wisata banyak masyarakat yang terbantu dalam segi ekonomi. Peluang usaha masyarakat dan pemanfaatan lahan terhadap objek wisata dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu pengembangan kompetensi SDM dan pengelolaan produk desa wisata [4].

Tiga kompetensi yang harus dimiliki oleh sumber daya manusia yaitu pertama pengetahuan tentang bisnis dan organisasi, lalu kedua pengetahuan tentang pengaruh dan perubahan manajemen serta ketiga, pengetahuan dan keahlian sumber daya manusia yang spesifik [5]. Jadi, kompetensi adalah sebuah kemampuan yang harus dimiliki oleh setiap individu dalam usaha pencapaian organisasi yang harus dimiliki demi tujuan organisasi baik jangka pendek dan jangka panjang. Pengembangan kompetensi SDM pada desa wisata hiu paus masih kurang karena pada saat wisatawan asing datang ke wisata hiu paus masih banyak dari anggota pokdarwis atau masyarakat yang kurang bisa berkomunikasi dengan bahasa Inggris yang menyebabkan wisatawan tidak merasa nyaman dan yang kedua tour guide (pemandu wisata) wisata hiu paus tidak memiliki kemampuan yang memadai untuk memberikan layanan profesional, karena mereka tidak pernah diberikan pelatihan bagi pemandu wisata. Hal tersebut berdasarkan observasi berupa wawancara yang dilakukan peneliti.

Salah satu cara untuk mendorong pembangunan di tingkat desa adalah pemerintah desa diberikan kewenangan oleh pemerintah pusat mengelola secara mandiri lingkup desa melalui lembaga-lembaga ekonomi di tingkat desa. Lembaga-lembaga tersebut salah satunya adalah Badan Usaha Milik Desa

(BUMDes) [6]. Undang-Undang No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah menjelaskan desa dapat mendirikan badan usaha milik desa sesuai dengan kebutuhan dan potensi desa. Kebutuhan dan potensi desa menjadi dasar dalam pendirian BUMDes sebagai bentuk upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat [7]. Tapi masih banyak masyarakat yang belum bisa berinovasi untuk pengembangan produknya, karena keberadaan BUMDes belum bisa sepenuhnya dirasakan masyarakat Labuhan Jambu masih ada masyarakat yang tidak terbantu dengan adanya BUMDes dalam mengelola produk desa. Hal tersebut berdasarkan observasi berupa wawancara yang dilakukan peneliti.

Oleh karena itu untuk meningkatkan peluang usaha dan pemanfaatan lahan masyarakat Labuhan Jambu di wisata hiu paus agar jumlah pengunjung meningkat maka perlu untuk Periksa elemen-elemen yang mempengaruhi penggunaan lahan dan potensi komersial yaitu pengembangan kompetensi SDM dan pengelolaan produk desa sehingga dapat memberi usulan perbaikan untuk meningkatkan peluang usaha dan pemanfaatan lahan di desa Labuhan Jambu. Pada penelitian ini dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Structural Equation Modelling* (SEM), metode ini digunakan untuk menganalisis apakah terdapat pengaruh variabel endogen dan variabel eksogen dengan tetap memperhatikan hubungan indikator-indikator penyusun variabelnya [8]. Pendekatan software yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara pengembangan kompetensi SDM dan pengelolaan produk Desa terhadap peluang usaha dan pemanfaatan lahan adalah Lisrel [9].

## 2 Metode Penelitian

### 2.1 Sumber Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer diperoleh melalui menyebarkan kuesioner ke masyarakat Labuhan Jambu, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat sebagai responden. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah responden adalah dengan menggunakan metode Lemeshow [10, 11], karena jumlah masyarakat Labuhan Jambu yang terlibat dalam kegiatan pariwisata hiu paus. Jumlah responden yang telah bersedia mengisi kuesioner sebanyak 100 orang. Kuesioner penelitian dirumuskan dengan menurunkan variabel laten, variabel manifest yang terdapat pada Tabel 1.

### 2.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

Variabel Laten	Variabel Manifest
Pengembangan	Dukungan kemandirian usaha (X11)
Kompetensi SDM	Manfaat kemandirian usaha (X12)
Desa Wisata hiu paus (X1)	Keterampilan bidang pariwisata (X13)
	Keterampilan komunikasi bidang pariwisata (X14)
	Pengetahuan bidang pariwisata (X15)
	Pengetahuan pemanfaatan teknologi informasi bidang pariwisata (X16)
	Beasiswa pendidikan (X17)



Variabel Laten		Variabel Manifest
Pengelolaan Produk Desa Wisata hiu paus (X2)		Jurusan yang diutamakan (X18)
		Pengelolaan peralatan pariwisata (X21)
		Pengelolaan UMKM (X22)
		Pengelolaan wisata kuliner (X2.3)
		Pengelolaan souvenir (X2.4)
		pengelolaan homestay (X2.5)
		Pengelolaan layanan transportasi (X2.6)
		Pengelolaan lahan parkir (X2.7)
Deskriptif Peluang Usaha (Y1)		Pengelolaan toilet umum (X2.8)
		memiliki pemandu wisata (Y1.1)
		Memiliki pemandu wisata yang bisa berbahasa inggris (Y1.2)
		Tersedia sarana (Y1.3)
		Tersedia prasarana (Y1.4)
		Terdapat pelayanan perahu nelayan wisata (Y1.5)
Pemanfaatan Lahan (Y2)		Terdapat penyewaan kapal turis wisatawan (Y1.6)
		Lahan dimanfaatkan berdirinya penginapan (Y2.1)
		Lahan dimanfaatkan berdirinya UMKM (Y2.2)
		Lahan dimanfaatkan menjadi taman wisata (Y2.3)
		Pemanfaatan lahan di tepi pantai membuat lapak-lapak wirausaha kecil (Y2.4)
		Pemanfaatan lahan digunakan sebagai lahan Parkir (Y2.5)
		Pemanfaatan untuk jasa toilet (Y2.6)

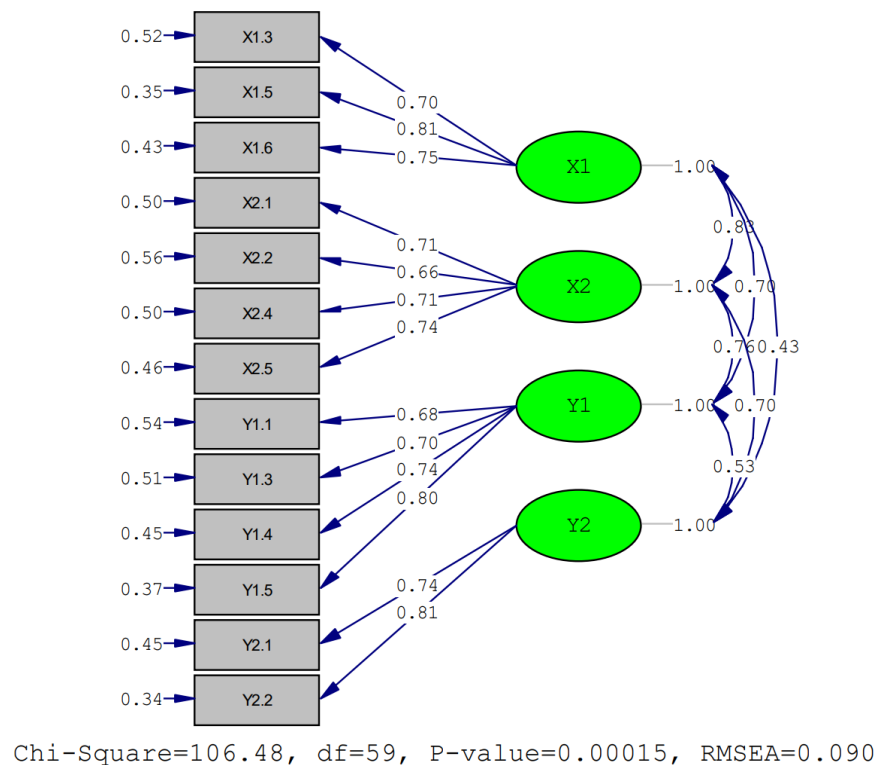
### 2.3 Langkah-langkah Penelitian

Penerapan LISREL pada SEM secara umum terdapat lima tahapan yaitu: spesifikasi model, identifikasi, estimasi, evaluasi model, dan respesifikasi.

## 3 Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Uji Validitas Dan Reliabilitas

Pengujian validitas dan reliabilitas pada model SEM dapat dilakukan dengan menganalisis data yang diperoleh dari hasil uji CFA dari data kuesioner dengan menggunakan Lisrel (ditunjukkan pada Gambar 1). Hasil pengujian CFA pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa pada variabel manifest X1.1, X1.2, X1.4, X1.7, X1.8, X2.3, X2.6, X2.7, X2.8, Y1.2, Y1.5, Y1.6, Y2.3, Y2.4, Y2.5 dan Y2.6 harus dieliminasi karena memiliki nilai loading factor kurang dari 0,6. Model CFA pada Gambar 1 dinyatakan valid karena nilai loading factor lebih besar dari 0,6 [12].



**Gambar 1.** Uji CFA

Pengujian reliabilitas ditentukan dengan memperhatikan nilai *Variance Extracted* (VE) dan *Construct Reliability* (CR). Suatu konstruk memiliki reliabilitas yang baik jika nilai  $VE \geq 0,50$  dan  $CR \geq 0,7$  [13]. Adapun hasil analisis uji reliabilitas ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Uji Reliabilitas

Variabel	Indikator	Error	Loading Factor	CR	VE
X1	X1.3	0,52	0,70	2,3	0,7
	X1.5	0,35	0,81		
	X1.6	0,43	0,75		
X2	X2.1	0,50	0,71	3,0	0,70
	X2.2	0,56	0,66		
	X2.4	0,50	0,71		
	X2.5	0,46	0,73		
Y1	Y1.1	0,54	0,68	2,8	0,72
	Y1.3	0,51	0,70		
	Y1.4	0,45	0,74		
	Y1.5	0,37	0,79		
Y2	Y2.1	0,46	0,74	1,8	0,78
	Y2.2	0,34	0,82		

Berdasarkan Tabel 2 Nilai VE dan CR berturut-turut menunjukkan nilai lebih besar dari 0,5 dan 0,7 maka konstruk dinyatakan reliabel.

### 3.2 Goodness of Fit

Uji *goodnes of fit* dapat dilakukan dengan menganalisis data dari hasil estimasi parameter model uji (Gambar 2). Pada Tabel 3 diberikan beberapa ukuran uji *goodnes of fit* dari model.

**Tabel 3.** Uji *Goodnes of Fit*

Statistik	Ukuran model diterima	Ukuran
Chi-kuadrat	P-value> 0.10	P-value= 0.00021
GFI	> 0.90	0,95
RMSR	0.05 – 0.08	0,015
RMSEA	0.05 – 0.08	0,088
TLI	>0.90	0,94
NFI	>0.90	0,91
PNFI	0.06-0.09	0,70
AIC	> Saturated AIC = 182.00	168,46
AGFI	0-1	0,78
Normed chi-square	< 2	1,96

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh terdapat 3 ukuran statistik tidak memenuhi kriteria ukuran model diterima yaitu Chi-kuadrat, RMSR, dan RMSEA. Karena item lebih banyak diterima maka dapat dikatakan model telah memenuhi kriteria model baik [14].

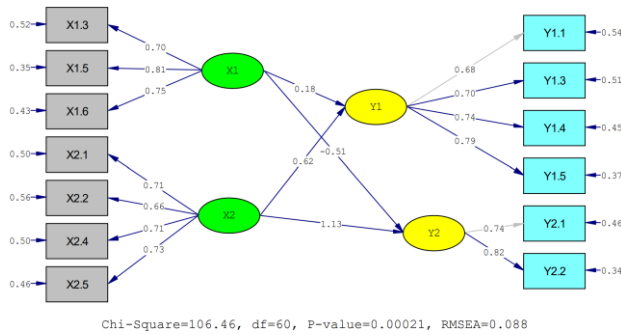
### 3.3 Analisis Model Struktural

Setelah analisis model dinyatakan baik maka akan dilakukan analisis hubungan antara pengembangan kompetensi SDM desa wisata hiu paus (X1), pengelolaan produk desa wisata hiu paus (X2) dengan deskriptif peluang usaha (Y1), pemanfaatan lahan (Y2) dengan memperhatikan path diagram *standardized solution* yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat disusun dua persamaan model hubungan antara variabel yaitu sebagai berikut.

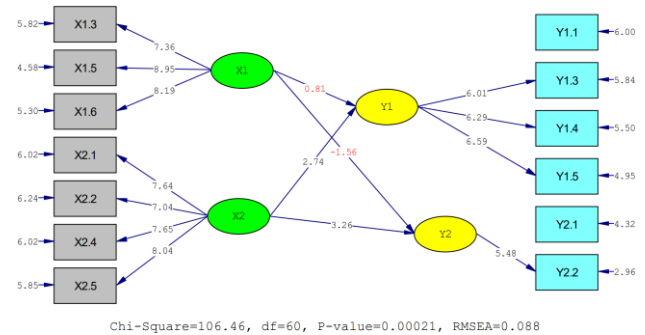
$$Y1=0,18X1+0,62X2 \quad (1)$$

$$Y2= -0,51X1+1,13X2 \quad (2)$$

Berdasarkan Gambar 2 dan persamaan (1) maka dapat dijelaskan bahwa peningkatan 1% Pengembangan Kompetensi SDM desa wisata hiu paus mampu meningkatkan 18% deskriptif peluang usaha. Peningkatan 1% pengelolaan produk desa wisata hiu paus mampu meningkatkan 62% deskriptif Peluang Usaha. Berdasarkan Gambar 2 dan persamaan (2) maka dapat dijelaskan bahwa peningkatan 1% Pengembangan Kompetensi SDM desa wisata hiu paus menurunkan 51% pemanfaatan lahan. Peningkatan 1% pengelolaan produk desa wisata hiu paus mampu meningkatkan 113% pemanfaatan lahan.



**Gambar 2.** Path Diagram Standardized Solution



**Gambar 3.** Diagram Alur T- Value

Analisis pengaruh antara variabel dapat diidentifikasi dengan membandingkan nilai t-value yang menghubungkan variabel laten dan variabel variabel eksogen dengan 1,96. Jika nilai t-value > 1,96 maka hubungannya berpengaruh signifikan. Oleh karena itu, pengembangan kompetensi SDM desa wisata hiu paus berpengaruh secara tidak signifikan terhadap deskriptif peluang usaha dan pemanfaatan lahan. Sedangkan pengelolaan produk desa wisata hiu paus berpengaruh secara signifikan terhadap deskriptif peluang usaha, pemanfaatan lahan.

## 4 Kesimpulan

Semakin meningkatnya pengembangan kompetensi SDM desa wisata hiu paus maka dapat berpengaruh secara tidak signifikan meningkatkan deskriptif peluang usaha, dan dapat berpengaruh secara tidak signifikan menurunkan pemanfaatan lahan. Semakin meningkatnya pengelolaan produk desa wisata hiu paus maka dapat berpengaruh secara signifikan meningkatkan deskriptif peluang usaha, dan pemanfaatan lahan.

Guna meningkatkan deskriptif peluang usaha, pemanfaatan lahan pada objek wisata hiu paus maka masyarakat labuhan Jambu perlu memperhatikan indikator-indikator: keterampilan bidang pariwisata, Pengetahuan bidang pariwisata, Pengetahuan pemanfaatan teknologi informasi bidang pariwisata, Pengelolaan peralatan pariwisata, Pengelolaan UMKM, Pengelolaan souvenir dan pengelolaan homestay.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] S. Nurhidayati, Edrial, S. Rahayu, N. Wijayanti, and I. W. Ayu, "Dampak Pengembangan Ekowisata Hiu Paus Terhadap Peningkatan Kreativitas Usaha Masyarakat Desa Labuhan Jambu Kecamatan Tarano," *JKRKTL-urnal Riset Kajian Teknologi & Lingkungan*, vol. 5, no. 2, pp. 89–95, 2022, [Online]. Available: <http://e-journalppmunsu.ac.id/index.php/jrktl>
- [2] A. Sultan, F. Fahrunnisa, and L. A. Taubih, "Komunikasi Pariwisata Dan Brand Destinasi Dalam Meningkatkan Kunjungan Wisatawan Pada Wisata Hiu Paus Di Kabupaten Sumbawa," *Mutiara: Multidiciplinary Scientifict Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 117–135, 2023, doi: 10.57185/mutiara.v1i3.20.
- [3] S. Hilyana, S. Gigentika, E. B. M. Sani, and U. Kultsum, "Aglomerasi

- Industri Kelautan melalui Penataan Zonasi Kawasan Strategis Nasional Bima dan Sumbawa Andalan,” *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, no. Special Issue, pp. 267–277, 2021, doi: 10.29303/jstl.v0i0.279.
- [4] A. Wijayanti, “Analisis dampak pengembangan desa wisata kembangarum terhadap perekonomian masyarakat lokal,” *Upawija*, vol. 1, no. 2, pp. 100–112, 2017, [Online]. Available: <https://repository.bsi.ac.id/repo/18713/analisis-dampak-pengembangan-desa-wisata-kembangarum-terhadap-perekonomian--masyarakat-lokal>
- [5] M. D. Syahputra and H. Tanjung, “Pengaruh Integritas Dan Pengembangan Karir Terhadap Kinerja Karyawan,” *Manager : Jurnal Ilmu manajemen*, vol. 2, no. 3, p. 329, 2020, doi: 10.32832/manager.v2i3.3706.
- [6] A. Salihin, “Peran Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) Sebagai Upaya Pengembangan Ekonomi Masyarakat Desa Pejanggik,” *Al-Intaj : Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syariah*, vol. 7, no. 1, p. 96, 2021, doi: 10.29300/aij.v7i1.3937.
- [7] Z. Ridlwan, “Urgensi Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) Dalam Pembangun Perekonomian Desa,” *FIAT JUSTISIA: Jurnal Ilmu Hukum*, vol. 8, no. 3, pp. 424–440, 2015, doi: 10.25041/fiatjustisia.v8no3.314.
- [8] Edi Riadi, *Statistik SEM - Structural Equation Modeling dengan Lisrel*, 1st ed. Jakarta: Andi, 2016.
- [9] K. A. Bollen and J. Scotth Long, “Testing structural equation models,” *Sage Focus editions*, vol. 154, 1993.
- [10] K. Hermanto and R. Yansyah, “Analisis Model Struktural Penyusun Kepuasan Pelanggan Grabfood di Kota Sumbawa Besar,” *Jurnal Matematika Vol.*, vol. 13, no. 1, pp. 68–79, 2023, doi: 10.24843/JMAT.2023.v13.i01.p161.
- [11] N. D. Sofya, Ekastini, and K. Hermanto, “Analisis Indikator Penyusunan Variabel Laten ynag Mempengaruhi Kinerja Pemasaran Tenun Kre’ Alang,” *Jurnal ilmiah Clobal Education*, vol. 4, no. 4, pp. 2124–2131, 2023.
- [12] D. P. Karyaningtiyas, A. Yamin, and K. Hermanto, “Analisis Pengaruh Minat Pemanfaatan dan Penggunaan SIAKAD sebagai Media E-learning di Universitas Teknologi Sumbawa,” *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, vol. 5, no. 8, pp. 2921–2927, 2022, doi: 10.54371/jiip.v5i8.783.
- [13] A. H. Sandy and K. Hermanto, “Analysis of the factors that influence customer interest in using mobile banking at pt . Bank ntb syariah alas sub-branch,” *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 16, no. 2, pp. 703–712, 2022.
- [14] K. Hermanto, N. D. Sofya, and Harizahayu, “Analysis of differences in word-of-mouth factors for UTS students based on gender identity using a structural equation model,” *AIP Conference Proceedings*, vol. 2577, no. July, 2022, doi: 10.1063/5.0096066.

# **Pengaruh Distribusi Data Terhadap Hasil Uji Korelasi Studi Pada Uji Pearson Product Moment, Rank Spearman, dan Rank Kendall Tau**

Ratna Yuniarti<sup>1</sup>, Hartiani<sup>2</sup>, Harizahayu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Teknologi Sosial dan Kesehatan Muhammadiyah Selong, ratna.matika@gmail.com

<sup>2</sup>Institut Teknologi Sosial dan Kesehatan Muhammadiyah Selong, hartiani78@gmail.com

<sup>3</sup>Politeknik Negeri Medan, harizahayu@polmed.ac.id

**Abstract,** Correlation analysis is used if you want to know whether there is a correlation between two phenomena. To determine the type of correlation to be used, researchers need to consider whether or not the assumption of normality and data characteristics are met. The purpose of this study was to compare the results of the analysis using several correlation tests with both parametric and non-parametric approaches. The method used is to provide data simulation with three types of data characteristics, namely normal, skewed and data containing outliers. The test used is the correlation in the parametric approach with the Pearson Product Moment Test, while for the non-parametric approach is the Spearman Rank and Kendall Tau Rank tests. Furthermore, a case study is given. The results show that in correlation testing without considering data distribution and data characteristics. Can produce inaccurate conclusions.

**Keywords:** *Data Distribution, Pearson Product Moment Correlation Test, Spearman Rank, Kendall Tau Rank*

**Abstrak.** Analisis korelasi digunakan jika ingin mengetahui ada tidaknya korelasi antara dua fenomena. Untuk menentukan jenis korelasi yang akan digunakan peneliti perlu mempertimbangkan terpenuhi atau tidak asumsi normalitas dan karakteristik data. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil analisis dengan menggunakan beberapa uji korelasi baik dengan pendekatan parametric dan non parametric. Metode yang digunakan dengan memberikan simulasi data dengan tiga jenis karakteristik data yaitu normal, skewed dan data yang terdapat outlier. Adapun uji yang digunakan adalah korelasi pada pendekatan parametric dengan Uji Pearson Product Moment, sedangkan untuk pendekatan nonparametric adalah uji Rank Spearman dan Rank Kendall Tau. Selanjutnya diberikan studi kasus. Hasil menunjukkan bahwa dalam pengujian korelasi tanpa memperhatikan distribusi data dan karakteristik data. Dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat.

**Kata Kunci:** *Distribusi Data, Uji Korelasi Pearson Product Moment, Rank Spearman, Rank Kendall Tau*

## **1 Pendahuluan**

Analisis hubungan antar variabel merupakan bagian penting dalam penelitian kuantitatif, terutama ketika peneliti ingin mengetahui ada tidaknya asosiasi atau korelasi di antara dua fenomena [1]. Salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam analisis hubungan adalah uji korelasi Pearson, yang mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antar dua variabel numerik

[2]. Koefisien korelasi Pearson digunakan untuk menilai kekuatan hubungan linear antara dua variabel pada pendekatan statistik parametrik [3]. Metode ini diaplikasikan ketika variabel-variabel yang dianalisis diukur dalam skala interval atau rasio. Oleh karena itu, pengujian signifikansi terhadap koefisien korelasi Pearson mengharuskan data sampel berdistribusi normal, karena statistik uji yang digunakan mengikuti distribusi  $t$ .

Jika asumsi normalitas tidak terpenuhi atau skala pengukuran tidak termasuk dalam interval maupun rasio, maka pendekatan alternatif yang tepat adalah menggunakan metode korelasi dari statistika nonparametrik, seperti Spearman atau Kendall. Sejumlah studi telah menunjukkan pentingnya pemilihan jenis korelasi berdasarkan distribusi data. Schober menegaskan bahwa penggunaan koefisien korelasi Pearson pada data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dapat menghasilkan estimasi hubungan yang bias [4].

Statistik nonparametrik digunakan dalam analisis data ketika asumsi distribusi normal tidak terpenuhi [5]. Dalam konteks ini, jenis skala pengukuran yang umum digunakan adalah skala ordinal dan nominal. Skala ordinal memberikan informasi mengenai urutan atau peringkat, namun tidak memberikan keterangan mengenai jarak antar nilai. Untuk menganalisis data dalam skala ordinal, dua koefisien korelasi yang sering digunakan adalah Rank Spearman dan Rank Kendall. Kedua metode ini memungkinkan pengukuran asosiasi antara dua variabel yang dinyatakan dalam bentuk peringkat [6]. Koefisien korelasi Rank Spearman dan Rank Kendall memiliki keunggulan dalam fleksibilitas penggunaannya, karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas data. Hal ini menjadikan keduanya sangat sesuai untuk data ordinal, terutama ketika terdapat skor yang identik. Namun demikian, keberadaan banyak skor yang sama dapat menurunkan efektivitas pengukuran asosiasi yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut [7]. Oleh karena itu, pemilihan metode korelasi yang tepat perlu mempertimbangkan karakteristik data serta tujuan analisis yang ingin [8].

Permasalahan muncul ketika banyak peneliti, khususnya mahasiswa, secara langsung menggunakan uji Pearson tanpa terlebih dahulu melakukan eksplorasi terhadap karakteristik data yang dimiliki. Praktik ini berisiko menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat. Perbedaan hasil uji Pearson dan Spearman sering kali tidak diperhatikan, padahal keduanya dapat menghasilkan interpretasi korelasi yang berbeda terhadap data yang sama apabila asumsi normalitas tidak diperhatikan [9].

Penelitian yang berkaitan dengan pelayanan public juga membutuhkan uji korelasi misalnya pada pelayanan kesehatan tentang hubungan kualitas pelayanan posyandu dengan kepuasan ibu hamil, hubungan antara kelengkapan dokumen kependudukan dengan penetapan sebagai penerima bantuan social dan lain-lain. Sejauh ini, penelitian yang membahas secara komparatif penggunaan uji korelasi parametrik dan non-parametrik terhadap masih terbatas, terutama dalam konteks data pendidikan di tingkat perguruan tinggi. Padahal, pemahaman terhadap penggunaan metode korelasi yang tepat sangat penting dalam memastikan validitas hasil penelitian [10]

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil uji korelasi Pearson, Spearman dan Kendall, guna memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode dalam konteks distribusi berbeda.

## 2 Metode

Penelitian ini merupakan literatur review pada uji korelasi pada pendekatan parametric dan non parametric. Kemudian diberikan contoh simulasi data untuk membandingkan hasil uji pada masing-masing karakteristik data. Selain itu diberikan simulasi data yang kontekstual penerapan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antar variabel.

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Studi literatur tentang beberapa uji korelasi pada pendekatan paramterik dan non parametric. Adapun uji korelasi dengan pendekatan parametrik pada penelitian ini adalah Uji Pearson Product Moment. Teknik korelasi yang digunakan untuk mencari hubungan variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) dan data berbentuk interval dan rasio yaitu dengan Uji Pearson Product Moment [12]. Adapun rumus yang dikemukakan adalah

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (1)$$

Sementara untuk pendekatan nonparametrik adalah korelasi Spearman Rank, jenis data yang dikorelasikan adalah data ordinal atau berjenjang atau rangking, serta data dari kedua variable tidak harus membentuk distribusi normal[13]. Adapun rumus Spearman Rank adalah

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum b_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

Dimana:

$\rho$  : koefisien korelasi spearman Rank.

Korelasi Kendal Tau ( $\tau$ ) digunakan untuk mencari hubungan dan menguji hipotesis antara dua variabel atau lebih, bila datanya berbentuk ordinal atau rangking[13].

$$\tau = \frac{\sum A - \sum B}{N(N-1)/2} \quad (3)$$

Dimana :

$\tau$  = koefisien korelasi Kendal Tau yang besarnya ( $-1 < \tau < 1$ )

A= Jumlah rangking atas

B= Jumlah rangking bawah

N= Jumlah anggota sampel

- 2) Kemudian diberikan simulasi data dengan karakteristik data diasumsikan berdistribusi normal, data terdapat outlier, dan data skewed. Dilanjutkan dengan melakukan uji korelasi dengan masing-masing uji yaitu uji Pearson Product Moment, uji spearman Rank, uji Kendal Tau.
- 3) Membandingkan hasil uji dan melakukan interpretasi
- 4) Diberikan simulasi data kontekstual pada penerapan uji Pearson Product Moment, uji spearman Rank, uji Kendal Tau. Membandingkan hasil uji dan melakukan interpretasi

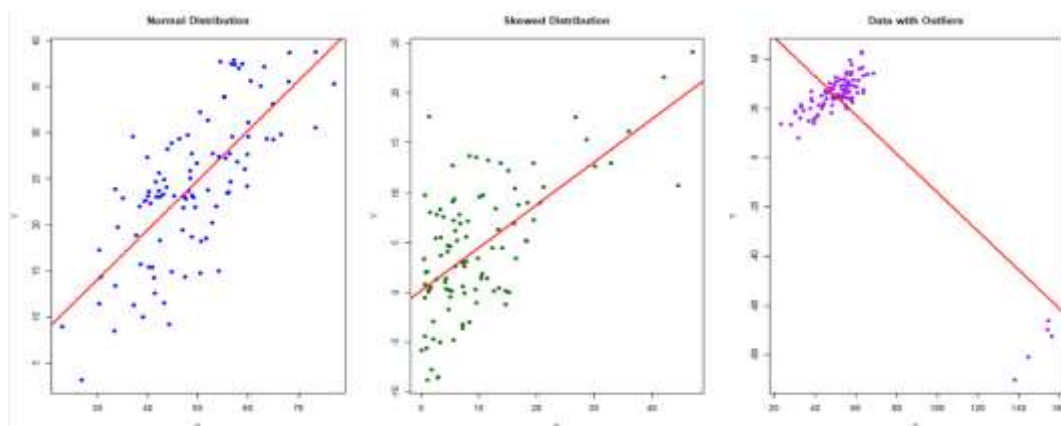


### 3 Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini akan diberikan simulasi untuk tiga jenis data dan membanding hasilnya. Data berdistribusi normal merupakan salah satu syarat untuk melakukan uji korelasi dengan pendekatan parametric menggunakan rumus dengan Uji Pearson Product Moment, sedangkan untuk uji Korelasi Spearman Rank dan Korelasi Kendal Tau ( $\tau$ ) data dari kedua variable tidak harus membentuk distribusi normal.

Berikut diberikan simulasi data di R dengan hasil sebagai berikut:

- Pertama kita mengaktifkan package `library(tidyverse)`, `library(ggpubr)`, `library(writextl)`.
- Dibangkitkan 100 data untuk X dan Y berdistribusi normal dengan mean  $X = 50$  dan standar deviasi  $X = 10$ , sedangkan untuk data Y dengan mean = 0 dan standar deviasi = 5.  
`x_normal <- rnorm(n, mean = 50, sd = 10)`  
`y_normal <- 2 * x_normal + rnorm(n, 0, 10)`
- Dibangkitkan data Skewed distribution (exponential)  
`x_skewed <- rexp(n, rate = 0.5)`  
`y_skewed <- 3 * x_skewed + rnorm(n, 0, 1)`
- Dibangkitkan data yang mengandung outlier  
`x_outlier <- rnorm(n, 50, 10)`  
`x_outlier <- x_outlier[seq(1, n, 10)] + 50`  
`y_outlier <- 2 * x_outlier + rnorm(n, 0, 10)`
- Visualisasi scatterplot berdasarkan tiga jenis data yang dibangkitkan sebelumnya sebagai berikut

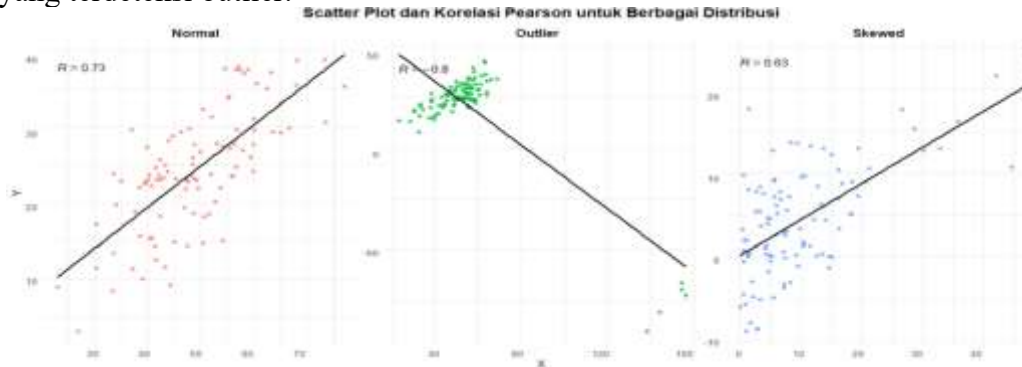


Gambar 1. Scatterplot Data

Gambar 1 di atas adalah visualisasi scatterplot berwarna biru untuk data berdistribusi normal, scatterplot berwarna hijau untuk data berdistribusi skewed, dan, scatterplot berwarna ungu dengan data mengandung outlier.

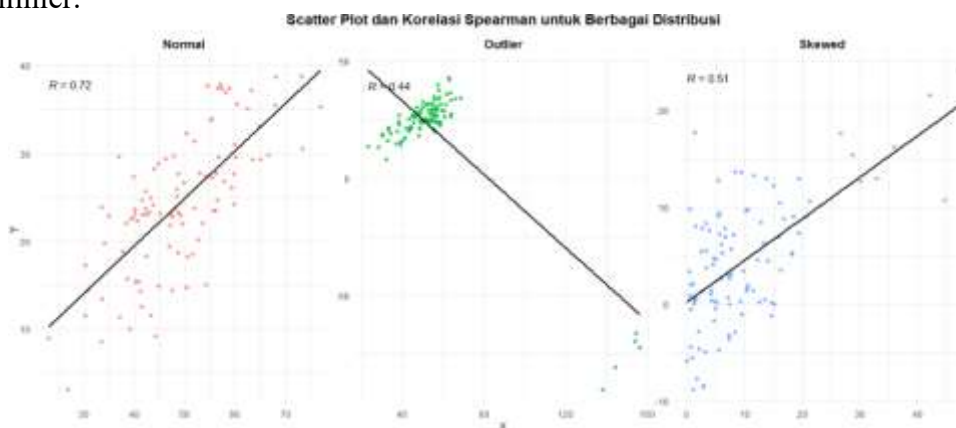
Perbandingan hasil analisis menggunakan tiga jenis korelasi untuk beberapa jenis data, pada Gambar 2 (scatterplot berwarna orange) dibawah ini menunjukkan bahwa pada data yang memenuhi asumsi normal didapatkan bahwa Uji Pearson Product Moment dengan koefisien korelasi  $r = 0,73$  adalah hasil terbaik. Karena data yang linier dan normal cocok untuk dianalisis dengan Uji

Pearson Product Moment. Sementara pada jenis data Skewed (scatterplot berwarna biru) hasil koefisien korelasi  $r = 0,63$  masih kuat. Sedangkan untuk jenis data yang mengandung outlier (scatterplot berwarna hijau) menghasilkan koefisien korelasi  $r = -0,8$  artinya bahwa uji korelasi Pearson Product Moment tidak kuat terhadap outlier. Maka tidak disarankan menggunakan uji ini pada data yang terdeteksi outlier.



**Gambar 2.** Koefisien Korelasi Uji Pearson

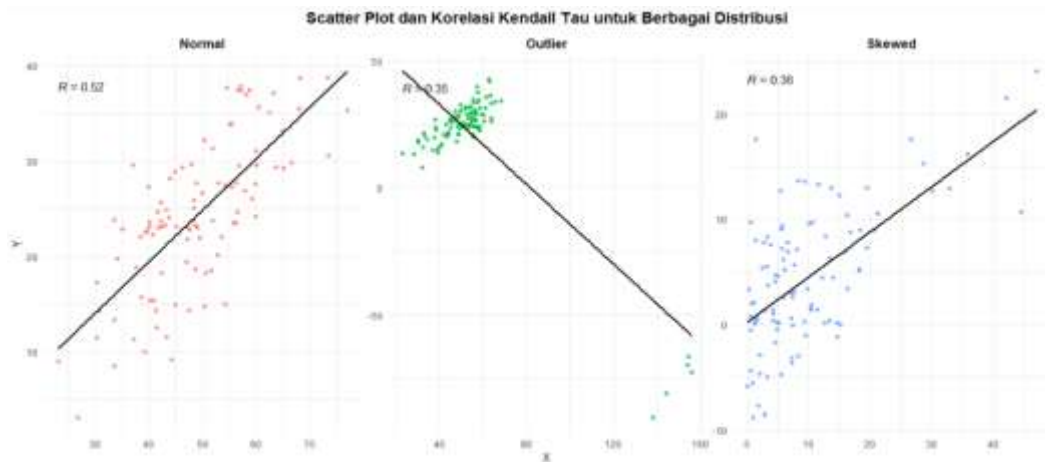
Sementara untuk Gambar 3 menunjukkan hasil analisis korelasi menggunakan Uji Rank Spearman menunjukkan hasil bahwa pada data berdistribusi normal (scatterplot berwarna orange) didapat bahwa koefisien korelasi  $r = 0,72$  adalah hasil korelasi yang kuat. Uji ini baik untuk mengukur hubungan yang monotonik (nonlinier) dan tidak akan seefektif uji Pearson Product Moment pada data linier. Namun jika dibandingkan pada data yang mengandung outlier (scatterplot berwarna biru) dan berdistribusi skewed (scatterplot berwarna hijau) hasil korelasi dengan uji Rank Spearman menunjukkan hasil yang kuat. Meskipun data tidak berdistribusi normal. Sehingga uji ini disarankan untuk data yang tidak memenuhi normalitas dan data yang nonlinier.



**Gambar 3.** Koefisien Korelasi Uji Rank Spearman

Terakhir pada Gambar 4 adalah analisis menggunakan uji Rank Kendall Tau, dimana pada data yang berdistribusi normal (scatterplot berwarna orange) tetap dapat menghasilkan analisis yang baik. Begitu juga pada data Skewed (scatterplot berwarna biru) dan data yang mengandung outlier (scatterplot berwarna hijau), uji ini tetap kuat. Sehingga uji ini juga disarankan pada data yang tidak memenuhi

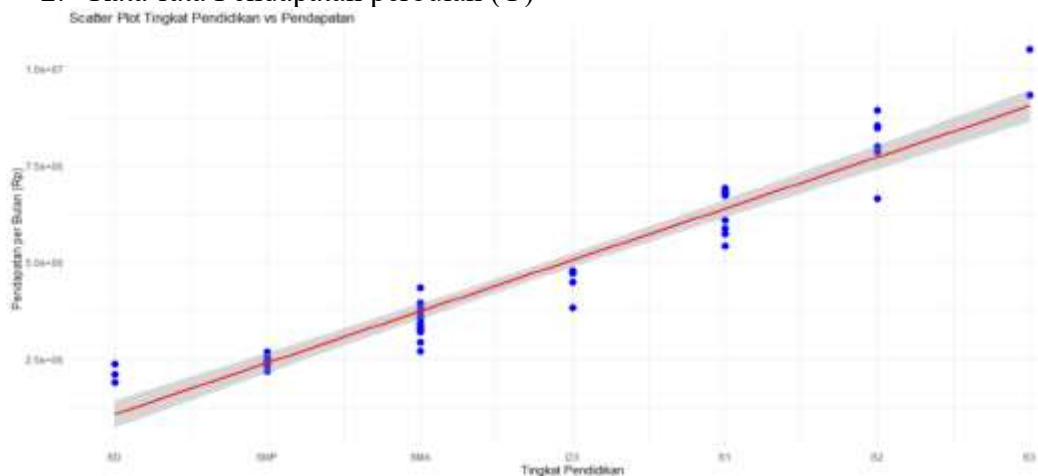
asumsi normalitas dan data dengan ukuran kecil  $< 30$ . Nilai korelasi lebih kecil dibanding Spearman (dalam skala), sehingga bisa terlihat "kurang kuat".



**Gambar 4.** Koefisien Korelasi Uji Rank Kendall Tau

Pada studi kasus ini dibangkitkan 50 data simulasi tentang hubungan tingkat pendidikan dengan rata-rata pendapatan perbulan. tulisan akan diberikan studi kasus menggunakan data dua variable yaitu:

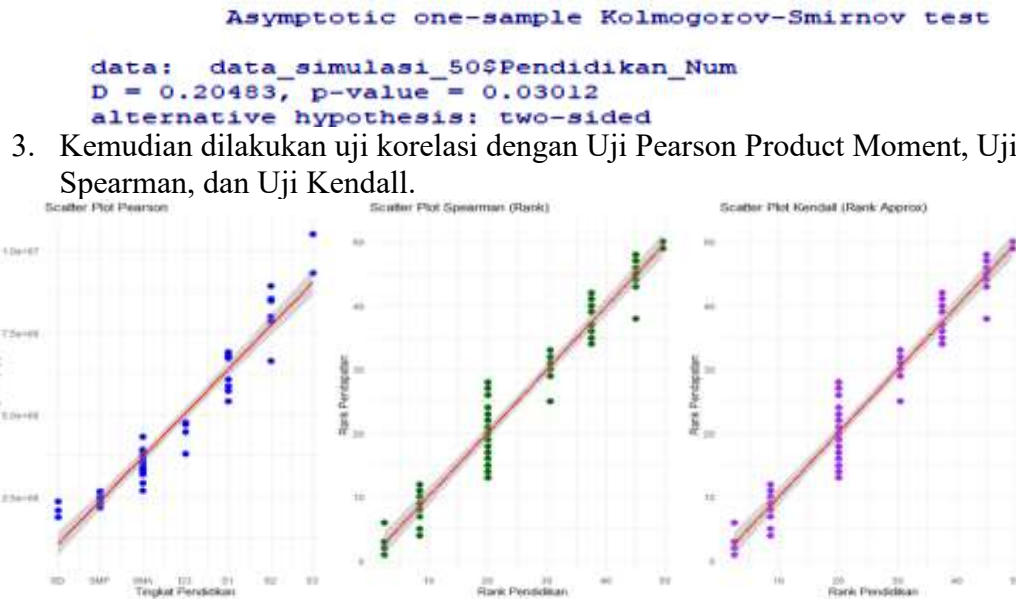
1. Tingkat Pendidikan (X),
2. Rata-rata Pendapatan perbulan (Y)



**Gambar 5.** Scatterplot Data

Gambar 5 di atas menunjukkan visualisasi data tingkat pendidikan dan rata-rata pendapatan perbulan. Pada kasus ini jenis data di variabel X adalah data ordinal karena tingkat pendidikan SD, SMP, SMA, S1, S2, S3. Sedangkan variable Y adalah data rasio.

Untuk mengetahui data memenuhi asumsi normalitas data diuji normalitasnya dengan Kolmogorov smirnov. Adapun hasil uji menunjukkan bahwa data berdistribusi normal.



**Gambar 6.** Koefisien Korelasi Uji Pearson, Rank Spearman, Rank Kendall Tau

Pada Gambar 6 di atas menunjukkan perbandingan scatterplot hasil uji korelasi dengan Uji Pearson, Uji Rank Spearman, dan Uji Rank Kendall Tau. Adapun perbandingan koefisien korelasi pada Tabel 1 dibawah ini dengan P-Value masing-masing uji menunjukkan hubungan yang sangat kuat pada semua jenis uji yang digunakan. Namun, pemilihan uji terbaik disini tidak dilihat dari besarnya koefisien korelasi tetapi syarat karakteristik data pada masing-masing uji harus terpenuhi.

Misalnya Pada tabel 1 Uji pearson menunjukkan hasil korelasi 0.9605500 sangat kuat. Namun data studi kasus tersebut berjenis ordinal dan rasio tidak sesuai dengan

**Tabel 1.** Perbandingan Koefisien korelasi

Metode Uji	Koefisien	P value
Pearson	0.9605500	2.500418e-28
Spearman	0.9726656	4.294623e-32
Kendall Tau	0.8968504	9.611790e-18

Sumber: data diolah

Pada pembahasan sebelumnya telah dijabarkan bahwa untuk pemilihan uji perlu memperhatikan jenis data. Untuk data simulasi ini berjenis ordinal dan rasio sehingga disarankan untuk menggunakan uji spearman dan kendall tau. Sedangkan Uji Pearson tidak disarankan untuk data ordinal. Jenis data ini berpotensi memengaruhi hasil uji korelasi, terutama jika metode yang digunakan tidak sesuai dengan karakteristik distribusi data tersebut. Sayangnya, banyak peneliti dan praktisi statistik yang menggunakan metode korelasi secara default tanpa memperhatikan jenis data dan bentuk distribusi data yang dianalisis.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut ada beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam pemilihan Uji Korelasi dalam menganalisis hubungan :

1. Penggunaan pendekatan parametrik dengan uji Pearson Product Momen yaitu pada data yang memenuhi asumsi normalitas dan jenis data pada skala interval dan rasio.
2. Penggunaan pendekatan nonparametric dengan uji Rank Spearman dan Rank Kendall Tau bebas asumsi normalitas dan jenis data pada skala ordinal dan nominal
3. Penggunaan uji yang tidak sesuai dengan karakteristik data dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] L. C. Guglielmetti, F. Faber-Castell, L. Fink, and R. N. Vuille-dit-Bille, "Statistics decrypted—a comprehensive review and smartphone-assisted five-step approach for good statistical practice," *Langenbecks Arch. Surg.*, vol. 407, no. 2, pp. 529–540, Mar. 2022, doi: 10.1007/s00423-021-02360-0.
- [2] R. E. Walpole, *Introduction to Statistics*. New York: Mc Millan, 1962.
- [3] M. I. Hasan, *statistik 2*, 2nd ed. JAKARTA: PT BU,MI AKSARA, 2003.
- [4] P. Schober, C. Boer, and L. A. Schwarte, "Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation," *Anesth. Analg.*, vol. 126, no. 5, pp. 1763–1768, May 2018, doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
- [5] H.-Y. Kim, "Statistical notes for clinical researchers: Nonparametric statistical methods: 2. Nonparametric methods for comparing three or more groups and repeated measures," *Restor. Dent. Endod.*, vol. 39, no. 4, p. 329, 2014, doi: 10.5395/rde.2014.39.4.329.
- [6] G. Norman, "Likert scales, levels of measurement and the 'laws' of statistics," *Adv. Health Sci. Educ.*, vol. 15, no. 5, pp. 625–632, Dec. 2010, doi: 10.1007/s10459-010-9222-y.
- [7] N. Minois *et al.*, "Using Poisson–gamma model to evaluate the duration of recruitment process when historical trials are available," *Stat. Med.*, vol. 36, no. 23, pp. 3605–3620, Oct. 2017, doi: 10.1002/sim.7365.
- [8] J. Hauke and T. Kossowski, "Comparison of Values of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Sets of Data," *QUAGEO*, vol. 30, no. 2, pp. 87–93, Jun. 2011, doi: 10.2478/v10117-011-0021-1.
- [9] M. M. Mukaka, "Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research".
- [10] J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2. ed., Reprint. New York, NY: Psychology Press, 2009.
- [11] R. Ridwan, *DasarDasar Statistika*. in 15. Bandung: ALFABETA, 2018.
- [12] S. Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: ALFABETA, 2016.
- [13] A. Supangat, *Statistika dalam Kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik*. JAKARTA: Kencana Prenada Media Group, 2010.

# Pewarnaan Graf Dalam Penentuan Jadwal Ujian Mahasiswa (Studi Kasus Prodi Teknik Informatika Unwidha)

Niken Retnowati<sup>1)</sup>, Aryati Wuryandari<sup>2)</sup>, Agustinus Suradi<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Widya Dharma, niken.retnowati28@gmail.com

**Abstract.** Often, scheduling final-year student exams becomes a problem within the scope of study programs, one of which is the Informatics Engineering study program at Widya Dharma University, Klaten. This is because the schedule of each examining lecturer is not the same, and besides that, the space available also varies every day. There are several alternative algorithms that can be used to solve scheduling problems, one of which is graph coloring. Graph coloring can include points, lines, and areas. In this research, researchers will try to divide student exam schedules using dot coloring, where the dot coloring algorithm used is Welch Powell. The Welch Powell algorithm is the most frequently used graph coloring algorithm. This algorithm starts by sorting the degrees of the graph from largest to smallest, then assigns a color to the vertex at the largest vertex and assigns a different color to the vertices below that are not adjacent to that vertex. Keywords: Welch-Powell algorithm, graph, graph coloring.

**Keywords:** *Welch-Powell algorithm, graph, graph coloring*

**Abstrak.** Seringkali penjadwalan ujian mahasiswa tingkat akhir menjadi suatu masalah di dalam lingkup prodi, salah satunya adalah prodi Teknik Informatika di Universitas Widya Dharma Klaten. Hal ini dikarenakan jadwal setiap dosen penguji tidaklah sama selain itu ruang yang tersedia juga berbeda-beda setiap harinya. Ada beberapa alternatif algoritma yang bisa digunakan dalam penyelesaian masalah penjadwalan tersebut salah satunya adalah pewarnaan Graf. Pewarnaan Graf bisa meliputi titik, garis dan daerah. Dalam penelitian ini peneliti akan mencoba membagi jadwal ujian mahasiswa dengan pewarnaan titik, dimana algoritma pewarnaan titik yang dipakai adalah *Welch Powell*

Algoritma *Welch Powell* adalah algoritma pewarnaan graf yang paling sering digunakan, Algoritma ini bermula dari mengurutkan derajat graf dari yang paling besar hingga paling kecil selanjutnya memberikan warna titik pada simpul terbesar dan memberikan warna berbeda pada simpul dibawahnya yang tidak bertetanggan dengan simpul tersebut.

**Kata Kunci :** *Algoritma Welch-Powell, Graf, Pewarnaan Graf*

## 1 Pendahuluan

Pewarnaan Graf menjadi salah satu alternatif jika seseorang ingin memetakan suatu daerah atau ingin memetakan sesuatu berdasarkan kategori tertentu. Pewarnaan Graf sendiri bisa berupa pewarnaan simpul, pewarnaan garis, maupun pewarnaan daerah [1]. Seperti misalnya jika ingin memetakan wilayah berdasarkan profesi penduduk atau memetakan wilayah berdasarkan potensi

daerah tersebut maka pewarnaan graf menjadi salah satu solusi paling memungkinkan. Selain digunakan sebagai pewarnaan daerah pewarnaan graf bisa juga menjadi solusi penjadwalan.

Ada beberapa macam Algoritma pewarnaan graf yaitu *Welch powell* dan *Greedy*. Pada kebanyakan kasus algoritma Welch Powell lebih sering digunakan sebagai solusi dalam pewarnaan graf. Selain Pewarnaan Graf terdapat pula pewarnaan garis dan pewarnaan daerah (peta). Kali ini peneliti Menggunakan Algoritma *Welch Powell* (pewarnaan titik) untuk menjadwalkan ujian mahasiswa Teknik Informatika di Universitas Widya Dharma Klaten agar hasil maksimal, dalam artian waktu dosen, pemakaian ruang dan estimasi hari dapat secara maksimal dimanfaatkan.

Penjadwalan adalah salah satu masalah yang sering terjadi dalam lingkup dunia pendidikan, tentunya Universitas Widya Dharma Klaten khususnya prodi Teknik Informatika juga mengalami kendala ketika awal semester maupun saat musim ujian akhir mahasiswa atau ujian skripsi. Hal ini dikarenakan jadwal 3 dosen penguji yang berbeda-beda dan ruangan yang tersedia juga berbeda-beda setiap harinya sehingga pergantian jadwal ujian dan pergantian dosen penguji kadang terjadi secara mendadak. Penelitian Terkait *Welch-Powell* pernah juga dilakukan oleh [2], dimana menghasilkan penjadwalan ujian di STIMIK Amik Riau, selain itu metode lain yang bisa diterapkan adalah *Recursive Largest First* oleh [3]

Berdasarkan pertimbangan terbatasnya ruang dan waktu serta jumlah dosen penguji maka akan sangat membantu jika penjadwalan ujian skripsi dilakukan. Sehingga dengan adanya penjadwalan ujian sangat membantu dosen maupun mahasiswa yang hendak ujian untuk mengatur jadwal pribadi masing-masing. Oleh karenanya digunakan algoritma pewarnaan graf dalam penjadwalan ujian mahasiswa.

## 2 Kajian Teori

### 2.1 Teori Graf

Suatu Graf  $G=(V,E)$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan sisi dan simpul dengan  $V(G) = \text{Himpunan Simpul } \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  dan  $E(G) = \text{himpunan sisi } \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ . Setiap sisi berhubungan dengan satu atau dua simpul. Dua buah simpul dikatakan berhubungan atau bertetangga jika ada sisi yang menghubungkan keduanya. Berdasarkan orientasi yang ada pada sisinya, graf dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu : graf berarah dan graf tidak berarah. Graf berarah adalah graf yang pada tiap sisinya diberikan arah sehingga untuk dua simpul  $v_i$  dan  $v_j$  maka  $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$ . Dilain sisi graf tidak berarah adalah graf yang sisinya tidak mengandung arah sehingga untuk dua simpul  $v_i$  dan  $v_j$  maka  $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$ . Selain itu juga dikenal graf berbobot yaitu graf yang memiliki bobot [4]

### 2.2 Algoritma

Algoritma adalah urutan logis langkah-langkah penyelesaian masalah yang di susun secara sistematis [5]. Awalnya kata algoritma merupakan istilah yang merujuk kepada aturan-aturan aritmetis untuk menyelesaikan persoalan dengan

menggunakan bilangan numeric Arab, namun pada abad ke-18 istilah ini telah berkembang sehingga makna algoritma menjadi lebih luas lagi menjadi suatu urutan langkah atau prosedur yang jelas dan diperlukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

### 2.3 Pewarnaan Graf

Suatu graf terdiri dari dua himpunan yang berhingga, yaitu himpunan titik titik tidak kosong yang disebut  $V(G)$  dengan elemen –elemenya disebut simpul dan himpunan garis- garis yang disimbolkan dengan  $E(G)$  dengan elemen-elemennya disebut sisi [6]. Pewarnaan pada graf  $G$  adalah pemetaan warna-warna pada simpul, sisi atau wilayah pada graf  $G$  sedemikian sehingga setiap simpul, sisi atau wilayah yang bertetangga mempunyai warna yang berbeda. Pewarnaan simpul dan pewarnaan wilayah memiliki jumlah warna minimum yang disebut dengan bilangan kromatik dan pewarnaan sisi memiliki jumlah warna minimum yang disebut indeks kromatik.

### 2.4 Algoritma Welch-Powell

Algoritma *Welch Powell* [7] dapat digunakan untuk mewarnai sebuah Graf ( $G$ ). Algoritma ini hanya memberikan batas atas untuk ( $G$ ) yaitu bahwa algoritma tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai  $G$ . Algoritma Welch-Powell adalah sebagai berikut :

- a. Urutkan simpul-simpul dari ( $G$ ) dalam derajat yang menurun (urutan seperti ini mungkin tidak unik karena beberapa simpul mungkin berderajat sama)
- b. Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang punya derajat tertinggi) dan simpul-simpul lain dalam urutan yang berurutan yang tidak bertetangga dengan simpul pertama.
- c. Mulai lagi dengan simpul berderajat tinggi berikutnya di dalam daftar terurut yang belum diwarnai dan ulangi proses pewarnaan simpul dengan menggunakan warna kedua.
- d. Ulangi penambahan warna –warna sampai semua simpul telah diwarnai.

## 3 Metode Penelitian

### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mahasiswa Teknik Informatika periode ujian Genap 2022/2023, dimana data dibatasi pada mahasiswa angkatan 2019/2020 yang sudah mendaftar atau sudah memenuhi syarat untuk melaksanakan ujian. Selain itu data nama dosen pembimbing dan dosen penguji skripsi serta data ruangan yang tersedia di gedung fasilkom Unwidha.

### 3.2 Analisis Data

Selanjutnya jika data sudah diperoleh, langkah pertama adalah mengurutkan mahasiswa berdasarkan tanggal pendaftaran ujian, mahasiswa yang sudah mendaftar dijadikan sebagai vertex atau titik. Menentukan dosen penguji yang nantinya akan menjadi line atau garis bersama dengan dosen pembimbing



sehingga nantinya setiap mahasiswa akan mempunyai derajat yang sama yaitu 3. Ruang yang dipakai hanya 2 yaitu ruang praktikum di gedung Fasilkom Unwidha yaitu L201 dan L204. Hari Ujian di mulai pada hari Senin.

### 3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pelaksanaan Penelitian

Dalam Bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti, yaitu paparan data yang sudah diperoleh, antara lain mahasiswa angkatan 2019/2020 yang mendaftar ujian, dosen penguji dan dosen pembimbing. Selanjutnya dilakukan uji *Welch Powell* terhadap data yang sudah diperoleh.

Berikut akan dipaparkan data mahasiswa angkatan 2019/2020 yang sudah melakukan pendaftaran untuk ujian periode Genap 2022/2023 di Teknik Informatika fakultas Teknologi dan Komputer Unwidha.

Tabel 1. Daftar Mahasiswa Ujian

No	Nama	NIM	Dosen 1	Dosen 2	Dosen 3
1	Oryzha Wahyu	1971100029	Aryanti	Doni	Mahmud
2	Ichsan Tri	1971100024	Mahmud	Doni	Istri
3	Much Ganu	1971100043	Istri	Hendro	Muryanto
4	Fitria Salma	2071100048	Istri	Aryati	fajar
5	Abdul Majid	1971100023	Istri	Niken	Muryanto
6	Muh Nur Aziz	1971100025	Istri	Niken	Doni
7	Ratna Salsabila	1971100030	Niken	Fajar	Muryanto
8	Ikhwan Nur A	1971100032	Istri	Doni	Mahmud
9	Arga Alfisar	1971100027	Muryanto	Doni	mahmud
10	Sonia	1971100040	Fajar	Niken	Mahmud
11	Cahyo	1971100003	Niken	Fajar	Hendro
12	Moh yoga	1971100006	Doni	Muryanto	Istri

## 4.2 Pembentukan Graf

Selanjutnya dari data Tabel 1 diatas bisa dilihat bahwa ada 12 vertex yang masing-masing mempunyai 3 line/garis. Selanjutnya akan dibentuk Graf dari nama mahasiswa di atas sehingga graf yang terbentuk Oryzha,Ikhsan, Muh Ganu,.....Muh Yoga maka  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_{12}$ . Hasil Graf dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pembentukan Graf

No	Nama	Vertex
1	Oryzha Wahyu	$V_1$
2	Ichsan Tri	$V_2$
3	Much Ganu	$V_3$
4	Fitria Salma	$V_4$
5	Abdul Majid	$V_5$
6	Muh Nur Aziz	$V_6$
7	Ratna Salsabila	$V_7$
8	Ikhwan Nur A	$V_8$
9	Arga Alfisar	$V_9$
10	Sonia	$V_{10}$
11	Cahyo	$V_{11}$
12	Moh yoga	$V_{12}$

## 4.3 Algoritma WelchPowell

Langkah awal adalah melihat relasi antara dosen penguji yang ada dengan vertex yang sudah terbentuk. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Relasi Dosen dan Vertex

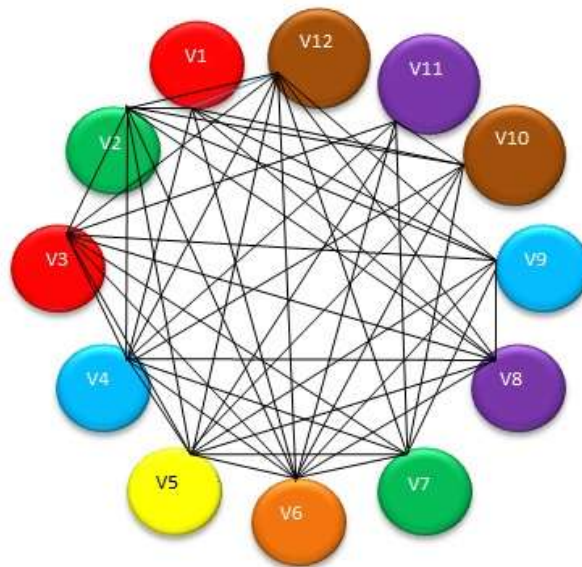
Nama Dosen	Vertex											
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$	$V_{11}$	$V_{12}$
Ary	1			1								
Doni	1	1				1		1	1			1
Mahmud	1	1						1	1	1		
Istri		1	1	1	1	1		1				1
Hendro			1								1	
Muryanto			1		1		1		1			1
Fajar				1			1			1	1	
Niken					1	1	1			1	1	

Selanjutnya Dari Tabel 3 diatas akan kita plot Jadwal berdasarkan hari dan Jam, dengan Algoritma Welch Powell yaitu dimana Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama ( yang punya derajat tertinggi karena semua derajat simpul sama maka diambil urutan sesuai pendaftaran ujian) dan simpul-simpul lain dalam urutan yang berurut) yang tidak bertetangga dengan simpul pertama. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Jadwal Ujian

Warna	Vertex	Dosen Penguji	Ruang	Hari, Jam
Merah	$V_1$	Aryanti Doni Mahmud	L201	Senin 09.00-11.00
Merah	$V_3$	Istri Hendro Muryanto	L204	Senin 09.00-11.00
Hijau	$V_2$	Doni Mahmud Istri	L201	Senin 11.00-13.00
Hijau	$V_7$	Muryanto Fajar Niken	L204	Senin 11.00-13.00
iru	$V_4$	Aryanti Istri Fajar	L201	Selasa 09.00-11.00
Biru	$V_9$	Doni Mahmud Muryanto	L204	Selasa 09.00-11.00
Kuning	$V_5$	Istri Muryanto Niken	L201	Selasa 11.00-13.00
Orange	$V_6$	Doni Istri Niken	L201	Rabu 09.00-11.00
Ungu	$V_8$	Doni Mahmud Istri	L201	Rabu 11.00-13.00
Ungu	$V_{11}$	Hendro Fajar Niken	L204	Rabu 11.00-13.00
Cokelat	$V_{10}$	Mahmud Fajar Niken	L201	Kamis 09.00-11.00
Cokelat	$V_{12}$	Doni Istri Muryanto	L204	Kamis 09.00-11.00

Dari Algoritma *Welch Powell* diatas maka dapat disimpulkan ujian dilakukan selama 4 Hari dari Hari Senin-Selasa,dengan 2 ruang yaitu (L201 dan L204) dengan estimasi waktu dua sesi yaitu sesi 1 pukul 09.00-11.00 WIB, sesi kedua pukul 11.00-13.00 WIB. Hari Senin untuk sesi 1 ada 2 mahasiswa, sesi 2 juga 2 mahasiswa. Hari selasa sesi 1 ada 2 mahasiswa dan sesi 2 hanya 1 mahasiswa. Hari Rabu sesi 1 hanya ada 1 mahasiswa dan sesi 2 ada 2 mahasiswa, Kamis hanya sesi 1 dengan 2 mahasiswa. Hasil dapat Gambar 2,dimana yang mempunyai warna sama akan ujian di hari dan jam yang sama hanya berbeda ruang dan dosen penguji.



Gambar 2. Pewarnaan Graf

## 5 Kesimpulan

Beberapa Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian diatas adalah :

1. Menghasilkan 7 Warna bilangan kromatik yaitu Merah, Hijau, Biru, Kuning, Orange, Ungu dan Cokelat.
2. Dari 12 Mahasiswa yang mendaftar ujian bisa dimaksimalkan dalam 4 hari yaitu dari senin-kamis dengan pengoptimalan 2 ruang ujian yang ada yaitu ruang L201 dan L204.
3. Vertex dengan warna yang sama melakukan ujian dihari dan jam yang sama dengan ruangan yang berbeda.
4. Dari Algoritma *Welch Powell* diatas maka dapat disimpulkan ujian dilakukan dengan estimasi waktu dua sesi yaitu sesi 1 pukul 09.00-11.00 WIB, sesi kedua pukul 11.00-13.00 WIB. Hari Senin untuk sesi 1 ada 2 mahasiswa, sesi 2 juga 2 mahasiswa. Hari selasa sesi 1 ada 2 mahasiswa dan sesi 2 hanya 1 mahasiswa. Hari Rabu sesi 1 hanya ada 1 mahasiswa dan sesi 2 ada 2 mahasiswa, Kamis hanya sesi 1 dengan 2 mahasiswa.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] F. S. E. Putra, D. Darmaji, dan S. Soetrisno, "Implementasi Metode Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell Untuk Simulasi Penerapan Frekuensi Radio Di Jawa Timur," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 2, hal. A73–A77, 2017.
- [2] K. Harianto, "Modifikasi Algoritma Welch-Powell untuk Optimalisasi Pendjadwalan Ujian Skripsi," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, hal. 119–128, 2017.
- [3] R. Syam, H. Ihsan, dan A. Asman, "Aplikasi Pewarnaan Graf dengan Algoritma Recursive Largest First pada Penjadwalan Mata Kuliah," *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 2, no. 1, hal. 63, 2020, doi:

10.35580/jmathcos.v2i1.12461.

- [4] A. H. Fransiskus Fran, “Pewarnaan Simpul, Sisi, Wilayah Pada Graf Dan Penerapannya,” *Bimaster Bul. Ilm. Mat. Stat. dan Ter.*, vol. 8, no. 4, hal. 773–782, 2019, doi: 10.26418/bbimst.v8i4.36037.
- [5] C. Angga dan R. Munir, “Pengembangan Algoritma Greedy Untuk Optimalisasi Penataan Peti Kemas Pada Kapal Pengangkut,” *J. Sarj. Inst. Teknol. Bandung*, 2012.
- [6] M. Lipschutz, Seymour & Lipson, *Theory and Problems of Discrete Mathematics*. United States: McGraw-Hill, 2007.
- [7] L. S. Lestari dan Mulyono, “Penerapan Algoritma Welch-Powell Pada Pewarnaan Graf Dalam Pemetaan wilayah di Kota Medan,” *Karimatika*, vol. 6, no. 1, hal. 17–28, 2020.

## Analisis Chi Square Untuk Mengetahui Hubungan Antara Karakteristik Konsumen Dengan Sikap Konsumen

Fathorrozi Ariyanto<sup>1\*</sup>, Tony Yulianto<sup>2</sup>, Jamilatul Isti'adah<sup>3</sup>,  
Prasanti Mia Purnama<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>Universitas Islam Madura, fathorroziariyanto7@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Islam Madura, toniyulianto65@gmail.com

<sup>3</sup>Universitas Annuqayah, jamilaistie@gmail.com

<sup>4</sup>Universitas Annuqayah, prasanti.mia@gmail.com

**Abstract.** Aprilia Handmade is a unique brand, handicraft, creative and others. Consumer priorities towards products are influenced by their attitudes that influence purchases and tight competition. This study aims to determine whether there is a relationship between consumer characteristics and consumer attitudes towards fashion products (Case study at Aprilia Handmade Sumenep). Data collected using questionnaires, observations, and documentation, with the population being consumers who have visited or buyers at Aprilia Handmade Sumenep, where the sampling technique was carried out with a purposive sampling method with a sample size of 100 respondents. The data analysis method uses Contingency Coefficient Analysis to relate the relationship between products, promotions, prices, and purchasing decisions. From the analysis, it was obtained that the quantitative results using Chi Square  $X^2$  analysis were: Products with a value of  $X^2 = 415$ , Promotions with a value of  $X^2 = 4.589$ , Prices with a value of  $X^2 = 0.671$ , and Purchase decisions with a value of  $X^2 = 1.523$ . From manual calculations, the same results were obtained using SPSS window 20.0. The results of the study indicate that between products, promotions, prices, and purchasing decisions have a significant relationship with consumer attitudes towards fashion products. This is indicated by the results of the interpretation of the contingency coefficient which is quite strong or quite good.

**Keywords:** *Aprilia Handmade, Consumer Characteristics, Purposive Sampling Method, Chi Square, Contingency Coefficient Analysis*

**Abstrak.** Aprilia Handmade merupakan sebuah brand unik, kerajinan tangan, kreatif dan lain. Prioritas konsumen terhadap produk dipengaruhi oleh sikap mereka yang mempengaruhi pembelian dan persaingan ketat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk fashion (Studi kasus di Aprilia Handmade Sumenep). Data yang dikumpulkan menggunakan kuesioner, observasi, dan dokumentasi, dengan populasi adalah konsumen pernah mengunjungi atau pembeli di Aprilia Handmade Sumenep, dimana teknik pengambilan sampel dilakukan dengan purposive sampling method dengan jumlah sampel sebanyak 100 responden. Metode analisis data yang menggunakan Analisis Koefisien Kontingensi untuk berkaitan hubungan antara produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian. Dari analisis diperoleh bahwa hasil kuantitatif dengan menggunakan analisis Chi Square  $X^2$  yaitu: Produk dengan nilai  $X^2 = 415$ , Promosi dengan nilai  $X^2 = 4,589$ , Harga dengan nilai  $X^2 = 0,671$ , dan Keputusan pembelian dengan nilai  $X^2 = 1,523$ . Dari perhitungan manual diperoleh hasil yang sama dengan menggunakan bantuan SPSS window 20.0. Hasil penelitian menunjukkan Semua nilai  $X^2$  hitung lebih besar dari nilai  $X^2$  tabel = 0,1026 sehingga dapat disimpulkan bahwa antara produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian memiliki hubungan signifikan dengan sikap konsumen pada produk fashion. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil interpretasi koefisien kontingensi yang cukup kuat atau cukup baik.

**Kata Kunci:** *Aprilia Handmade, Karakteristik Konsumen, Purposive Sampling Method, Chi Square, Analisis Koefisien kontingensi*

## **1. Pendahuluan**

Dalam era bisnis global yang sedang berkembang pesat, manajer keuangan didunia bisnis saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Pasar toko online telah menjadi salah satu aspek penting dalam ekonomi global, dengan pertumbuhan yang terus meningkat. Bisnis online harus tidak hanya bertahan tetapi juga bersaing dengan bisnis lain dalam sektor yang sama [1]. Seiring dengan itu, kebutuhan individu terus berubah seiring dengan perubahan gaya hidup, kemajuan teknologi, perubahan ekonomi, tingkat pendidikan yang berkembang, dan faktor-faktor sosial yang memengaruhi perilaku pembeli, yang kemudian mempengaruhi strategi pemasaran produsen, terutama dalam industri fashion [2].

Kebutuhan individu juga meningkat seiring perubahan gaya hidup. Kebutuhan dan keinginan pembeli terus berkembang seiring dengan perbaikan teknologi, ekonomi, pendidikan dan sosial-sosial yang memengaruhi perilaku pembeli. Pembeli juga semakin mengubah perilaku mereka dalam mengejar pilihan pembelian untuk produk yang mereka butuhkan. Untuk mendapatkan produk yang terbaik, beberapa faktor dipertimbangkan, apalagi saat ini barang kebutuhan ekonomi semakin beragam [3].

Produsen fashion harus terus menerus memperhatikan, mengamati, dan mempelajari perilaku pelanggan mereka seiring bertambahnya usia untuk memenuhi kebutuhan mereka. Hal ini dikarenakan untuk meningkatkan penjualan online dan menarik pelanggan, diperlukan berbagai perencanaan strategis yang matang. Bauran pemasaran, yang meliputi variabel produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian, merupakan salah satu strategi pemasaran yang memungkinkan [4].

Kebutuhan manusia akan pemenuhan sandang menjadi semakin kompleks seiring dengan meningkatnya kehidupan masyarakat. Peningkatan kemampuan ini membuat pembuat lebih fokus pada cara pelanggan berperilaku untuk mencapai manfaat terbesar melalui berbagai merek, pola, model, dan variasi, yang semuanya diusulkan untuk mengatasi masalah pembeli [5].

Prioritas konsumen terhadap atribut produk dipengaruhi oleh pola perilaku konsumen saat melakukan pembelian. Dalam situasi seperti itu, sikap biasanya memainkan peran penting dalam mempengaruhi perilaku. Preferensi produk, termasuk produk fashion, secara signifikan dipengaruhi oleh sikap konsumen terhadap berbagai atribut [6]. Melalui pemahaman perspektif pembelanja terhadap kualitas yang melekat pada barang, perilaku konsumen dalam membeli dapat diantisipasi, dengan tujuan agar pembuat dapat membentuk teknik periklanan yang tepat meskipun persaingan semakin sengit [7].

Dalam konteks penelitian yang akan dijelaskan dalam artikel ini, kami akan menghadirkan kontribusi baru dengan memfokuskan perhatian pada hubungan antara karakteristik konsumen dan sikap konsumen terhadap produk fashion di Aprilia Handmade Sumenep. Ini adalah perluasan pemahaman yang signifikan karena melibatkan industri yang berbeda, yaitu industri fashion, dan mencoba untuk memahami bagaimana karakteristik konsumen dapat memengaruhi preferensi mereka terhadap produk fashion [8]. Dengan demikian, artikel ini akan memberikan wawasan yang lebih spesifik dan relevan dalam konteks pasar fashion, yang merupakan kontribusi signifikan dalam literatur ilmiah.

Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui tingkat hubungan antara produk, promosi, harga dan keputusan pembelian dengan sikap konsumen pada produk *fashion*. Dengan menghitung nilai Chi Square( $X^2$ ) pada masing-masing komponen(produk, promosi, harga dan keputusan pembelian) dapat diketahui signifikan atau tidaknya Tingkat hubungan tersebut dengan sikap konsumen pada produk *fashion*.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan teknik kuantitatif, khususnya strategi pemeriksaan yang memaknai keanehan yang terjadi secara sengaja dengan menggunakan pengukuran [9]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki hubungan antara karakteristik dan sikap konsumen terhadap produk *fashion*. Pemeriksaan Koefisien Kontingensi, teknik pengumpulan-informasi yang menarik untuk memperkirakan hubungan antara faktor-faktor yang dipertanyakan, digunakan untuk mencapai tujuan ini. Aprilia Handmade Sumenep dipilih sebagai studi kasus.

### **2.2 Prosedur Penelitian**

Prosedur atau langkah-langkah berikut diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian ini:

1. Mulai  
Pada awal perjalanan penelitian, langkah pertama yang diambil adalah mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang akan diteliti.
2. Studi Lapangan  
Studi lapangan adalah metode penelitian yang melibatkan pengumpulan data dan informasi langsung dari lokasi atau lingkungan yang sedang diteliti.
3. Perumusan Masalah  
Pada tahap ini, merumuskan dengan seksama permasalahan yang akan diteliti, memastikan bahwa tidak ada aspek pun yang terlewatkan atau mengalami penyimpangan.
4. Studi Literatur  
Pada tahap ini, dilakukan analisis data melalui kegiatan mencatat, membaca, serta mempelajari buku, jurnal, atau artikel yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.
5. Menentukan rencana penelitian  
Merencanakan tata cara penelitian dilakukan dalam tahap ini, di mana langkah-langkah sistematis dirancang untuk mengarahkan jalannya penelitian dengan efisiensi dan akurasi yang optimal.
6. Proses  
Pada fase ini, dilakukan perancangan proses penelitian yang terinci. Langkah-langkah metodologis dirancang untuk mengatur bagaimana pengumpulan data, analisis, dan interpretasi akan dilakukan dengan cermat dan terarah, sehingga menghasilkan hasil yang kuat dan bermakna.
7. Metode pengumpulan Data



Tahapan ini peneliti untuk mengumpulkan data dengan cara kuesioner, observasi, dan dokumentasi di Aprilia Handmade Sumenep atau media sosial yaitu Aprilia Handmade.

8. Pengolahan Data

Pada langkah ini, data yang diperoleh akan digarap Uji Square secara manual dan menggunakan Software SPSS window 20.0.

9. Analisis data

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh menggunakan uji Chi-Square( $X^2$ ) untuk menentukan apakah hasil tersebut dapat diterima atau ditolak dalam produk fashion Aprilia Handmade Sumenep. Rumus yang umum untuk Chi-Square( $X^2$ ) adalah sebagai berikut [10].

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_h)^2}{f_h} \quad (1)$$

Keterangan:

$X^2$  : Nilai Chi kuadrat

$f_0$  : Frekuensi yang diperoleh dari (diobservasi dalam) sampel

$f_h$  : Frekuensi yang diharapkan dalam sampel sebagai pencerminan dari frekuensi yang diharapkan dalam populasi.

10. Menarik kesimpulan

Mengambil kesimpulan yang signifikan menjadi fokus pada langkah ini, di mana informasi dan temuan dari penelitian secara seksama dianalisis untuk menghasilkan pandangan yang mendalam dan berarti terkait dengan situasi yang ada, sekaligus memberikan arahan yang bermanfaat untuk produk fashion Aprilia Handmade Sumenep.

Flowchart di bawah ini adalah prosedur atau langkah dari tahapan penelitian:



Gambar 1. Flowchart Prosedur atau Langkah Penelitian

Pada analisis hubungan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk *fashion* (Studi Kasus di *Aprilia Handmade*). Alur dari penelitian yang mana penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Input data pada *software* SPSS window 20.0

2. Uji validitas dan uji reliabilitas

Data penelitian dikumpulkan menggunakan kuisisioner, yang menanyakan tentang produk *fashion* di *Aprilia Handmade* sejumlah 100 responden penelitian. apakah valid atau tidak valid dan apakah reliabilitas atau tidak reliabilitas.

a. Uji Validitas

Salah satu rumus yang umum digunakan untuk menghitung validitas adalah "Koefisien Korelasi Produk-Moment" atau *Pearson's correlation coefficient*. Rumusnya adalah [11].

$$r_{XY} = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2][N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

Keterangan :

$r_{XY}$  = Korelasi product moment

$N$  = Banyaknya item

$X$  = Nilai dari variabel

$Y$  = Nilai dari total variabel

Angka koefisien korelasi ( $r_{XY}$ ) digunakan dalam tes ini untuk mengetahui bagaimana hubungan skor pernyataan pada setiap item. Item tersebut dapat dikatakan valid jika koefisien korelasi ( $r_{XY}$ ) yang diperoleh lebih besar dari  $r_{tabel}$ . Apabila pernyataan-pernyataan dalam kuesioner mampu mengungkapkan hal-hal yang akan diukur oleh kuesioner tersebut, maka kuesioner tersebut dikatakan valid [11].

b. Uji Reliabilitas

Reliabilitas merujuk pada sejauh mana suatu instrumen atau alat pengukuran konsisten dan stabil dalam memberikan hasil yang sama jika diulang pada waktu yang berbeda atau diaplikasikan pada sampel yang berbeda. Dengan kata lain, reliabilitas mengukur sejauh mana instrumen pengukuran dapat diandalkan untuk menghasilkan hasil yang serupa ketika digunakan berkali-kali. Koefisien Alpha Cronbach biasanya digunakan untuk mengukur ketergantungan dalam penelitian yang menggunakan skala rentang, seperti Skala Likert [12]. Rumusnya adalah :

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_r^2} \right) \quad (3)$$

Keterangan :

$r_{11}$  = reliabilitas

$k$  = banyaknya butir pertanyaan

$\sum \sigma^2$  = jumlah varians butir

$\sigma^2$  = varians total

Jika nilai alpha yang digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas instrumen pengukuran lebih besar dari 0,7, maka penelitian dianggap reliabel [12].

3. Chi Square

Uji Chi-Square akan membantu untuk menilai apakah ada hubungan antara jenis produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian, serta sejauh mana hubungan tersebut dapat diandalkan secara statistik [13].

Kriteria keputusan pengujian adalah :

Ho diterima bila  $= X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ tabel}$

Ho ditolak bila  $= X^2 \text{ hitung} > X^2 \text{ tabel}$

4. Koefisien Kontingensi

Koefisien Kontingensi bisa digunakan untuk mengukur hubungan antara variabel-variabel kategorikal seperti produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian dalam tabel kontingensi. Jika Koefisien Kontingensi cukup Kuat dapat menyimpulkan bahwa hubungan yang signifikan antara jenis produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian berdasarkan bukti statistik. Adapun rumus umum koefisien kontingensi adalah [14].

$$KK = \frac{\sqrt{X^2}}{X^2 + n} \quad (4)$$

Keterangan :

KK = Koefisien Kontingensi

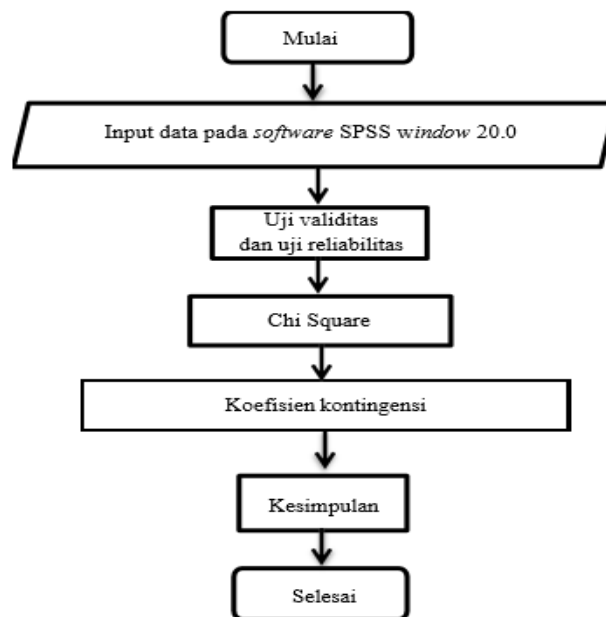
$X^2$  = Chi Square

$n$  = Jumlah Sampel

5. Menganalisis semua data yang sudah dihitung, baik menghitung manual untuk chi square dan bantuan *software* SPSS window 20.0.

6. Kesimpulan.

Gambar dibawah ini adalah *flowchart* atau alur yang digunakan pada analisis koefisien kontingensi hubungan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk *fashion* (Studi Kasus di *Aprilia Handmade*) yaitu:



Gambar 2. Alur Produk *Fashion* di *Aprilia Handmade* Sumenep

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian diperoleh untuk mengetahui hubungan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk fashion. Pelanggan Aprilia Handmade atau pembeli online sebagai subjek penelitian. kemudian dijadikan alat untuk metode pengumpulan data di Aprilia Handmade Sampel. Untuk mengidentifikasi karakteristik konsumen, data dikumpulkan melalui penggunaan kuesioner yang diberikan kepada 100 konsumen Aprilia Handmade di Sumenep. Penelitian ini memberikan masukan kepada Aprilia Handmade berdasarkan informasi yang diperoleh dari konsumen yang telah mengunjungi atau melakukan pembelian, dengan harapan Aprilia Handmade mampu untuk menyusun strategi yang sesuai dengan karakteristik konsumen. Karakteristik konsumen merupakan proses pendeskripsian konsumen berdasarkan beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, pendidikan, dan pendapatan/uang saku. Untuk mengumpulkan data penelitian ini, kuesioner diberikan kepada 100 konsumen.

**Tabel 1.** Penyebaran Kuesioner

Keterangan	Jumlah
Kuesioner yang disebar	100
Kuesioner yang kembali	100
Kuesioner rusak/tidak lengkap	-
Jumlah Responden	100

Untuk penelitian ini, total 100 orang telah dipilih untuk dijadikan sampel. Oleh karena itu, 100 kuesioner dibagikan dan 100 kuesioner dikembalikan, dan tidak ada satupun yang rusak atau hilang dalam hasil pendistribusian. Akibatnya, penelitian ini dianggap 100 individu sebagai konsumen/responden. Data yang diperoleh digunakan sebagai data hasil penelitian dan langkah selanjutnya adalah untuk menganalisis data tersebut, peneliti menggunakan bantuan SPSS window 20.0.

#### 3.1. Karakteristik Konsumen

##### 1. Jenis Kelamin

Karakteristik konsumen berdasarkan jenis kelamin pada studi ini hanya mensurvei konsumen yang pernah berkunjung atau membeli dari berbagai jenis kelamin, yaitu :

**Tabel 2 .** Karakteristik Konsumen Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah Responden	Persentase
Laki-laki	48	47,1%
Perempuan	52	52,9%
jumlah	100	100%

Pada tabel 2. Data diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh konsumen menunjukkan bahwa konsumen yang berjenis kelamin laki-laki berjumlah 48 orang atau sebesar 47,1% dan berjenis kelamin Perempuan 52 orang atau 52,9%. Jadi dapat disimpulkan bahwa mayoritas konsumen adalah perempuan.

## 2. Usia

Karakteristik konsumen yang menggambarkan atribut konsumen terkait usia yaitu sebagai berikut.

**Tabel 3.** Karakteristik Konsumen berdasarkan Usia

Jenis Kelamin	Umur	Jumlah Responden	Persentase
Remaja	15-20	32	33,3%
Dewasa	21-40	51	50%
Orang tua	>40	17	16,7%
jumlah		100	100%

Dari tabel 3. dapat diperoleh informasi bahwa konsumen yang berusia antara 21 sampai 40 tahun merupakan yang paling banyak menjadi konsumen yaitu berjumlah 51 orang atau 50 %, Sedangkan konsumen yang berusia 15 sampai 20 tahun yaitu 32 orang atau 33,3% dan yang paling sedikit yaitu konsumen yang berusia >40 tahun yaitu berjumlah 17 orang atau 16,7%.

## 3. Pendidikan

Berikut adalah daftar karakteristik konsumen berdasarkan tingkat pendidikan yang dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Karakteristik konsumen berdasarkan Pendidikan

Pendidikan	Jumlah Responden	Persentase
SMP/Mts	21	20,6%
SMA/MA	52	52,9%
Perguruan Tinggi	27	26,5%
jumlah	100	100%

Tabel 4. menunjukkan bahwa 52 konsumen atau 52,9% dari total konsumen berpendidikan SMA/MA, sehingga mayoritas konsumen berpendidikan SMA/MA. Sebaliknya, jumlah konsumen berpendidikan SMP/Mts sebanyak 21 konsumen atau sekitar 20,6%, paling rendah di antara kelompok pendidikan lainnya, sedangkan 27 konsumen atau sekitar 26,5% berpendidikan tinggi.

## 4. Penghasilan/uang saku

Informasi karakteristik konsumen berdasarkan pendapatan dan uang saku dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

**Tabel 5.** Karakteristik responden berdasarkan Penghasilan/ uang saku

Penghasilan/uang saku	Jumlah responden	persentase
< Rp. 500.000	40	39,2%
Rp. 500.000 – 1.000.000	26	26,5%
Rp. 1.000.000 – 1.500.000	18	18,6%
Rp. 2.000.000	16	15,7%

Dalam penelitian ini sebagian besar konsumen memiliki gaji di bawah Rp. 500.000. Kelompok ini berjumlah 40 orang atau 39,2% dari seluruh konsumen, sehingga konsumen yang berpenghasilan rendah mendominasi. Sementara itu, sekitar 26,5 persen konsumen atau 26 orang berpenghasilan antara Rp. 500.000 sampai Rp. 1.000.000. Selain itu, sekitar 18,6% konsumen atau 18 orang memiliki penghasilan di kisaran Rp. 1.000.000 sampai Rp. 1.500.000. Dilanjutkan persentase responden

yang berpenghasilan Rp.2.000.000 sebanyak 16 orang, atau sekitar 15,7% dari seluruh konsumen.

### 3.2. Analisis Validitas dan Reliabilitas

Berdasarkan hasil pengujian validitas, diperoleh hasil sebagai berikut.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Uji Validitas

Variabel	No.Item	r hitung	r tabel	Kesimpulan
<b>Produk</b>	1	0,417	0,1654	Valid
	2	0,550	0,1654	Valid
	3	0,490	0,1654	Valid
	4	0,430	0,1654	Valid
	5	0,426	0,1654	Valid
	6	0,344	0,1654	Valid
	7	0,484	0,1654	Valid
	8	0,384	0,1654	Valid
<b>Promosi</b>	9	0,489	0,1654	Valid
	10	0,475	0,1654	Valid
	11	0,415	0,1654	Valid
	12	0,504	0,1654	Valid
	13	0,498	0,1654	Valid
	14	0,409	0,1654	Valid
	15	0,475	0,1654	Valid
	16	0,466	0,1654	Valid
<b>Harga</b>	17	0,464	0,1654	Valid
	18	0,573	0,1654	Valid
	19	0,384	0,1654	Valid
	20	0,464	0,1654	Valid
	21	0,573	0,1654	Valid
	22	0,384	0,1654	Valid
	23	0,451	0,1654	Valid
	24	0,354	0,1654	Valid
<b>Keputusan Pembelian</b>	25	0,467	0,1654	Valid
	26	0,240	0,1654	Valid
	27	0,487	0,1654	Valid
	28	0,325	0,1654	Valid
	29	0,303	0,1654	Valid
	30	0,394	0,1654	Valid
	31	0,277	0,1654	Valid
	32	0,410	0,1654	Valid

Semua pernyataan yang digunakan untuk mengevaluasi validitas kuesioner memiliki koefisien No yang signifikan, seperti yang ditunjukkan pada tabel di atas. butir 0,05 yang menunjukkan bahwa setiap butir pernyataan kuesioner adalah valid. Berikut nilai koefisien reliabilitas yang dihasilkan dengan menghitung reliabilitas instrumen pada penelitian ini.

**Tabel 7.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Uji Reliabilitas

Variabel	Nilai Cronbach's Alpha	Nilai Acuan	Kesimpulan
Produk	0,885	0,7	Reliabilitas
Promosi	0,886	0,7	Reliabilitas
Harga	0,886	0,7	Reliabilitas
Keputusan Pembelian	0,887	0,7	Reliabilitas

Nilai *Cronbach's Alpha* pada tabel sebelumnya menunjukkan bahwa setiap variabel memiliki nilai lebih besar dari 0,7. Hal ini menunjukkan reliabilitas alat ukur penelitian. Karena menunjukkan hubungan yang konsisten dengan referensi yang diajukan, tanggapan yang diberikan konsumen sehubungan dengan pernyataan yang menjadi subjek penelitian ini dapat dipercaya atau diandalkan.

### 3.3. Analisis Chi Square

Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini :

Ho: Tidak ada hubungan yang signifikan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk fashion (Studi Kasus di *Aprilia Handmade* Sumenep).

Ha: Ada hubungan yang signifikan antara karakteristik konsumen dengan sikap konsumen pada produk fashion (Studi Kasus di *Aprilia Handmade* Sumenep).

Kriteria keputusan pengujian adalah :

Ho diterima bila =  $X^2$  hitung <  $X^2$  tabel

Ho ditolak bila =  $X^2$  hitung >  $X^2$  tabel

Dari perhitungan menggunakan bantuan SPSS 20.0. diperoleh hasil dari output *Chi Square* sebagai berikut:

1. Perhitungan Chi Square sikap konsumen pada produk fashion untuk rekapitulasi kepuasan pelanggan tentang produk dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini.

**Tabel 8.** Chi-Square Test(Produk)

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,415 <sup>a</sup>	2	0,299
Likelihood Ratio	2,453	2	0,293
Linear-by-Linear Association	2,383	1	0,123
N of Valid Cases	100		

Hasil perhitungan kuantitatif dengan menggunakan *Chi Square*  $X^2$  yaitu sebesar 2,415 dan 0,1026 untuk tabel  $X^2$  dengan derajat kebebasan 2. Karena  $X^2$  hitung lebih besar dari  $X^2$  tabel menunjukkan bahwa Ha diterima dan Ho ditolak, sehingga dapat disimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara produk fashion dengan sikap konsumen.

2. Perhitungan *Chi Square* sikap konsumen pada produk fashion untuk

rekapitulasi kepuasan pelanggan tentang promosi dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

**Tabel 9.** Chi-Square Test(Promosi)

	Value	df	Asymp. Sig. (2- sided)
Pearson Chi-Square	<b>4,589<sup>a</sup></b>	2	0,101
Likelihood Ratio	5,899	2	0,052
Linear-by-Linear Association	4,105	1	0,043
N of Valid Cases	100		

Perhitungan kuantitatif uji *Chi-Square* menghasilkan nilai  $X^2$  sebesar 4,589 untuk dua derajat kebebasan ( $X^2$ ). Nilai ini dan nilai pada tabel  $X^2$  yaitu 0,1026 dapat dibandingkan dengan menggunakan derajat kebebasan yang sama. Karena nilai  $X^2$  (4,589) lebih besar dari nilai  $X^2$  tabel (0,026), maka hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima, dan hipotesis nol ( $H_o$ ) ditolak. Ini menunjukkan bahwa promosi fashion memiliki hubungan yang signifikan dengan sikap konsumen.

- Perhitungan *Chi Square* sikap konsumen pada produk fashion untuk Rekapitulasi Kepuasan Pelanggan Tentang Harga dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

**Tabel 10.** Chi-Square Test(Harga)

	Value	df	Asymp. Sig. (2- sided)
Pearson Chi-Square	<b>0,671<sup>a</sup></b>	2	0,715
Likelihood Ratio	0,683	2	0,711
Linear-by-Linear Association	0,004	1	0,950
N of Valid Cases	100		

Perhitungan kuantitatif yang dilakukan dengan metode *Chi Square*  $X^2$  menghasilkan 0,671. Tabel  $X^2$  dengan dua derajat kebebasan menghasilkan 0,1026. Karena  $X^2$  hitung lebih besar dari  $X^2$  tabel menunjukkan bahwa  $H_a$  diterima dan  $H_o$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara harga dengan sikap konsumen.

- Perhitungan *Chi Square* sikap konsumen pada produk fashion untuk Rekapitulasi Kepuasan Pelanggan Tentang keputusan pembelian dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

**Tabel 11.** Chi-Square Tests(Keputusan Pembelian)

	Value	df	Asymp. Sig. (2- sided)
Pearson Chi-Square	<b>1,523</b>	2	,467
Likelihood Ratio	1,562	2	,458
Linear-by-Linear Association	,093	1	,760
N of Valid Cases	100		



Perhitungan kuantitatif yang dilakukan dengan metode *Chi Square  $X^2$*  menghasilkan 1,523. Tabel  $X^2$  dengan dua derajat kebebasan menghasilkan 0,1026. Karena  $X^2$  hitung lebih besar dari  $X^2$  tabel menunjukkan bahwa  $H_a$  diterima dan  $H_o$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara keputusan pembelian dengan sikap konsumen.

### 3.4. Analisis Koefisien Kontingensi

Metode ini membantu dalam memahami sejauh mana hubungan antara faktor-faktor tersebut dalam mempengaruhi sikap konsumen. Peneliti dapat lebih memahami faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pembelian konsumen dengan memanfaatkan koefisien kontingensi, yang memungkinkan mereka untuk menilai tingkat hubungan antara variabel-variabel tersebut. Berikut interpretasi nilai koefisien kontingensi yang dapat dilihat pada tabel 12 di bawah ini:

**Tabel 12.** Interpretasi Nilai Koefisien Kontingensi

Nilai Koefisien Kontingensi	Interpretasi
Antara 0.800 sampai 1.00	Sangat kuat
Antara 0.600 sampai 0.800	Kuat
Antara 0.400 sampai 0.600	Cukup kuat
Antara 0.200 sampai 0.400	Lemah
Antara 0.000 sampai 0.200	Sangat Lemah

Dengan menggunakan SPSS 20. dapat diperoleh nilai koefisien kontingensi seperti pada tabel 13 berikut.

**Tabel 13.** Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Kontingensi

Keterangan	Nilai Koefisien Kontingensi	Intepretasi
Hubungan Antara Produk dengan sikap konsumen	0,465	Cukup Kuat
Hubungan Antara Promosi dengan sikap konsumen	0,572	Cukup Kuat
Hubungan Antara Harga dengan sikap konsumen	0,238	Lemah
Hubungan Antara Keputusan Pembelian dengan sikap konsumen	0,485	Cukup Kuat

Dari perhitungan dengan nilai koefisien kontingensi 0,465 dapat dipahami bahwa ada hubungan yang cukup kuat antara produk fashion dengan sikap konsumen. Selain itu, terdapat hubungan yang cukup kuat antara promosi dengan sikap konsumen dengan nilai koefisien kontingensi sebesar 0,572. Untuk koefisien kontingensi senilai 0,238 menunjukkan hubungan yang lemah antara Harga dengan sikap konsumen. Dan selanjutnya dengan koefisien kontingensi sebesar 0,485, terdapat hubungan yang cukup kuat antara keputusan pembelian dengan sikap konsumen terhadap produk fashion. Dari penilaian koefisien kontingensi ini, dapat dipahami bahwa sebagian besar ada hubungan yang cukup kuat antara karakteristik konsumen dengan sikap/perspektif konsumen terhadap barang-barang *fashion*.

#### 4. Kesimpulan

Dari analisis diperoleh bahwa hasil kuantitatif dengan menggunakan analisis Chi Square  $X^2$  yaitu: Produk dengan nilai  $X^2 = 415$ , Promosi dengan nilai  $X^2 = 4,589$ , Harga dengan nilai  $X^2 = 0,671$ , dan Keputusan pembelian dengan nilai  $X^2 = 1,523$ . Hasil penelitian menunjukkan Semua nilai  $X^2$  hitung lebih besar dari nilai  $X^2$  tabel = 0,1026 sehingga dapat disimpulkan bahwa antara produk, promosi, harga, dan keputusan pembelian memiliki hubungan signifikan dengan sikap konsumen pada produk fashion. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil interpretasi koefisien kontingensi yang cukup kuat atau cukup baik.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] S. Acal, *Perilaku Dalam Digital Era*, Bandung: Widina Bhakti Persada, 2020.
- [2] A. Buchari, *Manajemen Pemasaran dan Pemasaran Jasa*, Bandung: Alfabeta, 2011.
- [3] F. Engel, *Perilaku Konsumen*, Jakarta: Bina pura Aksara, 1997.
- [4] N. Mohprasit, "That Affect Consumers' Decision to buy products from Shopee in Muang district," *Journal of International Studiesprince of Songkla University*, pp. 264-265, 2023.
- [5] N. J. Putri, *Teori Perilaku Konsumen*, Pekalongan Jawa Tengah, 2021.
- [6] . Rahayu and . Arifin, "Pengaruh kredibilitas sumber, daya tarik sumber, kesesuaian produk, dan transfer makna terhadap niat beli yang dimediasi sikap konsumen pada industri produk fashion di indonesia," *Manajemen iBuss*, p. 8, 2020.
- [7] S. Qazafi, "Factor Affecting Consumer Buying Behavior: A Conceptual Study," *International Journal For Scientific Research & Development (IJSRD)*, pp. 1205-1206, 2020.
- [8] B. Z. Yaozhong and P. Zhou, "Consumer Attitude towards Sustainability of Fast Fashion Product in the UK.," *Journal license MDPI*, vol. 13, pp. 8-9, 2021.
- [9] A. Mukhid, *Metodologi Penelitian Pendekatan Kuantitatif*, Surabaya: Pena Salsabila, 2013.
- [10] P. Sidik and S. Denok, *Metode Penelitian Kuantitatif*, Tangerang: Pascal Books, 2021.
- [11] . Supriyadi, *Bahan ajar Teori dan Dasar Statistika dan lanjut*, Bali: Universitas Udayana, 2020.
- [12] . Nuryadi and D. A. Tutut, *Dasar-dasar Statistik Penelitian*, 1 ed., Yogyakarta: SIBUKU MEDIA, 2017.
- [13] . Sudjana, *Metode Statistika*, Bandung: CV.Tarsito, 2001.
- [14] . Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung: ALFABETA, 2010.

# Application of MacWilliams' Theorem for Complete Weight Enumerators on Galois Fields ( $GF(q)$ )

Imamatul Mukarramah<sup>1</sup>, Nur Hamid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nurul Jadid University, ima19052003@gmail.com

<sup>2</sup>Nurul Jadid University, nurhamid@unuja.ac.id

**Abstract.** This paper implements the extended MacWilliams theorem for linear codes, revisiting the MacWilliams theorem for the Complete Weight Enumerator (CWE) of  $GF(q)$  codes with  $q = 3, 4, 5$ , and  $7$ . Linear codes are a mathematical concept that can be described through the distribution of weights in each codeword. CWE serves to provide a complete representation of the symbols in each codeword. This article discusses how the MacWilliams theorem can be efficiently used to calculate the CWE of codes and optimize the design of error-correcting codes. The results of this research include the calculation of CWE for  $GF(3)$ ,  $GF(4)$ ,  $GF(5)$ , and  $GF(7)$ . This study contributes theoretically to the understanding of linear code structures while opening up opportunities for the development of more efficient error-correcting code algorithms in modern communication systems.

**Keywords:** MacWilliams theorem, Complete Weight Enumerator (CWE), Galois Field ( $GF(q)$ )

**Abstrak.** Pada artikel ini diimplementasikan teorema MacWilliams yang diperluas untuk kode linier, disajikan kembali teorema MacWilliams untuk Complete Weight Enumerator (CWE) dari kode  $GF(q)$  untuk  $q = 3, 4, 5$ , dan  $7$ . Kode linier adalah suatu konsep matematika yang dapat dijelaskan melalui distribusi bobot dari setiap kata dalam kode tersebut. CWE berfungsi untuk memberikan gambaran lengkap tentang simbol dalam setiap kata kode. Artikel ini, membahas bagaimana teorema MacWilliams dapat digunakan secara efisien untuk menghitung CWE kode dalam  $GF(q)$  dan mengoptimalkan desain kode koreksi kesalahan. Hasil penelitian mencakup perhitungan CWE pada  $GF(3)$ ,  $GF(4)$ ,  $GF(5)$ , dan  $GF(7)$ . Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dalam memahami struktur kode linier sekaligus membuka peluang untuk pengembangan algoritma kode koreksi kesalahan yang lebih efisien dalam sistem komunikasi moderen.

**Kata Kunci:** teorema MacWilliams, Complete Weight Enumerator (CWE), Galois Field ( $GF(q)$ )

## 1. Introduction

Complete Weight Enumerator (CWE) is a concept that is often the focus of research in *coding* theory. CWE includes not only the weight enumerator but also the frequency of symbol occurrence in the codeword, this advantage makes CWE a more effective analytical tool for understanding linear code structures. The development in CWE research is marked by the work of Shudi Yang, Xiangli Kong, and Xueying Shi (2021)[4] who developed CWE for linear codes over finite fields, their research focuses on the construction of secret sharing schemes by utilizing exponential representations to show the relationship between weight enumerators and CWE of linear codes  $C_{D_c}$  with the defining set  $D_c$ . The

contribution of this research not only deepens the theoretical understanding of the structure of linear codes, but also opens up practical applications in the field of information security, particularly in the design of secret sharing schemes.

Further assessment of CWE applications was conducted in a previous study that examined the application of CWE to *two-weight codes*. The study showed that CWE can be effectively combined in the development of authentication codes and secret sharing schemes with more efficient access structures. The advantage of CWE lies in its ability to provide more detailed structural information than *weight enumerators*, thus enabling more accurate fraud probability calculations on authentication codes and improved *soft decision decoding* performance [3].

Another contribution made by Xiangli Kong and Shudi Yang (2019) [2] introduced a new approach to compute CWE of linear codes with two or three weights. Their approach not only enriches the theoretical foundation of coding, but also has a direct impact on improving access structure and security in various cryptographic systems. A series of related studies [1] [5] [6] [7] [8] [9] have examined the use and development of CWE in various aspects of coding theory and modern cryptographic applications.

One interesting aspect of CWE is the MacWilliams identity, which involves the code and its dual code, especially in the context of weight enumerators [10]. This identity is crucial in understanding the relationship between the original code and the dual code, as well as in applications related to error detection and correction. In this study, we apply MacWilliams' theorem to compute CWE on  $GF(q)$  ranging from  $GF(3)$  to  $GF(7)$  by integrating the character values ( $\chi$ ) of the studied codes. This research is expected to make significant theoretical contributions and practical benefits in the development of modern coding theory.

## 2. Theory Review

In this section, we will discuss the basic concepts used in this study. The main focus of this study is the discussion of  $GF(q)$ , characters ( $\chi$ ), MacWilliams theorem and the application of MacWilliams theorem to CWE. An understanding of these concepts is essential to obtain the results in this study.

### 2.1 Galois Field ( $GF(q)$ )

**Definition 2.1** A field is a set of elements on which the operations of addition, subtraction, multiplication, and division (except division by 0 which is undefined) can be performed. Addition and multiplication must satisfy the commutative, associative, and distributive properties for each element  $\alpha, \beta, \gamma$  in the field [10].

Finite fields have a finite number of elements, the number of elements is called the order of the field. This field is known as a Galois field, named after its inventor [10].  $\text{Field}(F) = GF(q) = GF(p^m)$ , where  $p$  is a prime number. The elements of  $GF(q)$  are denoted by  $\omega_0 = 0, \omega_1, \dots, \omega_{q-1}$  in a fixed order.

## 2.2 Character $GF(q)$

Each element  $\beta$  of  $GF(q)$  can be written in the form [10] :

$$\beta = \beta_0 + \beta_1\alpha + \beta_2\alpha^2 + \dots + \beta_{m-1}\alpha^{m-1}$$

Or equivalently as  $m$  - tuple:

$$\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{m-1})$$

Where  $\alpha$  is a primitive element of  $GF(q)$  and  $0 \leq \beta \leq p-1$

Suppose  $L$  is the square root  $p$  of the complex number  $e^{2\pi i}$ . It is the square root of  $p^{\text{th}}$  unit, which is  $\xi^p = e^{2\pi i} = 1$ , while  $\xi^l \neq 1$  for  $0 < l < p$ .

**Definition 2.2** For every  $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_{m-1}) \in GF(q)$ , define  $\chi\beta$  as the complex-valued mapping defined on  $GF(q)$  [10]:

$$\chi\beta(\gamma) = \xi^{\beta_0\gamma_0 + \beta_1\gamma_1 + \dots + \beta_{m-1}\gamma_{m-1}} \dots\dots\dots(1)$$

For  $\gamma = (\gamma_0, \dots, \gamma_{m-1}) \in GF(q)$ ,  $\chi\beta$  is referred to as a character from  $GF(q)$ .

## 2.3 Linear Code

**Definition 2.3** Suppose  $\mathbb{F}_q^n$  denotes a vector space consisting of all consecutive sets  $n$  of elements coming from a finite field  $\mathbb{F}_q$ . A code  $C[n, k]$  over  $\mathbb{F}_q$  is defined as a subset of  $\mathbb{F}_q^n$  that has dimension  $k$  [10].

**Example 2.3** A code  $C[4, 2]$  over  $\mathbb{F}_2$  is a subset of  $\mathbb{F}_2^n$  with dimension 2

$$\mathbb{F} = \{0, 1\}$$

$$n = 4$$

$$\mathbb{F}_2^4 = \{(0000), (0001), (0010), \dots, (1111)\}$$

$$\text{Then } C = \{(0000), (1011), (0101), (1110)\}$$

## 2.4 Weight Enumerator

A weight enumerator is a polynomial used in code theory to represent the distribution of weights. The weight enumerator provides information about the number of codes with a certain weight in the code [10].

**Definition 2.4**  $A_i$  denotes the number of codes with weight  $i$  in code  $C$ .

Define a polynomial :

$$\sum_{i=0}^n A_i x^{n-i} y^i \dots\dots\dots(2)$$

Is the weight enumerator of the code  $C$  and is denoted by  $W_C(x, y)$ .

## 2.5 MacWilliams Theorem

Theorem 2.5 If  $C$  is a linear binary  $[n, k]$  code with dual code  $C^\perp$  then,

$$W_{C^\perp} = \frac{1}{|C|} W_C(x+y, x-y) \dots\dots\dots(3)$$

where,  $|C| = 2^k$  is the number of codes  $C$  [10].

The equation is equivalent to :

$$\sum_{k=0}^n A_k x^{n-k} y^k = \frac{1}{|C|} \sum_{i=0}^n A_i (x+y)^{n-i} (x-y)^i \dots\dots\dots (4)$$

Or

$$\sum_{u \in C^\perp} x^{n-wt(u)} y^{wt(u)} = \frac{1}{|C|} \sum_{u \in C} (x+y)^{n-wt(u)} (x-y)^{wt(u)} \dots\dots\dots (5)$$

## 2.4 MacWilliams Theorem for Complete Weight Enumerator

If  $C$  is a linear code  $[n, k]$  over  $GF(q)$  with complete weight enumerator  $W_c$ , the complete weight enumerator for the dual code  $C^\perp$  is [10] :

$$W_{c^\perp}(z_0, \dots, z_r, \dots, z_{q-1}) = \frac{1}{|C|} W_c \left( \sum_{i=0}^{q-1} \chi_1(\omega_0 \omega_i) z_s, \dots, \sum_{i=0}^{q-1} \chi_1(\omega_1 \omega_i) z_s, \dots \right) \dots\dots\dots (6)$$

## 3. Results and Discussion

In this section, we will present the results obtained from applying MacWilliams' theorem to CWE for  $GF(q)$ , from  $GF(3)$  to  $GF(7)$ . Here are the results obtained:

### 3.1 Results for $GF(3)$

Character value of  $GF(3)$

$$GF(3) = \{0, 1, 2\}$$

$$\xi = \omega = e^{2\pi i/3}$$

$$\omega^3 = 1$$

Character values obtained from  $GF(3)$ :

$$\begin{aligned} \chi_0(0) &= 1, & \chi_1(0) &= 1, & \chi_2(0) &= 1, \\ \chi_0(1) &= 1, & \chi_1(1) &= \omega, & \chi_2(1) &= \omega^2, \\ \chi_0(2) &= 1, & \chi_1(2) &= \omega^2, & \chi_2(2) &= \omega. \end{aligned}$$

According to the application of MacWilliams theorem for CWE and with the results of  $(\chi)$  characters from  $GF(3)$ , the CWE equation is obtained:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2) = \frac{1}{|C|} W_c \left( \sum_{s=0}^2 \chi_1(\omega_0 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^2 \chi_1(\omega_1 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^2 \chi_1(\omega_2 \omega_s) z_s \right)$$

where,  $\omega = e^{2\pi i/3}$  and  $W_{c^\perp}$  are obtained by applying linear transformation

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \omega & \omega^2 \\ 1 & \omega^2 & \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \end{bmatrix}$$

So that results in 3 – tuple  $(z_0, z_1, z_2) = (1, 1, 1), (1, \omega, \omega^2), (1, \omega^2, \omega)$ .

From  $GF(3)$  obtained  $\omega_0 = 1, \omega_1 = 1, \omega_2 = 2$ , after the calculation of the application of the CWE equation  $GF(3)$  and the calculation value of the character  $(\chi_1)$ , then the equation CWE dual from  $GF(3)$  obtained the result:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2) = \frac{1}{|C|} W_c(z_0 + z_1 + z_2, z_0 + \omega z_1 + \omega^2 z_2, z_0 + \omega^2 z_1 + \omega z_2)$$

### 3.2 Results for $GF(4)$

Character value of  $GF(4)$

$$\begin{aligned} GF(4) &= \{0, 1, a, a + 1\} \\ \xi = \omega &= e^{2\pi i/2} \\ \omega &= e^{2\pi i} \\ &= \cos\pi + i\sin\pi \\ &= -1 \end{aligned}$$

Obtained character values from  $GF(4)$  :

$$\begin{array}{llll} \chi_0(0) &= 1, & \chi_1(0) &= 1, & \chi_a(0) &= 1, & \chi_{a+1}(0) &= 1 \\ \chi_0(1) &= 1, & \chi_1(1) &= -1, & \chi_a(1) &= 1, & \chi_{a+1}(1) &= -1, \\ \chi_0(a) &= 1, & \chi_1(a) &= 1, & \chi_a(a) &= -1, & \chi_{a+1}(a) &= -1 \\ \chi_0(a+1) &= 1, & \chi_1(a+1) &= -1, & \chi_a(a+1) &= -1, & \chi_{a+1}(a+1) &= 1. \end{array}$$

According to the application of MacWilliams theorem for CWE and with the results of  $(\chi)$  characters from  $GF(4)$ , the CWE equation is obtained:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3) = \frac{1}{|C|} W_c \left( \sum_{s=0}^3 \chi_1(\omega_0 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^3 \chi_1(\omega_1 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^3 \chi_1(\omega_2 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^3 \chi_1(\omega_3 \omega_s) z_s \right)$$

where,  $\omega = e^{2\pi i}$  and  $W_{c^\perp}$  are obtained by applying linear transformation

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix}$$

This results in 4 – tuple  $(z_0, z_1, z_2, z_3)$ :  
 $(1, 1, 1, 1), (1, -1, 1, -1), (1, 1, -1, -1), (1, -1, -1, 1)$

From  $GF(4)$  obtained  $\omega_0 = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = a, \omega_3 = a + 1$ , after the calculation of the application of the CWE equation  $GF(4)$  and the character calculation value ( $\chi_1$ ), then the equation CWE dual from  $GF(4)$  obtained the result:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3) = \frac{1}{|C|} W_c \left( \begin{matrix} z_0 + z_1 + z_2 + z_3, z_0 - z_1 + z_2 - z_3, z_0 + z_1 - z_2 + z_3, \\ z_0 - z_1 + z_2 + z_3 \end{matrix} \right)$$

### 3.3 Results for $GF(5)$

Character value of  $GF(5)$

$$\begin{aligned} GF(5) &= \{0, 1, 2, 3, 4\} \\ \xi = \omega &= e^{2\pi i/5} \\ \omega^5 &= 1 \end{aligned}$$

Obtained character values from  $GF(5)$  :

$$\begin{array}{llllll} \chi_0(0) &= 1, & \chi_1(0) &= 1, & \chi_2(0) &= 1, & \chi_3(0) &= 1, & \chi_4(0) &= 1 \\ \chi_0(1) &= 1, & \chi_1(1) &= \omega, & \chi_2(1) &= \omega^2, & \chi_3(1) &= \omega^3, & \chi_4(1) &= \omega^4, \\ \chi_0(2) &= 1, & \chi_1(2) &= \omega^2, & \chi_2(2) &= \omega^4, & \chi_3(2) &= \omega, & \chi_4(2) &= \omega^3, \\ \chi_0(3) &= 1, & \chi_1(3) &= \omega^3, & \chi_2(3) &= \omega, & \chi_3(3) &= \omega^4, & \chi_4(3) &= \omega^2, \\ \chi_0(4) &= 1, & \chi_1(4) &= \omega^4, & \chi_2(4) &= \omega^3, & \chi_3(4) &= \omega^2, & \chi_4(4) &= \omega. \end{array}$$

According to the application of MacWilliams theorem for CWE and with the results of ( $\chi$ ) characters from  $GF(5)$ , the CWE equation is obtained:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4) = \frac{1}{|C|} W_c \left( \begin{matrix} \sum_{s=0}^4 \chi_1(\omega_0 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^4 \chi_1(\omega_1 \omega_s) z_s, \\ \sum_{s=0}^4 \chi_1(\omega_2 \omega_s) z_s, \\ \sum_{s=0}^4 \chi_1(\omega_3 \omega_s) z_s, \sum_{s=0}^4 \chi_1(\omega_4 \omega_s) z_s \end{matrix} \right)$$

where,  $\omega^5 = 1$  and  $W_{c^\perp}$  are obtained by applying linear transformation

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & \omega & \omega^2 & \omega^3 & \omega^4 \\ 1 & \omega^2 & \omega^4 & \omega & \omega^3 \\ 1 & \omega^3 & \omega & \omega^4 & \omega^2 \\ 1 & \omega^4 & \omega^3 & \omega^2 & \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix}$$

This result in 5 – tuple  $(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4)$  :  
 $(1, 1, 1, 1, 1), (1, \omega, \omega^2, \omega^3, \omega^4), (1, \omega^2, \omega^4, \omega, \omega^3),$



$$(1, \omega^3, \omega, \omega^4, \omega^2), (1, \omega^4, \omega^3, \omega^2, \omega)$$

From  $GF(5)$  obtained  $\omega_0 = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = 2, \omega_3 = 3, \omega_4 = 4$ , after doing the calculation of the application of the CWE equation  $GF(5)$  and the character calculation value ( $\chi_1$ ), then the equation CWE dual from  $GF(5)$  obtained the result:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4) = \frac{1}{|C|} W_c \begin{pmatrix} z_0 + z_1 + z_2 + z_3 + z_4, \\ z_0 + \omega z_1 + \omega^2 z_2 + \omega^3 z_3 + \omega^4 z_4, \\ z_0 + \omega^2 z_1 + \omega^4 z_2 + \omega z_3 + \omega^3 z_4, \\ z_0 + \omega^3 z_1 + \omega z_2 + \omega^4 z_3 + \omega^2 z_4, \\ z_0 + \omega^4 z_1 + \omega^3 z_2 + \omega^2 z_3 + \omega^4 z_4 \end{pmatrix}$$

### 3.4 Results for $GF(7)$

Character value of  $GF(7)$

$$\begin{aligned} GF(5) &= \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\} \\ \xi = \omega &= e^{2\pi i/7} \\ \omega^7 &= 1 \end{aligned}$$

Obtained character values from  $GF(7)$  :

$$\begin{array}{llll} \chi_0(0) = 1, & \chi_1(0) = 1, & \chi_2(0) = 1, & \chi_3(0) = 1, \\ \chi_4(0) = 1, & \chi_5(0) = 1, & \chi_6(0) = 1, & \\ \chi_0(1) = 1, & \chi_1(1) = \omega, & \chi_2(1) = \omega^2, & \chi_3(1) = \omega^3, \\ \chi_4(1) = \omega^4, & \chi_5(1) = \omega^5, & \chi_6(1) = \omega^6, & \\ \chi_0(2) = 1, & \chi_1(2) = \omega^2, & \chi_2(2) = \omega^4, & \chi_3(2) = \omega^6, \\ \chi_4(2) = \omega, & \chi_5(2) = \omega^3, & \chi_6(2) = \omega^5, & \\ \chi_0(3) = 1, & \chi_1(3) = \omega^3, & \chi_2(3) = \omega^6, & \chi_3(3) = \omega^2, \\ \chi_4(3) = \omega^5, & \chi_5(3) = \omega, & \chi_6(3) = \omega^4, & \\ \chi_0(4) = 1, & \chi_1(4) = \omega^4, & \chi_2(4) = \omega, & \chi_3(4) = \omega^5, \\ \chi_4(4) = \omega^2, & \chi_5(4) = \omega^6, & \chi_6(4) = \omega^3, & \\ \chi_0(5) = 1, & \chi_1(5) = \omega^5, & \chi_2(5) = \omega^3, & \chi_3(5) = \omega, \\ \chi_4(5) = \omega^6, & \chi_5(5) = \omega^4, & \chi_6(5) = \omega^2, & \\ \chi_0(6) = 1, & \chi_1(6) = \omega^6, & \chi_2(6) = \omega^5, & \chi_3(6) = \omega^4, \\ \chi_4(6) = \omega^3, & \chi_5(6) = \omega^2, & \chi_6(6) = \omega, & \end{array}$$

According to the application of MacWilliams theorem for CWE and with the results of ( $\chi$ ) characters from  $GF(7)$ , the CWE equation is obtained:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6) = \frac{1}{|C|} W_c \begin{pmatrix} \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_0 \omega_s) z_s, & \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_1 \omega_s) z_s, \\ & \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_2 \omega_s) z_s, \\ \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_3 \omega_s) z_s, & \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_4 \omega_s) z_s, \\ & \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_5 \omega_s) z_s, \\ \sum_{s=0}^6 \chi_1(\omega_6 \omega_s) z_s \end{pmatrix}$$

where,  $\omega^7 = 1$  and  $W_{c^\perp}$  are obtained by applying linear transformation

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & \omega & \omega^2 & \omega^3 & \omega^4 & \omega^5 & \omega^6 \\ 1 & \omega^2 & \omega^4 & \omega^6 & \omega & \omega^3 & \omega^5 \\ 1 & \omega^3 & \omega^6 & \omega^2 & \omega^5 & \omega & \omega^4 \\ 1 & \omega^4 & \omega & \omega^5 & \omega^2 & \omega^6 & \omega^3 \\ 1 & \omega^5 & \omega^3 & \omega & \omega^6 & \omega^4 & \omega^2 \\ 1 & \omega^6 & \omega^5 & \omega^4 & \omega^3 & \omega^2 & \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \end{bmatrix}$$

This results in 7 – tuple :  $(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6)$ :

$$(1, \omega, \omega^2, \omega^3, \omega^4, \omega^5, \omega^6), (1, \omega^2, \omega^4, \omega^6, \omega, \omega^3, \omega^5), (1, \omega^3, \omega^6, \omega^2, \omega^5, \omega, \omega^4), \\ (1, \omega^4, \omega, \omega^5, \omega^2, \omega^6, \omega^3), (1, \omega^5, \omega^3, \omega, \omega^6, \omega^4, \omega^2), (1, \omega^6, \omega^5, \omega^4, \omega^3, \omega^2, \omega)$$

From  $GF(7)$ , the value of  $\omega_0 = 0, \omega_1 = 1, \omega_2 = 2, \omega_3 = 3, \omega_4 = 4, \omega_5 = 5, \omega_6 = 6$  is obtained, after calculating the application of the CWE equation  $GF(5)$  and the value of the character calculation ( $\chi_1$ ), the dual CWE equation from  $GF(7)$  is obtained:

$$W_{c^\perp}(z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6) = \frac{1}{|C|} W_c(z_0 + z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6, \omega z_1 + \omega^2 z_2 \\ + \omega^3 z_3 + \omega^4 z_4 + \omega^5 z_5 + \omega^6 z_6, \omega^2 z_1 + \omega^4 z_2 \\ + \omega^6 z_3 + \omega z_4 + \omega^3 z_5 + \omega^5 z_6, \omega^3 z_1 + \omega^6 z_2 \\ + \omega^2 z_3 + \omega^5 z_4 + \omega z_5 + \omega^4 z_6, \omega^4 z_1 + \omega^2 z_2 \\ + \omega^5 z_3 + \omega^2 z_4 + \omega^6 z_5 + \omega^3 z_6, \omega^5 z_1 + \omega^3 z_2 \\ + \omega z_3 + \omega^6 z_4 + \omega^4 z_5 + \omega^2 z_6, \omega^6 z_1 + \omega^5 z_2 \\ + \omega^4 z_3 + \omega^3 z_4 + \omega^2 z_5 + \omega^1 z_6)$$

## 4. Conclusion

This research successfully applies MacWilliams' theorem to calculate the Complete Weight Enumerator (CWE) on Galois Field  $GF(q)$  from  $GF(3)$  to  $GF(7)$ . Through a systematic approach using the character  $\chi$  of the CWE equation from MacWilliams' theorem, this research succeeds in finding the dual CWE equation of  $GF(q)$ . The results show that each  $GF(q)$  generates a linear transformation matrix and produces a character value which is then applied in MacWilliams theorem to relate the original CWE code with its dual code.

## 5. References

- [1] D. Wang, X. Cao, and G. Luo, "A Class of Linear Codes and Their Complete Weight enumerators," *Advances in Mathematics of Communications*, vol. 15, no. 1, pp. 73-77, Feb. 2021, doi: 10.3934/amc.2020044.
- [2] X. Kong and S. Yang, "Complete Weight Enumerators of a Class of Linear Codes with Two or Three Weights", *Discrete Mathematics*, vol. 342, no. 11, pp. 3166-3175, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.disc.2019.06.025.
- [3] Y. Liu and Z. Liu, "Complete Weight Enumerators of a New Class of Linear Codes," *Discrete Mathematics*, vol. 341, no. 7, pp. 1959-1961, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.disc.2018.03.025.
- [4] S. Yang, X. Kong, and X. Shi, "Complete Weight Enumerators of a Class of Linear Codes over Finite Fields," *Advances in Mathematics of Communications*, vol. 15, no. 1, pp. 99-101, Feb. 2021, doi: 10.3934/amc.2020045.
- [5] G. Xu, X. Cao, S. Xu, and J. Ping, "Complete Weight Enumerators of a Class of Linear Codes with Two Weights," *Discrete Mathematics*, vol. 341, no. 2, pp. 525-529, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.disc.2017.09.021.
- [6] S. Yang, "Complete Weight Enumerators of a Class of Linear Codes from Weil Sums," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 194631-194637, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3034110.
- [7] D. Qiu, F. Ma, J. Gao, and J. Li, "Complete Weight Enumerator of Torsions and Their Applications," *Mathematics*, vol. 13, no. 7, pp. 1-3, Apr. 2025, doi: 10.3390/math13071165.
- [8] Q. Wang, F. Li, K. Ding, and D. Lin, "Complete Weight Enumerators of Two Classes of Linear Codes," *\*arXiv:1505.06326v1\**, pp. 1-14, 2015. Available: <https://arxiv.org/abs/1505.06326>.
- [9] Yang, S., Kong, X., & Tang, C. (2017). "A Construction Linear Codes and Their Complete Weight Enumerator". *arXiv:1701.02075v3 [cs.IT]*, pp. 1-5, April 7, 2017.
- [10] F.J. MacWilliams, N.J.A. Sloane, *The Theory of Error-Correcting Codes*, North-Holland Mathematical Library, vol. 16, 2nd ed., pp. 141-146, 1981, ISBN: 0 444 85009 0.

# Analisis Statistik Chi-Square Terhadap Efektivitas Suplemen Tablet Zat Besi dalam Meningkatkan Kadar Hemoglobin

Dian Mustofani<sup>1</sup>, Hariyani<sup>2</sup>, Rahmawati Erma Standsyah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, dian.mustofani@iik.ac.id,  
hariyani\_iik@yahoo.com

<sup>3</sup>Universitas Negeri Surabaya, rahmawatistandsyah@unesa.ac.id

**Abstract.** This study aims to evaluate the impact of consuming iron supplementation tablets (TTD) along with milk on hemoglobin levels among adolescent girls, using the Chi-Square statistical analysis approach. The subjects consisted of 58 respondents, divided into two groups: intervention (TTD + milk) and control (TTD only). Hemoglobin levels were measured before and after the intervention and categorized as "increased," "decreased," or "unchanged" for the purpose of Chi-Square analysis. The Chi-Square test was conducted both manually and using SPSS version 25. The manual calculation, based on the formula  $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$ , yielded a value of approximately  $\chi^2 \approx 35,7$  with 2 degrees of freedom. The SPSS analysis showed a Pearson Chi-Square value of 35.714 with a significance level of 0.000 ( $p < 0.05$ ), indicating a significant relationship between the type of intervention and the change in hemoglobin levels. These findings support the notion that consuming iron supplements together with milk may inhibit iron absorption, resulting in a decrease in hemoglobin levels. Thus, the Chi-Square analysis demonstrates the categorical effect of the intervention on hemoglobin status.

**Keywords:** Chi-Square Test, hemoglobin, iron supplementation tablets

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian tablet tambah darah yang dikonsumsi bersamaan dengan susu terhadap perubahan kadar hemoglobin pada remaja putri, dengan memanfaatkan uji Chi-Square sebagai metode analisis statistik data kategorik. Penelitian ini menerapkan desain kuasi-eksperimen dengan pendekatan pretest-posttest yang disertai kelompok kontrol. Subjek terdiri dari 58 responden, yang dibagi ke dalam dua kelompok: intervensi (TTD + susu) dan kontrol (TTD saja). Data hemoglobin diukur sebelum dan sesudah intervensi, kemudian dikategorikan menjadi “meningkat”, “menurun”, atau “tetap” untuk keperluan analisis Chi-Square. Uji Chi-Square dilakukan secara manual dan dengan perangkat lunak SPSS versi 25. Perhitungan manual menggunakan rumus  $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$ , menghasilkan nilai  $\chi^2 \approx 35,7$  dengan derajat kebebasan 2. Hasil analisis untuk nilai *Pearson Chi-Square* sebesar 35,714 dengan signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ), memperlihatkan ada hubungan signifikan antara jenis intervensi dan perubahan kadar hemoglobin. Hasil ini memperkuat temuan bahwa konsumsi TTD bersamaan dengan susu dapat menghambat penyerapan zat besi yang berakibat pada penurunan kadar hemoglobin. Dengan demikian, analisis Chi-Square membuktikan adanya pengaruh intervensi terhadap status hemoglobin secara kategorik.

**Kata kunci :** Uji Chi-Square, hemoglobin, tablet tambah darah

## **1 Pendahuluan**

Masalah anemia menempati posisi signifikan dalam ranah kesehatan publik, terutama di kalangan perempuan usia remaja. (WHO) menyebutkan lebih dari dua miliar orang di dunia mengalami anemia, dengan sebagian besar kasus disebabkan oleh defisiensi zat besi [1]. Di Indonesia, remaja putri menjadi kelompok risiko tinggi akibat kehilangan darah menstruasi rutin dan asupan nutrisi yang tidak seimbang [2].

Suplemen tablet tambah darah merupakan kombinasi zat besi dan asam folat, yang berfungsi untuk mencegah serta mengobati anemia, khususnya pada kelompok remaja perempuan. Namun, efektivitas TTD dalam meningkatkan kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh konsumsi zat lain seperti susu, yang mengandung kalsium sebagai inhibitor absorpsi besi [3] [4]. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi dampak pemberian TTD yang dikonsumsi bersamaan dengan susu terhadap status hemoglobin secara ilmiah dan statistik.

Dalam penelitian ini, analisis statistik tidak hanya dilakukan dengan uji parametrik (seperti t-test), tetapi juga menggunakan uji Chi-Square sebagai pendekatan non-parametrik untuk menganalisis hubungan antara dua variabel kategorik: jenis intervensi (TTD vs TTD + susu) dan perubahan status hemoglobin (naik, turun, tetap). Metode Chi-Square sering dimanfaatkan dalam pengujian hipotesis mengenai keterkaitan dua variabel dengan skala pengukuran nominal atau ordinal [5]. Analisis ini memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan data kategorik yang bersifat lebih praktis dalam konteks pelayanan kesehatan.

Secara teknis, analisis Chi-Square dilakukan dengan membandingkan frekuensi aktual hasil pengamatan dengan frekuensi yang diperkirakan, guna menilai adanya perbedaan yang bermakna secara statistik. Nilai  $p$  kurang dari 0,05 memperlihatkan ada keterkaitan antara dua variabel yang dianalisis [6]. Pendekatan ini sangat berguna dalam penelitian eksperimental yang menggunakan desain pretest-posttest dengan kelompok kontrol dan membutuhkan klasifikasi hasil dalam bentuk kategorik, seperti dalam penelitian ini.

Melalui pendekatan analitik ini, studi ini tidak hanya memberikan wawasan terhadap pengaruh konsumsi TTD + susu terhadap kadar hemoglobin, tetapi juga menyajikan pemahaman yang kuat tentang bagaimana analisis Chi-Square dapat digunakan secara efektif untuk mendukung temuan dalam bidang gizi dan kesehatan masyarakat.

## **2 Metode Penelitian**

Rancangan kuasi-eksperimental dengan skema pretest-posttest dan keberadaan kelompok kontrol digunakan dalam studi ini untuk menilai efektivitas perlakuan. Kelompok dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu kelompok yang diberikan Tablet Tambah Darah (TTD) bersamaan dengan susu, dan kelompok kontrol yaitu kelompok diberikan TTD dengan air putih.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswi remaja putri di Pondok Pesantren Nurul Azizah, Kabupaten Kediri. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Jumlah total sampel

adalah 58 responden, yang dibagi merata ke dalam dua kelompok ( $n = 29$  per kelompok).

Kriteria inklusi:

- Remaja putri usia 15–16 tahun
- Tidak memiliki penyakit penyerta
- Bersedia mengikuti intervensi selama 7 hari

Kriteria eksklusi:

- Mengalami efek samping berat (muntah) setelah konsumsi TTD
- Tidak menyelesaikan rangkaian intervensi

Variabel yang diteliti mencakup jenis intervensi yang diberikan (TTD saja atau TTD disertai susu) sebagai variabel independen, serta perubahan kadar hemoglobin yang dikategorikan sebagai meningkat, menurun, atau tetap sebagai variabel dependen.

Pengukuran kadar hemoglobin dilakukan sebelum (hari ke-0) dan sesudah intervensi (hari ke-7) menggunakan hemoglobinometer digital (Mission Hb meter). Hasil pengukuran dikonversi dari nilai numerik (g/dL) menjadi kategori meningkat, menurun, dan tetap, dimana klasifikasi ini menjadi dasar untuk analisis dengan uji Chi-Square.

Teknik analisis data digunakan uji Chi-Square dengan hitungan manual dan perangkat lunak menggunakan SPSS, guna mengetahui hubungan antara jenis intervensi dan perubahan kadar hemoglobin yang bersifat kategorik. Nilai  $p < 0,05$  dianggap signifikan. Analisis hitung manual :

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

di mana O = nilai observasi, dan E = nilai harapan.

Analisis SPSS dilakukan dengan langkah membuka menu *Analyze*, kemudian memilih *Descriptive Statistics* dan melanjutkan ke *Crosstabs*. Pada jendela *Crosstabs*, tab *Statistics* dipilih, dan opsi *Chi-Square* diaktifkan untuk menguji hubungan antar variabel. Setelah itu, analisis dijalankan dengan mengklik tombol OK. Hasil analisis dibandingkan antara metode manual dan SPSS untuk validasi silang.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Klasifikasi Data

Dari data hasil pretest dan posttest kadar hemoglobin, responden dikelompokkan berdasarkan perubahan kadar hemoglobin menjadi tiga kategori pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengkategorian Data

Kelompok	Meningkat	Menurun	Tetap	Total
Intervensi	2	26	1	29
Kontrol	25	3	1	29
Total	27	29	2	58

Keterangan:

- Intervensi : TTD + susu
- Kontrol : TTD + air putih

### 3.2 Perhitungan Chi-Square Manual

#### a. Frekuensi Harapan (Expected Frequency)

Rumus:

$$E = \frac{\text{Baris Total} \times \text{Kolom Total}}{\text{Grand Total}}$$

$$E = \frac{29 \times 27}{58} = 13.5$$

Semua *expected frequency*:

Kategori	Observed (O)	Expected (E)	(O-E) <sup>2</sup> /E
Intervensi – Meningkat	2	13.5	9.80
Intervensi – Menurun	26	14.5	9.10
Intervensi – Tetap	1	1.0	0.00
Kontrol – Meningkat	25	13.5	9.80
Kontrol – Menurun	3	14.5	9.10
Kontrol – Tetap	1	1.0	0.00
<b>Jumlah <math>\chi^2</math></b>			<b>37.80</b>

#### b. Nilai Chi-Square Manual:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} = 37.80$$

#### c. Derajat Kebebasan (df):

$$df = (r - 1)(c - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2$$

#### d. Nilai Kritis Tabel ( $\chi^2_{\text{tabel}}$ ) pada $\alpha = 0,05$ dan $df = 2$ :

$$\chi^2_{\text{tabel}} = 5.991$$

**Keputusan:** Karena  $\chi^2$  hitung (37.80) >  $\chi^2$  tabel (5.991), maka  $H_0$  ditolak → terdapat hubungan yang signifikan antara jenis intervensi dan perubahan kadar hemoglobin.

### 3.3 Hasil SPSS (*Crosstabs* – *Chi-Square*)

#### Langkah-langkah SPSS:

Input data dalam 2 kolom, yaitu:

Kelompok = Intervensi / Kontrol

Perubahan Hb = Meningkat / Menurun / Tetap

Menu: *Analyze* → *Descriptive Statistics* → *Crosstabs* → *Statistics* → *Chi-Square*

Output Utama SPSS terlihat dalam Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Output SPSS

Statistik	Nilai
Pearson Chi-Square	35.714
df	2
Asymp. Sig. (2-sided)	0.000

**Interpretasi** hasil output SPSS menunjukkan nilai  $p = 0,000$  yang lebih kecil dari tingkat signifikansi  $0,05$ . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kelompok intervensi dan perubahan kadar hemoglobin.

### 3. 4. Pembahasan

Hasil uji Chi-Square baik secara manual ( $\chi^2 = 37,80$ ) maupun melalui SPSS ( $\chi^2 = 35,714$ ,  $p = 0,000$ ) menunjukkan konsistensi yang sangat kuat bahwa ada hubungan bermakna antara jenis intervensi dan perubahan kadar hemoglobin. Penurunan hemoglobin dominan terjadi pada kelompok yang mengonsumsi TTD bersamaan dengan susu (90%), sedangkan peningkatan lebih banyak pada kelompok kontrol (87%).

Secara fisiologis, hasil ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa kalsium dalam susu dapat menghambat penyerapan zat besi di usus halus, sehingga menyebabkan kadar hemoglobin tidak meningkat, bahkan dapat menurun. Sementara kelompok kontrol yang hanya mengonsumsi TTD dengan air putih menunjukkan efektivitas yang lebih baik dalam menaikkan kadar hemoglobin.

Penggunaan **uji Chi-Square** dalam penelitian ini sangat tepat karena data yang di olah adalah data nominal (kategori), dan analisis ini memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antar variabel tanpa mengasumsikan distribusi normal. Dengan demikian, Chi-Square memberikan dasar statistik yang kuat dalam menyimpulkan pengaruh dari intervensi berbasis pola konsumsi terhadap status hemoglobin remaja putri.

## 4 Kesimpulan

Simpulan, bahwa jenis intervensi pemberian tablet tambah darah (TTD), baik disertai maupun tanpa susu, memiliki hubungan yang signifikan dengan perubahan kadar hemoglobin pada remaja putri. Hasil uji Chi-Square secara manual menunjukkan nilai  $\chi^2 = 37,80$  dan hasil dari SPSS menunjukkan nilai *Pearson Chi-Square* sebesar  $35,714$  dengan nilai signifikansi  $0,000$  ( $p < 0,05$ ), yang berarti bahwa konsumsi TTD bersamaan dengan susu secara statistik berpengaruh terhadap perubahan kadar hemoglobin.

Kelompok yang mengonsumsi TTD tanpa susu (kontrol) memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelompok mengonsumsi TTD bersama susu (intervensi), yang justru mayoritas mengalami penurunan kadar hemoglobin. Temuan ini menguatkan hipotesis bahwa **kalsium dalam susu menghambat penyerapan zat besi**, sehingga dapat mengurangi efektivitas TTD dalam meningkatkan kadar hemoglobin.

Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung pentingnya edukasi terkait waktu dan cara konsumsi TTD agar manfaatnya optimal, serta menunjukkan bahwa uji Chi-Square adalah alat analisis statistik yang tepat dan efektif untuk menilai hubungan antar variabel kategorik dalam konteks intervensi kesehatan.



## 5 Daftar Pustaka

- [1] WHO, "Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity," 2011.
- [2] Kemenkes, "Riset Kesehatan Dasar," 2018.
- [3] B. Lonnerdal, "Interactions between iron and other nutrients, especially calcium," *American Journal of Clinical Nutrition*, 2013.
- [4] K. L. Beck, The impact of dietary calcium on iron bioavailability, 2014.
- [5] A. Agresti, An Introduction to Categorical Data Analysis, Wiley, 2007.
- [6] M. L. McHugh, The Chi-square test of independence, *Biochemia Medica*, 2013.
- [7] E. Kristyan, "Pengaruh tablet tambah darah terhadap anemia remaja," *Jurnal Gizi Indonesia*, pp. 34(2), 45–51, 2011.
- [8] S. Notoatmodjo, Metodologi penelitian kesehatan, Jakarta: Rineka Cipta, 2012.
- [9] E. Wati, "Faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian anemia pada remaja putri," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, pp. 6(1), 45–52, 2010.
- [10] Alleyne, M., Horne, M. K., & Miller, J. L., "Individualized treatment for iron-deficiency anemia in adults," *American Journal of Medicine*, pp. 121(11), 943–948, 2008.
- [11] Beck, K. L., Kruger, R., Conlon, C. A., Heath, A. L., Matthys, C., & Coad, J., "The impact of calcium intake on iron status among female athletes," *European Journal of Clinical Nutrition*, pp. 68(3), 306–311, 2014.
- [12] Candia, V., Salazar, G., Ruz, M., Codoceo, J., & Olivares, M., "Calcium inhibits nonheme and heme iron absorption in humans," *Journal of Nutrition*, pp. 148(1), 113–120, 2018.
- [13] Fitriany, R., & Saputri, F. E., "Kadar Hemoglobin dan Faktor yang Mempengaruhinya," *Jurnal Ilmu Kesehatan*, pp. 9(1), 56–61, 2018.
- [14] Guyton, A. C., & Hall, J. E., Textbook of medical physiology (11th ed., Philadelphia: Elsevier Saunders, 2008.

# Analisis Sentimen Publik terkait Migrasi Tenaga Kerja Indonesia di Platform X menggunakan SVM-IndoBERT

Ata Amrullah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Islam Darul Ulum Lamongan,  
[ata@unisda.ac.id](mailto:ata@unisda.ac.id)

**Abstract.** Diverse public opinions on social and economic issues related to labor migration are often expressed on the social media platform X (Twitter). This research aims to classify public sentiment toward this phenomenon by analyzing tweets containing the hashtag "#KaburAjaDulu". Sentiment classification is performed by comparing two Support Vector Machine (SVM) approaches that utilize indoBERT embeddings, a language model designed to capture the nuances of the Indonesian language. Both SVM models are trained using web crawling data from the X platform, with the main difference lying in the application of hyperparameter tuning on one of the models. The data collected through web crawling from the X platform then undergoes a pre-processing stage that includes text normalization and stopword removal. The results show that the SVM model optimized through hyperparameter tuning achieved an accuracy of 90.5%, higher than the SVM model without tuning which achieved only 77.7%. This finding underscores the importance of hyperparameter tuning in improving the performance of sentiment classification models, especially when utilizing rich feature representations such as indoBERT embeddings to understand deeper language context.

**Keywords:** *Sentiment Analysis, Support Vector Machine, indoBERT, Hyperparameter Tuning, #KaburAjaDulu*

**Abstrak.** Media sosial X (dulu dikenal sebagai Twitter) sering menjadi tempat masyarakat menyampaikan pendapat mereka mengenai isu-isu sosial dan ekonomi, salah satunya yang berhubungan dengan migrasi tenaga kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan sentimen publik terhadap fenomena tersebut, dengan fokus pada sentimen yang diekspresikan dalam tweet menggunakan kata kunci "#KaburAjaDulu". Klasifikasi sentimen dilakukan dengan membandingkan dua pendekatan Support Vector Machine (SVM) yang memanfaatkan penyematan (embedding) indoBERT, model bahasa yang dirancang untuk menangkap nuansa bahasa Indonesia. Kedua model SVM tersebut dilatih menggunakan data hasil web crawling dari platform X, dengan perbedaan utama terletak pada penerapan hyperparameter tuning pada salah satu model. Data yang terkumpul melalui web crawling dari platform X kemudian melalui tahap pre-processing yang meliputi normalisasi teks dan penghapusan stopwords. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SVM yang dioptimalkan melalui tuning hyperparameter menghasilkan akurasi 90,5%, lebih tinggi dibandingkan dengan model SVM tanpa tuning yang menghasilkan akurasi sebesar 77,7%. Temuan ini menunjukkan betapa pentingnya melakukan penyesuaian hyperparameter agar model klasifikasi sentimen bisa bekerja lebih optimal, apalagi jika menggunakan representasi fitur yang kompleks seperti penyematan indoBERT yang mampu memahami konteks bahasa secara lebih mendalam.

**Kata Kunci:** *Analisis Sentimen, Support Vector Machine, indoBERT, Hyperparameter Tuning, #KaburAjaDulu*

## 1. Pendahuluan

Saat ini, media sosial—terutama platform X (dulu dikenal sebagai Twitter)—berfungsi sebagai ruang publik virtual yang sangat dinamis, di mana setiap orang dapat dengan bebas menyampaikan pandangannya terkait berbagai isu sosial dan ekonomi. Selain menjadi wadah ekspresi, platform ini juga berperan penting dalam membentuk sentimen publik [1], [2]. Fenomena ini mendorong maraknya penelitian analisis sentimen online, yang berupaya mengurai emosi dan opini tersirat dari teks-teks digital [3].

Perbincangan mengenai migrasi tenaga kerja Indonesia (TKI) ke luar negeri kerap memicu perdebatan yang cukup sengit. Diskusi seputar topik ini kerap diwarnai emosi beragam, mulai dari antusiasme hingga kekhawatiran. Memahami dinamika sentimen publik terhadap isu migrasi menjadi krusial bagi pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan. Namun, tantangan muncul ketika analisis sentimen dilakukan secara manual di platform X: prosesnya lambat, rentan melewatkan nuansa bahasa (seperti sarkasme atau ironi), dan tidak efisien untuk data berskala besar. Akibatnya, respons kebijakan sering tertinggal dari perubahan opini publik yang begitu cepat.

Sebagai solusi atas tantangan ini, penelitian mengambil pendekatan machine learning yang mengintegrasikan Support Vector Machine (SVM) bersama dengan *indoBERT*. Kombinasi ini dipilih karena kemampuannya menangani kompleksitas bahasa Indonesia. SVM, yang terbukti efektif dalam pengklasifikasian teks, dipadukan dengan teknik *embedding* terbaru untuk meningkatkan ketepatan [4]. Sementara itu, *indoBERT*—dengan arsitektur berbasis *transformer*—mampu menangkap konteks semantik yang lebih dalam, termasuk ekspresi linguistik yang ambigu seperti sarkasme.

Faktor yang mempengaruhi suksesnya SVM adalah pemilihan *hyperparameter* [5]. Karena itu, penelitian ini tidak hanya mengimplementasikan SVM, tetapi juga melakukan *hyperparameter tuning* secara sistematis untuk mengoptimalkan kinerjanya. Fokus dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis sentimen terhadap pembicaraan mengenai migrasi yang tercermin dalam tagar *#KaburAjaDulu*, yang menggambarkan reaksi masyarakat secara langsung dan tanpa penyaringan.

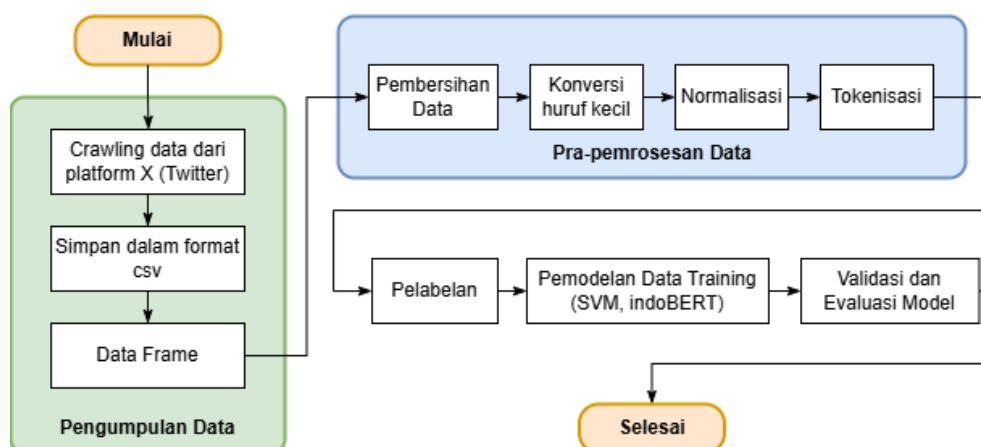
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan sentimen publik terkait migrasi tenaga kerja Indonesia di X dengan menggunakan dua pendekatan pemodelan, yaitu Support Vector Machine (SVM) dan *indoBERT*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi dampak dari *hyperparameter tuning* terhadap akurasi model yang dibangun. Berdasarkan hasil analisis tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis data yang dapat mendukung perumusan kebijakan migrasi tenaga kerja Indonesia yang lebih responsif dan tepat sasaran.

Diharapkan bahwa kontribusi dari penelitian ini tidak hanya terbatas pada sisi metodologis, yakni melalui pengembangan model analisis sentimen yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika opini publik di media sosial. Lebih dari itu, penelitian ini juga diharapkan memiliki dampak nyata dalam ranah praktis, khususnya sebagai sumber rujukan atau dasar pertimbangan bagi pemerintah dan pemangku kebijakan dalam merumuskan respons kebijakan yang lebih tepat waktu, relevan, dan sesuai dengan aspirasi masyarakat. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya

berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga memiliki potensi untuk mendukung pengambilan keputusan publik yang berbasis data dan bukti empirik.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan, dimulai dengan pengambilan data tweet dari platform X menggunakan teknik scraping. Data yang diperoleh kemudian disimpan dalam format CSV untuk memudahkan pengelolaan. Tahap berikutnya adalah prapemrosesan data, yang mencakup pembersihan dari elemen-elemen gangguan (*noise*), case folding, serta normalisasi teks guna memastikan konsistensi format. Setelah data siap, proses pelabelan sentimen dilakukan untuk membentuk dataset yang akan digunakan dalam pelatihan model. Model klasifikasi yang digunakan meliputi Support Vector Machine (SVM) dan SVM berbasis IndoBERT. Hasil akhir dari proses ini divisualisasikan dalam bentuk grafik dan diagram, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 2.1. Sumber Data

Data dalam penelitian ini dikumpulkan dari platform X menggunakan teknik web crawling melalui pustaka *Tweet-Harvest*, yang memanfaatkan Playwright untuk mengekstraksi tweet berdasarkan kata kunci dan rentang waktu tertentu. Kata kunci #KaburAjaDulu dipilih berdasarkan tren awal yang menunjukkan tagar ini sebagai pusat diskusi publik terkait migrasi tenaga kerja Indonesia. Pengumpulan data dilakukan pada periode 28 Juli 2024 hingga 6 April 2025, mencakup fase penting dalam perdebatan isu migrasi. Hasil crawling menghasilkan 20.954 tweet beserta metadata seperti waktu unggahan, identitas pengguna, dan jumlah interaksi. Seluruh data disimpan dalam format CSV untuk keperluan pra-pemrosesan selanjutnya.

## 2.2. Pra-Pemrosesan Data

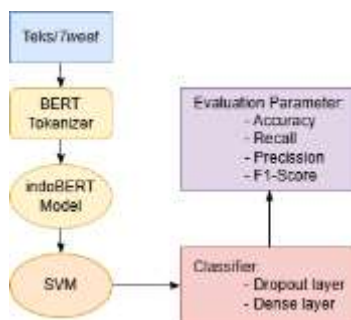
Tahap pra-pemrosesan dilaksanakan dengan menggunakan alur kerja tertentu yang menggabungkan NLTK, scikit-learn, dan ekspresi reguler. Sebagai bagian dari tahapan prapemrosesan, pembersihan teks (text cleaning) dilakukan terlebih dahulu untuk menyaring elemen-elemen yang tidak diperlukan, sehingga data yang dianalisis hanya mencakup informasi yang relevan secara semantik. Proses ini mencakup penghapusan tautan URL, penyebutan nama pengguna (@username), serta penyaringan karakter non-alfabetik seperti simbol khusus dan tanda baca yang tidak berkontribusi pada analisis semantik. Tahap berikutnya adalah normalisasi bahasa informal melalui kamus kustom berisi 1.200+ entri kata tidak baku (contoh: "loe" → "kamu", "banged" → "sekali") yang dikembangkan berbasis frekuensi kemunculan dalam dataset. Seluruh teks kemudian dikonversi ke huruf kecil (*case folding*) untuk konsistensi sebelum melalui proses tokenisasi dengan `word_tokenize` dari NLTK. Daftar stopwords bahasa Indonesia dimodifikasi dengan menambahkan 50+ kata baru yang spesifik muncul dalam konteks migrasi (contoh: "PPTKIS", "TKI"). Tahap akhir adalah stemming menggunakan algoritma modifikasi Porter yang dioptimalkan untuk bahasa Indonesia yaitu pustaka Sastrawi.

## 2.3. Pelabelan Data

Pelabelan sentimen dilakukan melalui pendekatan hybrid antara *pseudo-labeling* otomatis dan validasi manual. Model 'ayameRushia/bert-base-indonesian-1.5G' yang telah terlatih pada dataset sentimen bahasa Indonesia (SMSA) digunakan untuk menghasilkan label awal [6]. Threshold confidence 0.75 ditetapkan berdasarkan uji coba pada 500 sampel acak yang menunjukkan akurasi 92,3% terhadap label manusia. Sebanyak 16.095 tweet memenuhi kriteria ini dan otomatis diberi label (positif/negatif/netral). Untuk memastikan kualitas, dilakukan validasi manual pada 1.000 sampel terpilih secara stratifikasi, dengan *inter-rater reliability* (Cohen's Kappa) 0,89.

## 2.4. Pemodelan dengan SVM dan indoBERT

Arsitektur hybrid yang digunakan menggabungkan kemampuan kontekstual indoBERT dengan kestabilan klasifikasi SVM. Representasi teks diperoleh dari lapisan terakhir indoBERT (dimensi 768) dan dirata-rata menggunakan mean pooling. Model SVM dibangun menggunakan scikit-learn dengan kernel RBF dan parameter awal  $C = 1.0$  serta  $\gamma = 'scale'$ . Proses tuning dilakukan melalui grid search 5-fold pada ruang parameter tertentu, dengan balanced accuracy sebagai metrik evaluasi. Pipeline akhir dibangun secara *end-to-end* dengan memanfaatkan PyTorch dan pustaka Hugging Face Transformers, yang memungkinkan proses ekstraksi fitur dilakukan secara *real-time*. Skema pemodelan ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Embedded indoBERT dengan SVM

## 2.5. Validasi dan Evaluasi

Proses validasi model mengadopsi validasi silang 10-fold (10-fold cross-validation) untuk memastikan estimasi kinerja yang robust [7]. Pada metode ini, dataset dibagi secara acak menjadi 10 subset berukuran seimbang mengikuti prinsip stratifikasi yang menjaga distribusi kelas asli. Setiap iterasi melibatkan pelatihan model pada 9 subset dan pengujian pada subset sisanya, dengan proses berulang hingga semua subset berperan sebagai data uji tepat satu kali - pendekatan yang terbukti mengurangi variance estimasi performa model.

Evaluasi kinerja model dilakukan dengan menggunakan empat metrik utama, yakni akurasi, presisi, recall, dan F1-score, yang masing-masing dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1 - score = \frac{2 \times Presisi \times Recall}{Presisi + Recall} \quad (4)$$

Analisis lebih mendalam memanfaatkan confusion matrix, teknik visualisasi yang telah menjadi standar dalam evaluasi model klasifikasi. Matriks ini mengungkap pola spesifik kesalahan klasifikasi seperti kecenderungan misklasifikasi antara kelas negatif dan netral.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini akan menyajikan hasil dari setiap tahapan penelitian, mulai dari pengumpulan data hingga evaluasi model klasifikasi sentimen. Pembahasan akan berfokus pada interpretasi hasil dan perbandingan kinerja antara kedua model SVM (dengan dan tanpa hyperparameter tuning).

### 3.1. Sumber Data

Proses web crawling menggunakan kata kunci "#KaburAjaDulu" berhasil mengumpulkan sebanyak 20.954 tweet dari platform X dalam rentang waktu 28 Juli 2024 hingga 6 April 2025. Setelah proses deduplikasi (penghapusan data duplikat) dan penghilangan data yang tidak lengkap, jumlah tweet yang valid dan siap diproses lebih lanjut adalah 20.955. Distribusi data berdasarkan tanggal posting akan dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi tren dan pola dalam diskusi online mengenai wacana migrasi. Statistik deskriptif mengenai jumlah tweet harian, jumlah retweet, dan karakteristik pengguna yang terlibat dalam diskusi akan disajikan untuk memberikan gambaran umum mengenai data yang digunakan dalam penelitian ini.

### 3.2. Hasil Pra-pemrosesan Data

Tahapan pra-pemrosesan data berhasil menyaring dan menormalisasi teks tweet, sehingga menghasilkan data terstruktur yang siap digunakan dalam pelatihan model machine learning. Setelah proses pra-pemrosesan, jumlah data yang tersisa berkurang karena beberapa data dihapus yang terdiri dari simbol atau emotikon, tidak memiliki makna yang relevan, atau merupakan duplikat. Dengan demikian, total data yang dapat digunakan untuk analisis adalah 16.905 data. Beberapa contoh hasil pre-processing akan disajikan dalam tabel untuk menggambarkan transformasi yang terjadi pada teks asli. Tabel ini akan menunjukkan bagaimana URL, mention, karakter khusus, kata-kata tidak baku, dan stopwords dihilangkan, serta bagaimana kata-kata di-stemming untuk mengurangi variasi bentuk kata. Efektivitas setiap tahapan pre-processing dalam meningkatkan kualitas data akan dibahas secara kualitatif. Ilustrasi hasil akhir dari tahap pra-pemrosesan disajikan pada Tabel 1 sebagai contoh representatif.

**Tabel 1.** Pra-pemrosesan Data

Teks Asli	Teks Setelah Pra-pemrosesan
@IqbalRa17664055 @rwp1byte aku nyusul kerja aja mau #KaburAjaDulu bawa istri wkwwkw	susul kerja kaburajadulu bawa istri wkwwkw
@ezash @__airu__ @muhraufan @adith_wp Nyari info #KaburAjaDulu kah? Wkwwkw	cari info kaburajadulu kah wkwwkw

### 3.3. Hasil Pseudo-Labeling Data

Dalam analisis sentimen, pseudo-labeling digunakan untuk meningkatkan ukuran data pelatihan dengan memberikan label prediktif pada data yang sebelumnya tidak berlabel. Setelah melalui tahap praproses, termasuk stemming untuk menstandarkan bentuk kata, model awal yang telah dilatih pada data berlabel digunakan untuk memprediksi sentimen dari data mentah. Hasil prediksi berupa pseudo-label diintegrasikan ke dalam dataset pelatihan, memungkinkan model dilatih ulang menggunakan kombinasi data berlabel dan pseudo-label. Teknik ini membantu

meningkatkan akurasi dan efisiensi pelabelan, terutama saat data berlabel terbatas. Hasil pseudo-labeling data ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pseudo-Labeling Dataset

stemming	label_num	pseudo_label
gue pikir gapapa onsite kaburajadulu lebih suka ngehindarin fulltime onsite indonesia	0	positive
deng gue baris cari sempat kaburajadulu lelah ya bunda gue gabisa moga pakai ayang pindah	2	negative
cek tagar kaburajadulu follow akunakun share info cc	1	neutral
istirahat kawalmk ya besok fokus kaburajadulu	2	negative

Hasil dari proses pelabelan otomatis mengelompokkan data ke dalam tiga jenis sentimen, yaitu negatif (2), netral (1), dan positif (0). Wordcloud yang ditampilkan pada Gambar 3 menggambarkan kata-kata yang paling sering muncul dalam masing-masing kategori sentimen terkait dengan isu migrasi TKI ke luar negeri. Dalam sentimen negatif, kata-kata seperti kaburajadulu, indonesiagelap, sulit, dan korupsi mendominasi, mencerminkan kekhawatiran publik terhadap situasi politik dan ekonomi. Sentimen netral juga banyak mengandung kata seperti kaburajadulu, kerja, dan negara, yang menunjukkan adanya pembahasan seputar kebijakan tanpa muatan emosi. Keberadaan kata kaburajadulu dalam kategori netral disebabkan oleh tweet yang hanya berisi tagar tersebut tanpa konteks tambahan. Sementara itu, dalam sentimen positif muncul kata-kata seperti indonesia, menang, nasionalisme, dan negara, yang mencerminkan dukungan atau pandangan optimis sebagian masyarakat terhadap kebijakan pemerintah saat tagar tersebut ramai dibicarakan di media sosial.



**Gambar 3.** Wordcloud Sentimen

### 3.4. Kinerja Model Klasifikasi Sentimen

Setelah proses pelatihan dan tuning, kinerja model SVM diukur menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan f1-score. Hasil evaluasi untuk kedua model indobERT + SVM (tanpa tuning) disajikan dalam Gambar 4.



Evaluasi Model indoBERT+SVM:  
Accuracy: 0.7770549970431697

	precision	recall	f1-score	support
positive	0.42	0.65	0.51	229
neutral	0.76	0.71	0.73	1182
negative	0.85	0.83	0.84	1971
accuracy			0.78	3382
macro avg	0.68	0.73	0.69	3382
weighted avg	0.79	0.78	0.78	3382

**Gambar 4.** Hasil Evaluasi Model indoBERT+SVM (tanpa tuning)

Hasil tersebut menunjukkan evaluasi model klasifikasi sentimen menggunakan indoBERT+SVM dengan akurasi sebesar 77,7%. Model ini sangat baik dalam mengenali sentimen negatif (f1-score 0,84) dan cukup baik untuk netral (f1-score 0,73), namun kurang optimal untuk sentimen positif (f1-score 0,51) karena precision yang rendah. Ketimpangan jumlah data antar kelas, terutama sedikitnya data positif, menjadi salah satu penyebab. Secara umum, model bekerja efektif, namun performa untuk sentimen positif perlu ditingkatkan.

Evaluasi Model indoBERT+SVM (Tuned):  
Accuracy: 0.905116520993495

	precision	recall	f1-score	support
positive	0.88	0.86	0.87	400
neutral	0.91	0.90	0.91	1200
negative	0.92	0.94	0.93	1782
accuracy			0.91	3382
macro avg	0.90	0.90	0.90	3382
weighted avg	0.91	0.91	0.91	3382

**Gambar 5.** Hasil Evaluasi Model indoBERT+SVM (dengan tuning)

Hasil evaluasi model indoBERT+SVM setelah dilakukan tuning pada parameter SVM, yang menghasilkan peningkatan performa secara signifikan dibandingkan sebelumnya seperti pada Gambar 5. Akurasi model meningkat dari 77,7% menjadi 90,5%, yang menunjukkan proporsi prediksi yang benar jauh lebih tinggi. F1-score untuk semua kelas juga mengalami peningkatan: sentimen positif naik dari 0,51 menjadi 0,87, netral dari 0,73 menjadi 0,91, dan negatif dari 0,84 menjadi 0,93. Rata-rata makro dan tertimbang (macro avg dan weighted avg) kini sama-sama berada di angka 0,90–0,91, menunjukkan model menjadi jauh lebih seimbang dan konsisten dalam mengklasifikasikan ketiga jenis sentimen. Peningkatan ini menunjukkan bahwa tuning parameter SVM berhasil mengoptimalkan kinerja model, terutama dalam mendeteksi sentimen positif yang sebelumnya menjadi kelemahan utama.

### 3.5. Pembahasan Hasil

Peningkatan kinerja yang signifikan dari model SVM dengan hyperparameter tuning dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, tuning memungkinkan pemilihan nilai parameter C yang optimal, yang mengontrol kompleksitas model dan

kemampuannya untuk menggeneralisasi ke data yang belum dilihat. Jika nilai  $C$  diatur terlalu kecil, model cenderung mengalami underfitting, karena penalti terhadap kesalahan klasifikasi menjadi terlalu lemah, sehingga model tidak mampu merepresentasikan kompleksitas data secara optimal. Sebaliknya, nilai  $C$  yang terlalu tinggi dapat menyebabkan overfitting, di mana model terlalu sensitif terhadap noise dalam data pelatihan dan tidak dapat melakukan generalisasi dengan baik.

Kedua, penggunaan embedding indoBERT sebagai representasi fitur memberikan informasi semantik yang kaya kepada model SVM. indoBERT, sebagai model bahasa yang dilatih pada korpus besar teks berbahasa Indonesia, mampu menangkap nuansa makna dan konteks dalam tweet, termasuk sarkasme, ironi, dan bahasa sehari-hari yang sering digunakan di media sosial. Hal ini memungkinkan model SVM untuk mengklasifikasikan sentimen dengan lebih akurat dibandingkan dengan pendekatan yang hanya mengandalkan frekuensi kata atau fitur linguistik sederhana.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya [8], [9], yang menunjukkan bahwa hyperparameter tuning dan penggunaan embedding dari model bahasa pre-trained dapat meningkatkan kinerja model klasifikasi sentimen secara signifikan. Putra et al. [10] menyimpulkan bahwa pemodelan bahasa alami berbasis transformator seperti IndoBERT memiliki potensi yang signifikan dalam mendukung upaya mitigasi disinformasi secara otomatis dan sistematis di media sosial. [11] secara spesifik menyoroti pentingnya contextual word embedding. Lebih lanjut, temuan yang disampaikan oleh Purbey et al. [12] turut mendukung argumen tersebut dengan menunjukkan bahwa model deep learning yang telah dioptimalkan mampu mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan konvensional. Hal ini menggarisbawahi pentingnya pemilihan dan optimasi fitur dalam analisis sentimen, terutama ketika berhadapan dengan data teks yang kompleks dan ambigu.

#### **4. Kesimpulan**

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi model SVM dengan fitur representasi IndoBERT mampu secara efektif mengklasifikasikan sentimen publik mengenai wacana migrasi tenaga kerja Indonesia di Platform X. Melalui proses optimasi hyperparameter tuning, model berhasil mencapai peningkatan akurasi yang signifikan, sekaligus menegaskan pentingnya tahap tuning dalam pemodelan machine learning untuk data teks yang kompleks. Keunggulan IndoBERT dalam menangkap nuansa bahasa Indonesia, termasuk konteks percakapan informal dan sarkasme khas media sosial, turut berkontribusi pada capaian kinerja model ini. Temuan ini tidak hanya memberikan kontribusi metodologis dalam pengembangan analisis sentimen berbahasa Indonesia, tetapi juga menawarkan implikasi praktis bagi pemangku kepentingan untuk merumuskan kebijakan migrasi yang lebih berbasis data.

Meski demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan seperti potensi noise dari teknik pseudo-labeling dan cakupan dataset yang terbatas pada hashtag tertentu. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan ekspansi dataset melalui pelabelan manual, integrasi multi-platform media sosial, serta eksplorasi model deep

learning sebagai pembandingan. Pengembangan fitur semantik yang lebih kaya seperti analisis wacana dan knowledge graph juga dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan akurasi model. Secara keseluruhan, pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini telah membuktikan kemampuannya dalam memberikan analisis sentimen yang komprehensif, sekaligus membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk memahami dinamika opini publik pada isu-isu sosial-ekonomi yang kompleks.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] N. R. Ram, S. Gautum, A. Jadeja, H. Joisar, and N. Rathore, “Social Media Sentiment Analysis Using Twitter Dataset,” in *2024 1st International Conference on Cognitive, Green and Ubiquitous Computing (IC-CGU)*, 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/IC-CGU58078.2024.10530694.
- [2] H. Al Rochmanto, H. Brilianti and Azies, “Klasifikasi Opini Publik terhadap Kenaikan PPN 12% di Platform X menggunakan Multinomial Naïve Bayes,” *Unisda J. Math. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 57–66, 2024, [Online]. Available: <https://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/ujmc/article/view/9120>
- [3] A. Amrullah, “Advanced Sentiment Analysis Using Deep Learning: A Comprehensive Framework for High-Accuracy and Interpretable Models,” *Intellithings J.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–31, 2025, [Online]. Available: <https://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/intellithings/article/view/8972>
- [4] M. M. Henry, N. A. Hervanto, M. Isnani, D. Kurnianingrum, C. I. Ratnapuri, and B. Pardamean, “LLM2Vec Sentence Embeddings Analysis in Sentiment Classification,” in *2024 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*, 2024, pp. 161–165. doi: 10.1109/ICoDSE63307.2024.10829901.
- [5] C. T. Akpınar, Ö. Koşar, and A. Durdu, “Enhancing the Performance of Machine Learning Classification Models,” in *2025 24th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, 2025, pp. 1–6. doi: 10.1109/INFOTEH64129.2025.10959301.
- [6] S. Saadah, Kaenova Mahendra Auditama, Ananda Affan Fattahila, Fendi Irfan Amorokhman, Annisa Aditsania, and Aniq Atiqi Rohmawati, “Implementation of BERT, IndoBERT, and CNN-LSTM in Classifying Public Opinion about COVID-19 Vaccine in Indonesia,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 4, pp. 648–655, 2022, doi: 10.29207/resti.v6i4.4215.
- [7] P. Refaeilzadeh, L. Tang, and H. Liu, “Cross-Validation,” in *Encyclopedia of Database Systems*, L. LIU and M. T. ÖZSU, Eds., Boston, MA: Springer US, 2009, pp. 532–538. doi: 10.1007/978-0-387-39940-9\_565.
- [8] C. Amanda, I. Jaya, and D. Arisandi, “Identification of Sexual Harassment in Social Media Comments Using IndoBERT and Support Vector Machine,” in *2024 8th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2024, pp. 42–45. doi: 10.1109/ELTICOM64085.2024.10864968.
- [9] S. P. Andinny and E. B. Setiawan, “Sentiment Analysis on 2024 Regional

- Elections using Hybrid CNN-SVM with Semantic Features and Word2Vec,” in *2025 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information System (ICADEIS)*, 2025, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICADEIS65852.2025.10933385.
- [10] A. B. Y. A. Putra, Y. Sibaroni, and A. F. Ihsan, “Disinformation Detection on 2024 Indonesia Presidential Election using IndoBERT,” in *2023 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA)*, 2023, pp. 350–355. doi: 10.1109/ICoDSA58501.2023.10277572.
- [11] D. S. Asudani, N. K. Nagwani, and P. Singh, “Impact of word embedding models on text analytics in deep learning environment: a review,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 56, no. 9, pp. 10345–10425, 2023, doi: 10.1007/s10462-023-10419-1.
- [12] L. B. Purbey and K. Lakhwani, “Aspect-based sentimental analysis using optimized multi-layered deep BiLSTM classifier,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 324, p. 113832, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2025.113832>.

# Analisis Regresi Logistik Untuk Mengidentifikasi Faktor-Faktor Risiko Penyakit Gagal Ginjal Kronik Pada Generasi Z

Ellisa Nur Fitria<sup>1</sup>, Galuh Tyasing Swastika<sup>2</sup>, Ewing Rudita Arini<sup>3</sup>, Ardhi Sanwidi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, ellisanur0712@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, galuhtyasing@gmail.com

<sup>3</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, ewingrarini@gmail.com

<sup>4</sup>Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, ardhisanwidi@gmail.com

**Abstract.** *Kidney failure is a condition in which kidney function does not work properly due to damage to the organ. In the Blitar region, the number of kidney failure patients in 2024 will fluctuate, with cases of chronic kidney failure not only experienced by the elderly, but also by young people. Therefore, this study focuses on generation Z as the main subject. The ordinal logistic regression model formed for the risk level of chronic kidney failure in generation Z at Nahdlatul Ulama University Blitar Class of 2021, namely:  $\text{Logit 1 } [P(Y \leq 0|X)] = -5,466 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$  and  $\text{Logit 2 } [P(Y \leq 1|X)] = -0,412 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$ . Based on the results of the ordinal logistic regression analysis that has been carried out, it can be concluded that the variable that significantly influences the risk level of kidney failure in generation Z at Nahdlatul Ulama University, Blitar, Class of 2021 is the variable of the habit of holding urine ( $X_6$ ).*

**Keywords:** *Chronic Kidney Failure, Ordinal Logistic Regression, Generation Z.*

**Abstrak.** Gagal ginjal merupakan kondisi di mana fungsi ginjal tidak berjalan dengan baik akibat kerusakan pada organ tubuh tersebut. Di wilayah Blitar jumlah pasien gagal ginjal pada tahun 2024 mengalami fluktuasi dengan kasus gagal ginjal kronik tidak hanya dialami oleh lansia, tetapi juga oleh kalangan anak muda. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada generasi Z sebagai subjek utama. Model regresi logistik ordinal yang terbentuk untuk tingkat risiko terkena penyakit gagal ginjal kronik pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar angkatan 2021 yaitu:  $\text{Logit 1 } [P(Y \leq 0|X)] = -5,466 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$  dan  $\text{Logit 2 } [P(Y \leq 1|X)] = -0,412 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$ . Berdasarkan hasil analisis regresi logistik ordinal yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat risiko terkena penyakit gagal ginjal pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar angkatan 2021 adalah variabel kebiasaan menahan buang air kecil ( $X_6$ ).

**Kata Kunci:** *Gagal Ginjal Kronik, Regresi Logistik Ordinal, Generasi Z*

## **1 Latar Belakang**

Gagal ginjal adalah kondisi fungsi ginjal yang tidak berjalan dengan baik karena adanya kerusakan pada organ tubuh. Menurut Madania pada [1], meskipun penyakit gagal ginjal lebih sering terdiagnosis pada kelompok usia lanjut, akan tetapi kenyataan menunjukkan bahwa pola hidup yang buruk sejak usia muda dapat mempercepat perkembangan kerusakan ginjal. Pada tahun 2024, jumlah pasien gagal ginjal di Wilayah Blitar mengalami fluktuasi. Menurut [2] menyatakan bahwa di RSUD Ngudi Waluyo Wlingi di Kabupaten Blitar pasien gagal ginjal yang melakukan cuci darah, sebesar 66% merupakan pasien usia remaja.

Generasi Z atau juga bisa disebut dengan *centennials*, yang merupakan para generasi yang lahir sesudah tahun 1997 hingga 2012, tepatnya yaitu setelah generasi yang disebut *millennium* atau generasi milenial [3]. Di zaman sekarang hampir semua generasi Z menjalani hari-harinya dengan gaya hidup modern, jika hal tersebut dilakukan terus menerus akan menimbulkan diabetes dan tekanan darah tinggi (hipertensi). Kedua penyakit tersebut berpotensi menyebabkan gagal ginjal kronik [4]. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi pada faktor-faktor risiko penyakit gagal ginjal pada generasi Z untuk mencegah terjadinya gagal ginjal pada generasi muda.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui model regresi logistik ordinal untuk risiko penyakit gagal ginjal kronik dan mengetahui variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap risiko penyakit gagal ginjal kronik pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Angkatan 2021.

## **2 Metode Penelitian**

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer, yaitu data hasil dari pengisian kuesioner yang diperoleh langsung dari responden yang relevan dengan penelitian ini meliputi mahasiswa angkatan 2021 di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar yang termasuk ke dalam kategori generasi Z. Penyebaran kuisoner dilakukan sejak tanggal 02 sampai 08 Mei 2025. Analisis data dilakukan menggunakan metode regresi logistik ordinal karena variabel dependen yang bersifat ordinal atau bertingkat. Regresi logistik ordinal merupakan metode statistika yang menggambarkan hubungan antara suatu variabel dependen (Y) dengan variabel independen (X) lebih dari satu, dimana variabel dependen lebih dari dua kategori dan skala pengukurannya yang bersifat tingkatan [5].

Adapun tahapan teknik analisis data penelitian pada identifikasi faktor-faktor risiko penyakit gagal ginjal kronik pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Angkatan 2021 dengan pendekatan analisis regresi logistik ordinal adalah 1) Membuat instrumen kuisoner yang sesuai dengan tujuan penelitian; 2) Mengajukan kelayakan instrumen kuisoner kepada Validator oleh Ahli Matematika dan Ahli Bahasa Indonesia; 3) Mengumpulan data dengan menyebarkan kuisoner kepada sampel kecil (minimal 30 reponden); 4) Pengkodean variabel, yaitu merubah hasil jawaban kuisoner yang berbentuk data kualitatif ke dalam bentuk numerik, dengan tujuan lebih mudah untuk dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik yaitu SPSS; 5) Menguji validasi dan reliabilitas instrumen kuisoner untuk menilai kualitas instrumen penelitian; 6) Melanjutkan penyebaran kuisoner kepada sampel besar (minimal 87 responden) sebagai data utama penelitian; 7)

Mengestimasi parameter menggunakan metode *maximum likelihood* dan uji *wald* untuk menentukan model regresi logistik ordinal; 8) Menguji kesesuaian model menggunakan koefisien determinasi; 9) Menginterpretasikan model dilakukan dengan melihat nilai *odd ratio* yang diperoleh; 10) Penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Instrumen Penelitian

Kuisoner tersebut terdiri dari tiga bagian yaitu bagian pertama pengisian data diri untuk mengetahui identitas responden, bagian kedua pertanyaan untuk mengukur tingkat risiko penyakit gagal ginjal dan bagian ketiga pertanyaan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berisiko terhadap penyakit gagal ginjal pada Generasi Z. Sebelum kuisoner disebarkan kepada responden instrumen kuisoner terlebih dahulu divalidasi oleh dua ahli validator, yaitu seorang ahli di bidang matematika dan seorang ahli di bidang Bahasa Indonesia. Setelah kuisoner divalidasi oleh ahli validator, langkah selanjutnya adalah menyebarkan kepada sampel yang kecil (sebanyak 30 responden) dan dilakukan uji validitas dan reliabilitas, digunakan untuk menilai kualitas instrumen penelitian.

#### 3.2 Pemodelan Tingkat Risiko Penyakit Gagal Ginjal Kronik Pada Gen Z Berdasarkan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi

##### 3.2.1 Deskripsi Data

**Tabel 1.** Deskripsi Data Hasil Penyebaran Kuisoner

No.	Berdasarkan Jurusan		Jenis Kelamin	
	Jurusan	Jumlah	Laki-Laki	Perempuan
1.	Teknik sipil	13	11	2
2.	Teknik mesin	8	8	-
3.	Ilmu komputer	2	1	1
4.	Peternakan	1	1	-
5.	Fisika	1	1	-
6.	Matematika	10	2	8
7.	Pendidikan olahraga	9	8	1
8.	Pendidikan Bahasa Inggris	10	-	10
9.	Pendidikan Bahasa Indonesia	1	-	1
10.	Pendidikan guru sekolah dasar	22	6	16
11.	Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir	3	1	2
12.	Perbankan Syariah	5	1	4
13.	Pendidikan Islam Anak Usia Dini	2	-	2
14.	Hukum Keluarga Islam	3	2	1
15.	Ekonomi Syariah	2	-	2
	<b>Total</b>	92	42	50
	<b>Total</b>	92	42	50

Hasil penyebaran kuisoner diperoleh 92 responden, yang terdiri dari 89 Generasi Z dan sisanya bukan Generasi Z. Dengan demikian, data yang dapat digunakan pada penelitian ini sebanyak 89 data.

Setelah data didapatkan, maka data yang awalnya berupa data kualitatif akan diubah ke dalam bentuk numerik dan pada bagian data dependen akan dilakukan pengkategorian dengan menjumlahkan total skor dan menentukan tingkat risiko penyakit gagal ginjal kronik dengan menggunakan *skala likert* dimana interval yang digunakan adalah pada tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Skala Tingkat Risiko

Interval Skor (Y)	Tingkat Risiko	Kode Numerik
$Y \leq 7$	Rendah	0
$8 \leq Y \leq 15$	Sedang	1
$16 \leq Y \leq 24$	Tinggi	2

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan analisis regresi logistik ordinal yang menggunakan bantuan *software* SPSS.

### 3.2.2 Estimasi Parameter

Estimasi parameter yang digunakan pada penelitian adalah menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Adapun hasil estimasi parameter akan ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Estimasi Parameter

Variabel	Kategori	Estimator
Tingkat risiko penyakit gagal ginjal pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Angkatan 2021 (Y)	Y=0	-2,490
	Y=1	3,607
	Y=2	0
Konsumsi minuman alkohol ( $X_1$ )	( $X_1$ ) = 0	3,417
	( $X_1$ ) = 1	3,284
	( $X_1$ ) = 2	0
	( $X_1$ ) = 3	0
	( $X_1$ ) = 4	0
Konsumsi makanan cepat saji ( $X_2$ )	( $X_2$ ) = 0	0,523
	( $X_2$ ) = 1	-0,289
	( $X_2$ ) = 2	-0,539
	( $X_2$ ) = 3	0,749
	( $X_2$ ) = 0	0
Kurang minum air putih ( $X_3$ )	( $X_3$ ) = 0	-0,767
	( $X_3$ ) = 1	0,426
	( $X_3$ ) = 2	-0,946
	( $X_3$ ) = 3	0,670
	( $X_3$ ) = 4	0
Kurang tidur ( $X_4$ )	( $X_4$ ) = 0	-0,219
	( $X_4$ ) = 1	-1,202
	( $X_4$ ) = 2	-0,082
	( $X_4$ ) = 3	1,422
	( $X_4$ ) = 4	0
Kebanyakan konsumsi garam ( $X_5$ )	( $X_5$ ) = 1	-1,570
	( $X_5$ ) = 2	0,683
	( $X_5$ ) = 3	-0,158
	( $X_5$ ) = 4	0
Menahan buang air kecil ( $X_6$ )	( $X_6$ ) = 0	-3,382
	( $X_6$ ) = 1	-3,556



$(X_6) = 2$	-0,841
$(X_6) = 3$	-0,387
$(X_6) = 4$	0

### 3.2.3 Uji Wald

Selanjutnya akan dilakukan uji wald yaitu menguji signifikansi parameter secara individual, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4** Hasil Uji Signifikan

	Estimator	Wald	Df	Sig.	Keterangan
$Y=0$	-2,490	1,123	1	0,289	Tidak Signifikan
$Y=1$	3,607	2,266	1	0,132	Tidak Signifikan
$Y=2$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_1) = 0$	3,417	3,611	1	0,057	Tidak Signifikan
$(X_1) = 1$	3,284	2,722	1	0,099	Tidak Signifikan
$(X_1) = 2$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_1) = 3$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_1) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_2) = 0$	0,523	0,017	1	0,897	Tidak Signifikan
$(X_2) = 1$	-0,289	0,025	1	0,875	Tidak Signifikan
$(X_2) = 2$	-0,539	0,082	1	0,774	Tidak Signifikan
$(X_2) = 3$	0,749	0,143	1	0,705	Tidak Signifikan
$(X_2) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_3) = 0$	-0,767	0,277	1	0,599	Tidak Signifikan
$(X_3) = 1$	0,426	0,107	1	0,744	Tidak Signifikan
$(X_3) = 2$	-0,946	0,745	1	0,388	Tidak Signifikan
$(X_3) = 3$	0,670	0,372	1	0,542	Tidak Signifikan
$(X_3) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_4) = 0$	-0,219	0,005	1	0,944	Tidak Signifikan
$(X_4) = 1$	-1,202	0,402	1	0,526	Tidak Signifikan
$(X_4) = 2$	-0,082	0,002	1	0,963	Tidak Signifikan
$(X_4) = 3$	1,422	0,624	1	0,430	Tidak Signifikan
$(X_4) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_5) = 0$	-1,570	0,851	1	0,356	Tidak Signifikan
$(X_5) = 1$	0,683	0,205	1	0,651	Tidak Signifikan
$(X_5) = 2$	-0,158	0,013	1	0,908	Tidak Signifikan
$(X_5) = 3$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_5) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan
$(X_6) = 0$	-3,382	4,331	1	0,037	Signifikan
$(X_6) = 1$	-3,556	6,331	1	0,012	Signifikan
$(X_6) = 2$	-0,841	0,558	1	0,455	Tidak Signifikan
$(X_6) = 3$	-0,387	0,117	1	0,732	Tidak Signifikan
$(X_6) = 4$	0	0	0	0	Tidak Signifikan

Langkah selanjutnya, dilakukan pengujian ulang hanya pada variabel independen yang signifikan. Variabel yang tidak signifikan akan dikeluarkan kemudian dilakukan pemodelan ulang untuk mendapatkan model terbaik. Adapun hasil uji signifikan tahap kedua dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

**Tabel 5.** Hasil Uji Signifikan Tahap Kedua

	Estimator	Wald	Df	Sig.	Keterangan
$Y=0$	-5,466	29,820	1	0,000	Signifikan
$Y=1$	-0,412	0,409	1	0,523	Tidak Signifikan

Y=2	0	0	0	0	Tidak Signifikan
(X <sub>6</sub> ) = 0	-3,937	11,776	1	0,001	Signifikan
(X <sub>6</sub> ) = 1	-3,656	13,188	1	0,000	Signifikan
(X <sub>6</sub> ) = 2	-1,577	3,516	1	0,061	Tidak Signifikan
(X <sub>6</sub> ) = 3	-0,400	0,256	1	0,613	Tidak Signifikan
(X <sub>6</sub> ) = 4	0	0	0	0	Tidak Signifikan

Model regresi logistik ordinal yang terbentuk sebagai berikut:

$$P(Y \leq 0|X) = \frac{e^{-5,466-3,937 X_6(0)-3,656 X_6(1)}}{1 + e^{-5,466-3,937 X_6(0)-3,656 X_6(1)}}$$

$$P(Y \leq 1|X) = \frac{e^{-0,412-3,937 X_6(0)-3,656 X_6(1)}}{1 + e^{-0,412-3,937 X_6(0)-3,656 X_6(1)}}$$

dengan tranformasi dalam bentuk logit adalah:

$$\text{Logit 1 } [P(Y \leq 0|X)] = -5,466 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$$

$$\text{Logit 2 } [P(Y \leq 1|X)] = -0,412 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$$

### 3.3 Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis determinasi ( $R^2$ ), asil uji kesesuaian model dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

**Tabel 6.** Uji Kesesuaian Model

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
<b>0,513</b>	0,263 <sup>a</sup>	0,255	0,46740

a. Predictors: (Constant), menahan buang air kecil

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *R Square* sebesar 0,263. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 26,3% variabel independen (menahan buang air kecil) dapat menjelaskan variabel dependen (Tingkat risiko penyakit gagal ginjal). Sedangkan sisanya yaitu 73,7% dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian ini.

### 3.4 Interpretasi Parameter

Selanjutnya akan dilakukan interpretasi model dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar kecenderungan atau pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Nilai *odds* dapat diperoleh dari hasil estimasi koefisien pada masing-masing variabel independen. Hasil nilai odds masing-masing variabel independent akan ditunjukkan pada Tabel 7, sebagai berikut:

**Tabel 7.** Odds Rasio Variabel Independen

Variabel Independen	Koefisien	OR
X <sub>6</sub> = 0	-3,937	0,0195
X <sub>6</sub> = 1	-3,656	0,0259

Berikut hasil interpretasi berdasarkan nilai OR yang telah didapatkan:

1. Individu yang memiliki kebiasaan tidak menahan buang air kecil dapat menaikkan tingkat risiko penyakit gagal ginjal kronik hanya sebesar 0,0195

kali atau hanya memiliki peluang sekitar <98% dibandingkan individu yang sering menahan buang air kecil.

2. Individu yang memiliki kebiasaan jarang menahan buang air kecil dapat menaikkan tingkat risiko penyakit gagal ginjal kronik hanya sebesar 0,0259 kali atau hanya memiliki peluang sekitar <97,4% dibandingkan individu yang sering menahan buang air kecil.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan penjelasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan berikut:

1. Model regresi logistik ordinal yang terbentuk untuk tingkat risiko terkena penyakit gagal ginjal kronik pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Angkatan 2021 yaitu:

$$\text{Logit 1 } [P(Y \leq 0|X)] = -5,466 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$$

$$\text{Logit 2 } [P(Y \leq 1|X)] = -0,412 - 3,937 X_6(0) - 3,656 X_6(1)$$

Dari model di atas dapat diketahui bahwa besar variabel independen kebiasaan tidak menahan buang air kecil dan jarang menahan buang air kecil ( $X_6 = 0$  dan  $X_6 = 1$ ) masing-masing adalah sebesar -3,937 dan -3,656 dengan nilai signifikannya  $p < 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa variabel tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat risiko rendah terkena penyakit gagal ginjal kronik.

2. Variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat risiko terkena penyakit gagal ginjal pada generasi Z di Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Angkatan 2021 adalah variabel kebiasaan menahan buang air kecil ( $X_6$ ).

## 5 Daftar Pustaka

- [1] [1] F. D. Lestari, "Asuhan Keperawatan Pada Pasien Dengan Gagal Ginjal Kronis (Chronic Kidney Disease) on Hemodialisis Di Rsud Aji Muhammad Parikesit Tenggarong," vol. 01, hal. 1, 2023.
- [2] M. Syafi'uddin, "Penderita Gagal Ginjal di Kabupaten Blitar Melesat Didominasi Kaum Remaja, Ini Penyebabnya," Blitar Kawentar.
- [3] L. Sekar Arum, Amira Zahrani, dan N. A. Duha, "Karakteristik Generasi Z dan Kesiapannya dalam Menghadapi Bonus Demografi 2030," *Account. Student Res. J.*, vol. 2, no. 1, hal. 59–72, 2023, doi: 10.62108/asrj.v2i1.5812.
- [4] M. J. Baroleh, B. T. Ratag, dan F. L. F. G. Langi, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Ginjal Kronis Pada Pasien Di Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Umum Pancaran Kasih Manado," *Kesmas J. Kesehat. Masy. Univ. Sam Ratulangi*, vol. 8, no. 7, 2019.
- [5] T. Pentury, S. N. Aulele, dan R. Wattimena, "Analisis Regresi Logistik Ordinal," *BAREKENG J. Ilmu Mat. Dan Terap.*, vol. 10, no. 1, hal. 55–60, 2016.

## Adopsi *Google Classroom* Menggunakan *Extended Technology Acceptance Model (EX-TAM)*

Mohammad Mansyur Abidin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Darul ‘Ulum, mansyur@unisda.ac.id

**Abstract.** This study examines factors influencing the adoption of Google Classroom among students at private universities in East Java using the Extended Technology Acceptance Model (EX-TAM). The model integrates core TAM constructs and external variables including Social Influence, Motivation, Perceived Enjoyment, and Self-Efficacy. Data from 146 respondents were analyzed using LSR-SEM. Findings indicate that Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness significantly influence Behavioral Intention, while Social Influence does not. Motivation and Self-Efficacy significantly affect Perceived Ease of Use, whereas Perceived Enjoyment does not. Perceived Ease of Use also significantly impacts Perceived Usefulness. These results highlight the importance of perceived ease of use, perceived usefulness, and self efficacy in encouraging the adoption of digital learning platforms.

**Keywords:** *Google Classroom, Blended Learning, Technology Acceptance Model , EX-TAM, Adoption Technology, LSR-SEM.*

**Abstrak.** Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi adopsi Google Classroom pada mahasiswa perguruan tinggi swasta di Jawa Timur dengan pendekatan *Extended Technology Acceptance Model (EX-TAM)*. Model mencakup konstruk TAM dan variabel eksternal seperti *Social Influence, Motivation, Perceived Enjoyment*, dan *Self-Efficacy*. Data dikumpulkan dari 146 responden dan dianalisis menggunakan LSR-SEM. Hasil menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use* dan *Perceived Usefulness* berpengaruh signifikan terhadap *Behavioral Intention*, sedangkan *Social Influence* tidak signifikan. *Motivation* dan *Self-Efficacy* berpengaruh terhadap *Perceived Ease of Use*, sedangkan *Perceived Enjoyment* tidak. Selain itu, *Perceived Ease of Use* juga berpengaruh terhadap *Perceived Usefulness*. Temuan ini menekankan pentingnya persepsi kemudahan, manfaat, dan kepercayaan diri pengguna dalam mendorong adopsi teknologi pembelajaran daring.

**Keyword:** *Google Classroom, Blended Learning, Technology Acceptance Model , EX-TAM, Adopsi Teknologi, LSR-SEM.*

### 1. Pendahuluan

Revolusi besar-besaran dalam IT dan komunikasi di era digital sangat memicu perkembangan yang sangat signifikan di berbagai lini kehidupan, termasuk di bidang pendidikan [1]. Transformasi fundamental dalam paradigma pendidikan global ditandai dengan munculnya beragam metode, media, dan sumber belajar inovatif yang difasilitasi oleh kemajuan teknologi [2]. Lembaga pendidikan di

berbagai belahan dunia didorong untuk melakukan adaptasi dan mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran, dengan tujuan untuk mengoptimalkan kualitas dan efektivitas pendidikan. [3].

Sebagai *stakeholder* dalam pembangunan manusia dan penentuan arah peradaban, perguruan tinggi memiliki tanggung jawab untuk mengadopsi dan mengoptimalkan penggunaan teknologi. Perguruan tinggi swasta di Jawa Timur, sebagai bagian dari sistem pendidikan nasional, turut merasakan dampak dari kemajuan teknologi ini. Dalam kaitannya meningkatkan kualitas pendidikan dan menciptakan lulusan yang berdampak pada masyarakat, banyak perguruan tinggi swasta di Jawa Timur telah mengimplementasikan berbagai *platform* dan aplikasi pembelajaran daring, termasuk *Google Classroom*. *Google Classroom* menyediakan fitur-fitur penting seperti pengumpulan dan evaluasi tugas secara daring, forum diskusi, pengumuman kelas, serta integrasi dengan aplikasi produktivitas Google lainnya, sehingga menjadi solusi yang komprehensif dalam mendukung pembelajaran daring. [4].

Implementasi *Google Classroom* sebagai sebuah platform e-learning dianggap sebagai suatu langkah adaptif dalam menyediakan berbagai solusi dalam kegiatan belajar mengajar [5]. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki faktor-faktor yang mungkin dapat *mempengaruhi* penerimaan *Google Classroom* di kalangan pelajar di perguruan tinggi swasta di Jawa Timur. *Technology Acceptance Model* (TAM) banyak diterapkan dalam berbagai studi untuk menyelidiki penerimaan dan pemanfaatan teknologi di berbagai konteks, termasuk salah satunya dalam sektor pendidikan. Model *Technology Acceptance Model* (TAM) mengkaji dua faktor utama yang berperan dalam membentuk niat seseorang untuk menggunakan suatu teknologi, yaitu sejauh mana individu meyakini bahwa teknologi tersebut memberikan manfaat nyata (*Perceived Usefulness*), serta sejauh mana teknologi tersebut dianggap mudah untuk dipelajari dan digunakan (*Perceived Ease of Use*). Akan tetapi dalam konteks adopsi *Google Classroom* di perguruan tinggi swasta, faktor-faktor lain seperti *Social Influence*, *Motivation*, *Perceived Enjoyment*, dan *Self-Efficacy* juga berpotensi memainkan peran yang signifikan.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1. Penyusunan Model dan Hipotesis Penelitian**

Penyusunan model penelitian ini dilakukan dengan mengadaptasi kerangka *Technology Acceptance Model* (TAM). Tiga konstruk utama dalam TAM, yaitu *Perceived Ease of Use*, *Perceived Usefulness*, dan *Behavioral Intention*, tetap dijadikan fokus utama dalam analisis karena dianggap berperan penting dalam menjelaskan adopsi teknologi oleh pengguna. Selain itu, faktor-faktor eksternal seperti *Social Influence* (pengaruh sosial), *Motivation* (motivasi), *Perceived Enjoyment* (kenyamanan), dan *Self-Efficacy* (kemampuan pribadi) diintegrasikan ke dalam model untuk memperdalam pemahaman tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penerimaan *Google Classroom*.

#### **2.1.1. *Social Influence***

*Social Influence* mengacu pada seberapa jauh individu dapat merasakan orang-orang yang dianggapnya penting dalam *circle* kehidupannya, termasuk kolega, teman, atau atasan, dapat memberi pengaruh atau dorongan padanya untuk

mengadopsi sistem dan teknologi baru[6]. Pada Penelitian sebelumnya *Social Influence* ditemukan memiliki dampak signifikan terhadap *Perceived Usefulness* [7]. Meskipun penelitian lain menemukan *Social Influence* tidak cukup kuat mempengaruhi secara signifikan *Perceived Usefulness* [8].

*Social Influence* terbukti mempunyai dampak signifikan terhadap *Behavioral Intention* [9]. Meskipun, studi lain menunjukkan hasil yang kotradiktif, khususnya dalam situasi dimana penggunaan teknologi tidak didasarkan pada pilihan sukarela atau ketika individu tidak menganggap lingkungan sosial mereka relevan[10]. Penelitian ini akan meneliti pengaruh *Social Influence* pada *Perceived Usefulness* dan *Behavioral Intention* mengingat adanya inkonsistensi temuan dari penelitian terdahulu yang mengindikasikan investigasi lebih lanjut perlu dilakukan pada *Social Influence*.

**H1** :Terdapat hubungan positif dan signifikan antara *Social Influence* dan *Perceived Usefulness*, yang menunjukkan bahwa pengaruh sosial dapat meningkatkan persepsi kegunaan suatu sistem.

**H2** : *Social Influence* diperkirakan memiliki kontribusi langsung yang signifikan terhadap *Behavioral Intention* dalam menggunakan teknologi.

#### **2.1.2. *Perceived Usefulness***

*Perceived Usefulness* dapat dimaknai sebagai tingkat seorang pengguna meyakini penggunaan sistem akan mampu membuat kinerjanya meningkat atau produktivitas mereka naik [11]. *Perceived Usefulness* ditemukan dapat mempengaruhi *Behavioral Intention* pengguna pada banyak penelitian [12], [13]. Karena pengaruhnya yang sangat kuat dalam mendorong adopsi teknologi, *Perceived Usefulness* menjadi salah satu variabel kunci dalam model Adopsi Teknologi. Pada penelitian ini *Perceived Usefulness* tetap dipertahankan dalam model penelitian sebagai variabel terkuat dari TAM.

**H3** : *Perceived Usefulness* mempengaruhi secara signifikan *Behavioral Intention*.

#### **2.1.3. *Perceived Ease of Use***

*Perceived Ease of Use* menggambarkan persepsi individu bahwa suatu teknologi dapat dioperasikan dengan mudah tanpa memerlukan upaya berlebihan dalam penggunaannya [14]. Berbagai studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use* berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan *Perceived Usefulness* [15]. Meskipun demikian, beberapa studi mengungkap hubungan antara keduanya tidak selalu bersifat linier, terutama dalam kasus dimana pengguna telah terbiasa menggunakan teknologi serupa atau memiliki dorongan yang kuat untuk belajar [16]. Selain itu, sejumlah penelitian juga menemukan bahwa *Perceived Ease of Use* secara signifikan *Behavioral Intention* dalam proses adopsi teknologi [17].

**H4** : *Perceived Ease of Use* mempengaruhi secara signifikan *Perceived Usefulness*.

**H5** : *Perceived Ease of Use* mempengaruhi secara signifikan *Behavioral Intention*.

#### **2.1.4. *Motivation***

Pada penelitian ini, *Motivation* dimaknai sebagai *Hedonic Motivation*, yakni perasaan senang atau kesenangan yang dialami individu saat menggunakan suatu

sistem. Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa *Motivation* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *Perceived Ease of Use* [9]. Namun, hingga saat ini belum banyak ditemukan bukti empiris yang dapat membuktikan pengaruh signifikan dan positif antara *Motivation* dan *Perceived Ease of Use*. Keterbatasan jumlah penelitian terkait pengaruh *Motivation* terhadap *Perceived Ease of Use*, menjadi dasar untuk melakukan kajian lanjutan terhadapnya.

**H6** : *Motivation* mempengaruhi secara signifikan *Perceived Ease of Use*.

#### 2.1.5. *Perceived Enjoyment*

*Perceived Enjoyment* juga dapat dipahami sebagai perasaan senang atau kepuasan yang dirasakan pengguna ketika berinteraksi dengan sebuah teknologi [15]. Penelitian sebelumnya menemukan kontribusi yang positif *Perceived enjoyment* terhadap persepsi memudahkan (*Perceived Ease of Use*) [15]. Temuan ini diperkuat oleh kondisi bahwa mayoritas pengguna sistem telah memiliki tingkat keterampilan penggunaan internet yang relatif tinggi. Selain itu, beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *Perceived Enjoyment* tidak selalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *Perceived Ease of Use*. [16].

**H7** : *Perceived Enjoyment* mempengaruhi secara signifikan *Perceived Ease of Use*.

#### 2.1.6. *Self-Efficacy*

*Self-Efficacy*, dimaknai dengan sebuah keyakinan seseorang tentang kemampuan pribadinya dalam mengerjakan suatu penugasan atau mencapai tujuan tertentu, dan hal ini dianggap sebagai faktor penting dalam proses adopsi teknologi [18]. Penelitian-penelitian terdahulu mengindikasikan adanya *pengaruh positif yang signifikan antara Self-Efficacy dan Perceived Ease of Use*, yang mengisyaratkan bahwa semakin tinggi keyakinan pengguna terhadap kemampuan mereka sendiri, maka semakin besar pula persepsi mereka bahwa sistem tersebut mudah digunakan [16]. Namun, beberapa riset juga menungkap bahwa *Self-Efficacy* tidak selalu menjadi prediktor kuat bagi *Perceived Ease of Use* [15].

**H8** : *Self-Efficacy* mempengaruhi secara signifikan *Perceived Ease of Use*

### 2.2. Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan *cross-sectional* yang bertujuan untuk mengumpulkan data deskriptif dan analitik dalam rentang waktu lima bulan yang dimulai dari Januari hingga Mei 2025. Metode yang digunakan bersifat kuantitatif, dengan fokus pada pengujian hubungan antar variabel berdasar pada hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya [19]. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi hubungan kausal antar faktor melalui analisis statistik inferensial [20]. Dalam tahap pengumpulan data, dilakukan metode survei dengan kuesioner sebagai instrumen utama.

### 2.3. Populasi dan Sampel

Populasi/semesta yang digunakan adalah keseluruhan pelajar perguruan tinggi swasta di wilayah Jawa Timur yang pernah menggunakan *Google Classroom* dalam proses pembelajaran. Karena jumlah populasi tidak diketahui secara pasti namun bisa dipastikan melebihi 100.000 orang maka untuk mendapatkan hasil penelitian

dengan tingkat kepercayaan 90% dan tingkat presisi +10% maka jumlah sampel minimum yang harus disediakan adalah 100 orang responden [21]. teknik judgemental sampling digunakan dalam menentukan responden penelitian, dengan kriteria responden adalah *pelajar* aktif dari perguruan tinggi swasta di wilayah Provinsi Jawa Timur Indonesia yang berpengalaman menggunakan *Google Classroom* selama minimal satu semester. Pengambilan data primer dilakukan melalui kuesioner daring yang disebarakan kepada responden melalui Pesan *Whatsapp* dan *Google Classroom*.

#### 2.4. Instrumen Penelitian

Instrumen kuesioner dalam penelitian ini dikembangkan berdasarkan indikator-indikator yang merepresentasikan masing-masing variabel dalam model penelitian. Variabel *Social Influence* dan *Motivation* masing-masing diukur menggunakan lima indikator, sementara *Perceived Usefulness*, *Perceived Ease of Use*, *Perceived Enjoyment*, *Self-Efficacy*, dan *Behavioral Intention* masing-masing terdiri atas empat indikator. Instrumen kuesioner dibagi menjadi dua bagian, yakni bagian pertama berfungsi untuk mengumpulkan informasi demografis atau profil responden, sedangkan bagian kedua digunakan untuk mengukur setiap variabel yang diteliti. Untuk menilai persepsi responden terhadap adopsi *Google Classroom*, digunakan skala Likert lima poin. Penggunaan Skala likert lima poin umum digunakan untuk penelitian dibidang adopsi teknologi karena dinilai dapat mengurangi ambiguitas serta meningkatkan keterselesaian pengisian kuesioner [22].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Data Preprocessing

Hasil penyebaran kuesioner secara daring diperoleh 163 data responden. Setelah dilakukan pengujian *missing value*, duplikasi data, dan *outlier*, ditemukan 17 data belum memenuhi syarat agar bisa dilakukan analisis lanjutan. Dengan demikian, jumlah sampel yang memenuhi syarat untuk dilanjutkan pada proses analisis adalah 146 responden.

#### 3.2. Uji Validitas dan Reliabilitas

Pengujian validitas yang dijalankan menggunakan *factor analysis* agar dapat memastikan setiap item pertanyaan mengukur faktor yang seharusnya diukur, dengan kriteria penerimaan nilai *loading factor*  $> 0,5$  [23]. *Factor analysis* digunakan untuk tujuan mengevaluasi validitas konstruk. Metode ekstraksi yang dipilih adalah *Principal Component Analysis* (PCA) [24]. Nilai *eigen value* dengan *cut-off point* 1,0 digunakan untuk menentukan jumlah faktor yang akan diekstraksi dari data serta *loading factor* yang diterima harus memiliki nilai paling rendah adalah 0,4 [25]. *Rotation* yang dipilih adalah *equamax rotation*. Hasil pengujian dipatkan hasil seluruh item indikator telah *discriminant* dan *convergence* yang berarti bahwa setiap instrumen-instrumen penelitian validitasnya baik.

Reliabilitas model diuji melalui perhitungan *Cronbach's Alpha*, dengan ambang batas penerimaan sebesar 0,7 untuk menjamin keandalan data [26]. Pengujian reliabilitas ini penting agar kuesioner menghasilkan konsistensi data jika digunakan berulang kali dalam kondisi yang sama [27]. Hasil pengujian reliabilitas



menunjukkan setiap konstruk yang digunakan memiliki *Cronbach's Alpha* bernilai lebih dari 0,7 dan mengkonfirmasi konsistensi instrumen penelitian yang bagus.

### 3.3. Uji Normalitas Distribusi Data

Uji distribusi normal pada data penting dalam memastikan asumsi model statistik terpenuhi, terutama saat menggunakan uji statistik parametrik yang memerlukan data terdistribusi secara normal [28]. Dalam penelitian ini, normalitas distribusi data diuji dengan *skewness* dan *kurtosis*. Kedua metode ini dipilih karena kecepatan dan tingkat akurasi yang tinggi [29]. Suatu data dikatakan berdistribusi normal jika nilai *kurtosis* dibawah  $\pm 7$  dan nilai *skewness* dibawah  $\pm 3$  [30]. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *skewness* dan *kurtosis* menunjukkan bahwa data pada penelitian ini terdistribusi secara normal pada semua indikator.

### 3.4. Goodness of Fit Test

Evaluasi *goodness of fit* dilakukan terhadap keseluruhan model untuk menilai sejauh mana model tersebut layak digunakan dalam menjelaskan hubungan antar variabel. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa GFI, AGFI dan NFI masih berada pada kategori *poor fit*. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi model secara iteratif berdasarkan pada saran yang dihasilkan oleh perangkat lunak analisis data. Pada proses modifikasi model, indikator BI2, SI5, PU3, MOT2, PE3, SE2, SE4 dihapus karena memiliki stadardized residual yang tinggi.

Setelah dilajukan modifikasi model, seluruh indeks dari parameter menunjukkan *good fit* kecuali GFI yang tetap bernilai *poor fit*. Walaupun nilai GFI menunjukkan *poor fit*, model dapat diterima karena nilai dari parameter yang lain menunjukkan *good fit* [31]. Berikut nilai *goodness of fit* hasil modifikasi model yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Goodness of Fit*

Kriteria	CMIN/	SRMR	GFI	AGFI	NFI	IFI	CFI	RMSEA
Threshold	$\leq 5$	$\leq 0,05$	$\geq 0,90$	$\geq 0,80$	$\geq 0,90$	$\geq 0,90$	$\geq 0,90$	$\leq 0,08$
Nilai	1,471	0,032	0,852	0,812	0,928	0,976	0,975	0,057
Status	Good	Good	Poor	Good	Good	Good	Good	Good

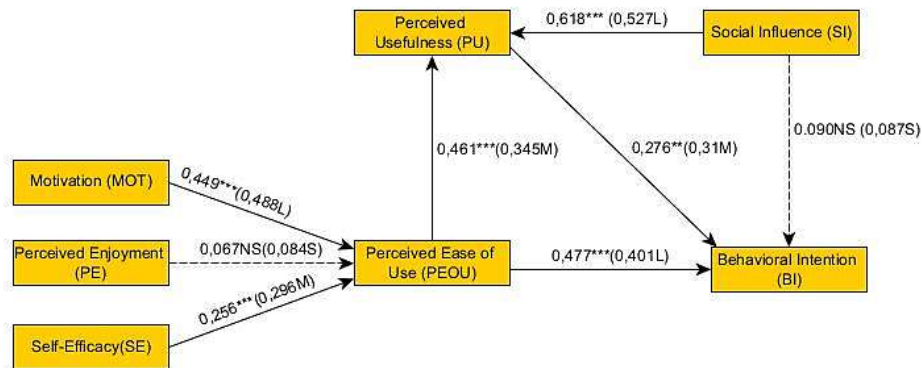
### 3.5. Demografi Responden

Responden dari penelitian ini memiliki usia dari rentang 17 hingga 30 tahun. jumlah responden berjenis Bergender Pria sebanyak 58 (39,7%) orang dan wanita sejumlah 88 (60,3%). Responden tersebar dari prodi sistem informasi sebanyak 72 orang, PGMI 24 orang, Informatika 20 orang, Ekonomi Syariah 10 orang, Pendidikan Matematika 3 orang, PAI dan Agroteknologi masing-masing 2 orang, dan masing-masing 1 orang untuk Manajemen, Ekonomi Syariah, Ilmu Hukum, Teknik Sipil, lainnya sebanyak 9 orang.

### 3.6. Analisis Data

Karena penelitian ini melibatkan sejumlah variabel serta analisis hubungan antar variabel yang kompleks, maka digunakan model analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan pendekatan *Latent Structured Regression* (LSR). Menurut pendapat Kline dikutip dari [32], alasan penggunaan LSR adalah karena sifat

penelitian yang *confirmatory research* dan setiap Faktor diukur oleh lebih dari sebuah indikator. Proses analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak pengolahan data statistik SPSS dan AMOS Versi 22. Hasil analisis model yang dilakukan sebagaimana gambar 2.



### Gambar 1 Hasil Analisis SEM

### 3.7. Uji Signifikansi (*t*-test)

Hasil *significancy test* menunjukkan enam hipotesis dari total delapan hipotesis yang diajukan dapat diterima. Lima hipotesis diantaranya H1 (SI→PU), H4 (PEOU → PU), H5 (PEOU →BI), H6 (MOT → PEOU), H8 (SE →PEOU) memiliki nilai *p-value* “\*\*\*” dan satu hipotesis memiliki *p-value* “\*\*\*” yaitu H3 (PU→BI) yang artinya dinyatakan hasilnya positif dan signifikan. Dua hipotesis dinyatakan ditolak sebab *p-value* yang didapatkan melebihi 0,05 yaitu H2 (SI → BI) dengan *p-value* 0,360 dan H7 (PE → PEOU) dengan *p-value* 0,357.

### 3.8. *Effect Size*

Uji signifikansi tidak cukup untuk menguji hubungan antar variabel, karena dibalik kepraktisannya terdapat banyak masalah sebaliknya [33]. Pada tahun 2002 *American Psychological Association* mengatakan bahwa penelitian dengan nilai signifikansi saja tanpa *effect size* dianggap cacat[34]. Hasil pengujian *effect size* menunjukkan dua hipotesis yang tidak signifikan memiliki *effect size* small. Tiga hipotesis yaitu H3 (PU→BI), H4 (PEOU→PU), dan H8 (SE→PEOU) memiliki nilai *effect size* medium. Tiga hipotesis terbukti memiliki *effect size* Large yaitu H1 (SI→PU), H5 (PEOU→BI), dan H6 (MOT→PEOU).

### 3.9. Squared Multiple Correlation ( $R^2$ )

Analisis terhadap *Squared Multiple Correlation* menunjukkan sejauh mana variasi pada variabel dependen BI, PU, dan PEOU, bisa menjelaskan variabel eksogenus yang dihipotesiskan pada bagian model penelitian [35]. Semakin tinggi nilai *Squared Multiple Correlation*, maka semakin tinggi pula proporsi varians variabel dependen mampu menjelaskan variabel independen, yang sekaligus mencerminkan kekuatan prediktif dari model tersebut[36]. Hasil analisis *Squared Multiple Correlation Perceived Ease of Use* adalah 0,609 (artinya 60,9% variansnya dapat dijelaskan/tingkat determinasi), *Perceived Usefulness* 0,581 (Determinasi = 58,1%), *Behavioral Intention* 0,489 (determinasi = 48,9%).

#### 4. Kesimpulan

Sebagai kesimpulan dari penelitian ini, dikembangkan sebuah model teoritis yang mengintegrasikan kerangka kerja TAM dengan faktor *Social Influence* dari social cognitive theory, dan menambahkan tiga faktor eksternal yaitu *Motivation*, *Perceived Enjoyment*, dan *Self-Efficacy*. Tujuan pengembangan model ini adalah untuk memahami aspek psikologis dan teknologi yang mempengaruhi keputusan adopsi *Google Classroom* di perguruan tinggi swasta di wilayah Jawa Timur.

Berdasarkan hasil analisis data, *Social Influence* terbukti memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap *Perceived Usefulness*, namun tidak menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan terhadap *Behavioral Intention*. Baik *Perceived Usefulness* maupun *Perceived Ease of Use* secara statistik terbukti berkontribusi signifikan terhadap *Behavioral Intention*, yang sekaligus menegaskan peran krusial kedua variabel tersebut dalam mendorong adopsi teknologi..

Selanjutnya, *Motivation* dan *Self-Efficacy* juga ditemukan mempengaruhi secara signifikan *Perceived Ease of Use*. Hal ini menyoroti peran penting motivasi internal dan keyakinan diri dalam mempermudah persepsi penggunaan teknologi. Namun, *Perceived Enjoyment* tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap *Perceived Ease of Use*, yang dapat mengindikasikan bahwa aspek kesenangan yang dirasakan bukanlah faktor utama dalam mempermudah persepsi penggunaan dalam konteks ini. Selain itu, *Perceived Ease of Use* terbukti signifikan dalam mempengaruhi *Perceived Usefulness*, yang menegaskan bahwa kemudahan penggunaan memfasilitasi persepsi tentang kegunaan suatu teknologi.

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi pengembang teknologi dan penyedia layanan pendidikan dalam merancang platform pembelajaran daring yang lebih *user-friendly* dan efektif. Universitas atau lembaga pendidikan dapat memanfaatkan temuan ini untuk mendorong tingkat penerimaan dan penggunaan platform pembelajaran online di kalangan *pelajar*.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] W. Nugroho, A. Setiawan, and B. N. Romadhoni, "Optimalisasi Blended Learning Berbantuan Google Classroom untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Sekolah Dasar," *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 141–151, Dec. 2021, doi: 10.53621/jippmas.v1i2.64.
- [2] L. A. D. Warman, "The Effect of Google Classroom in Blended Learning on University Students' English Ability," *J-SHMIC Journal of English for Academic*, vol. 8, no. 1, pp. 12–23, Feb. 2021, doi: 10.25299/jshmic.2021.vol8(1).6216.
- [3] H. Wulandari *et al.*, "Sosialisasi Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis IT untuk Menanggulangi Dampak Covid-19 dalam Bidang Pendidikan," *Mitra Mahajana Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 2, no. 2, pp. 145–153, May 2021, doi: 10.37478/mahajana.v2i2.956.
- [4] M. H. Wijaya and Y. Hafid, "PENERAPAN CHATBOT KUIS MESSENGER PADA GOOGLE CLASSROOM DALAM PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN BERORIENTASI OBJEK," *Jurnal Pendidikan dan*

- Profesi Keguruan*, vol. 1, no. 2, pp. 92–92, Jan. 2022, doi: 10.59562/progresif.v1i2.29549.
- [5] P. F. Dewi and A. S. Abadi, “The Determinant Analysis of the Utilization of Google Classroom as the E-Learning Facility in Yogyakarta Nahdlatul Ulama University,” *Telematika*, vol. 18, no. 1, pp. 12–12, Mar. 2021, doi: 10.31315/telematika.v18i1.3968.
- [6] M. Ilmi, F. S. Liyundira, A. Rachmawati, D. Juliasari, and P. Habsari, “Perkembangan Dan Penerapan Theory Of Acceptance Model (TAM) Di Indonesia,” *RELASI JURNAL EKONOMI*, vol. 16, no. 2, pp. 436–458, Jul. 2020, doi: 10.31967/relasi.v16i2.371.
- [7] V. Venkatesh, “Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model,” *Information Systems Research*, vol. 11, pp. 342–365, Dec. 2000, doi: 10.1287/isre.11.4.342.11872.
- [8] M. A. Ayanwale, R. R. Molefi, and S. Liapeng, “Unlocking educational frontiers: Exploring higher educators’ adoption of google workspace technology tools for teaching and assessment in Lesotho dynamic landscape,” *Heliyon*, vol. 10, no. 9, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30049.
- [9] M. Alotumi, “Factors influencing graduate students’ behavioral intention to use Google Classroom: Case study-mixed methods research,” *Educ Inf Technol*, vol. 27, no. 7, pp. 10035–10063, Aug. 2022, doi: 10.1007/s10639-022-11051-2.
- [10] R. A. P. Dianfah, D. D. Anggoro, and A. F. Shofwah, “ANALISIS BEHAVIORAL INTENTION PADA PENERAPAN TAX MONITORING MENGGUNAKAN MODEL UTAUT2.” Feb. 2024.
- [11] A. S. Rathnayake, T. D. H. N. Nguyen, and Y. Ahn, “Factors Influencing AI Chatbot Adoption in Government Administration: A Case Study of Sri Lanka’s Digital Government,” *Administrative Sciences*, vol. 15, no. 5, pp. 157–157, Apr. 2025, doi: 10.3390/admsci15050157.
- [12] R. Alfaisal *et al.*, “PREDICTING THE INTENTION TO USE GOOGLE GLASS IN THE EDUCATIONAL PROJECTS: A HYBRID SEM-ML APPROACH,” vol. 21, no. 6, 2022.
- [13] M. Al-Hamad, A. AlHamad, and K. Al-Qawasmi, “FACTORS AFFECTING THE ADOPTION OF GOOGLE TRANSLATION IN HIGHER EDUCATION THROUGH AN EXTENDED TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM): JORDAN AS A CASE STUDY,” *ICIC Express Letters*, vol. 15, no. 11, pp. 1177–1186, Jan. 2021, doi: 10.24507/icicel.15.11.1177.
- [14] M. R. Fearnley and J. T. Amora, “Learning Management System Adoption in Higher Education Using the Extended Technology Acceptance Model,” *IAFOR Journal of Education*, vol. 8, no. 2, pp. 89–106, Jul. 2020, doi: 10.22492/ije.8.2.05.
- [15] A. Qashou, “Influencing factors in M-learning adoption in higher education,” *Educ Inf Technol*, vol. 26, no. 2, pp. 1755–1785, Mar. 2021, doi: 10.1007/s10639-020-10323-z.
- [16] U. Alturki and A. Aldraiweesh, “Adoption of Google Meet by Postgraduate Students: The Role of Task Technology Fit and the TAM Model,”

- Sustainability*, vol. 14, no. 23, Art. no. 23, Jan. 2022, doi: 10.3390/su142315765.
- [17] X. Chen and L. Zhou, "Research on the Behavior of College Students' Online Tourism Booking Based on TAM," *Journal of Service Science and Management*, vol. 13, no. 1, pp. 28–44, Jan. 2020, doi: 10.4236/jssm.2020.131003.
- [18] E. Cheung and J. Sachs, "Test of the Technology Acceptance Model for a Web-Based Information System in a Hong Kong Chinese Sample," *Psychological Reports*, vol. 99, no. 3, pp. 691–703, Dec. 2006, doi: 10.2466/pr0.99.3.691-703.
- [19] D. Pibriana, "Technology Acceptance Model (TAM) untuk Menganalisis Penerimaan Pengguna Terhadap Penggunaan Aplikasi Belanja Online XYZ," *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 7, no. 3, pp. 580–592, Dec. 2020, doi: 10.35957/jatisi.v7i3.382.
- [20] J. W. Fernanda and N. Hidayah, "ANALISIS PENERIMAAN APLIKASI PEMBELAJARAN ONLINE MENGGUNAKAN TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL 3 DAN PARTIAL LEAST SQUARE STRUCTURAL EQUATION MODEL (PLS-SEM)," *Factor M*, vol. 3, no. 2, Jun. 2021, doi: 10.30762/factor-m.v3i2.3097.
- [21] G. D. Israel, "Determining Sample Size," *EDIS*, vol. 25, p. 2017, Nov. 1992, [Online]. Available: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=K7X8WKEAAAAJ&citation\\_for\\_view=K7X8WKEAAAAJ:mvPsJ3kp5DgC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=K7X8WKEAAAAJ&citation_for_view=K7X8WKEAAAAJ:mvPsJ3kp5DgC)
- [22] N. Bouranta, L. Chitiris, and J. Paravantis, "The relationship between internal and external service quality," *Int J Contemp Hospitality Mngt*, vol. 21, no. 3, pp. 275–293, Apr. 2009, doi: 10.1108/09596110910948297.
- [23] N. W. Ardini, "Questionnaire of Students' Responses in Use Google Classroom: Validity and Reliability Tests," *International Journal of Language and Literature*, vol. 5, no. 4, pp. 205–211, Jun. 2023, doi: 10.23887/ijll.v5i4.43708.
- [24] A. P. Wetzel, "Factor Analysis Methods and Validity Evidence," *Academic Medicine*, vol. 87, no. 8. Lippincott Williams & Wilkins, pp. 1060–1069, Jun. 2012. doi: 10.1097/acm.0b013e31825d305d.
- [25] D. Straub and D. Gefen, "Validation Guidelines for IS Positivist Research," *CAIS*, vol. 13, 2004, doi: 10.17705/1CAIS.01324.
- [26] D. George and P. Mallery, *IBM SPSS Statistics 25 Step by Step : A simple guide and reference*, Fifteenth Edition. Taylor & Francis Group, 2019.
- [27] S. R. Arifin and E. G. Merdekawati, "Pengujian Usability Google Classroom Berdasarkan Model Use-Questionnaire," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 6, pp. 1247–1247, Nov. 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021863697.
- [28] K. Rahman and T. N. Yulian, "Determinan fraud prevention dengan akuntabilitas sebagai variabel mediating," *INOVASI*, vol. 17, no. 4, pp. 828–834, Dec. 2021, doi: 10.30872/jinv.v17i4.10244.
- [29] R. Berthanilla, Sukendar, I. A. Firdausi, and R. Yulianti, "Kemampuan Pegawai Terhadap Profesionalisme Pelayanan Publik," *Sawala Jurnal Administrasi Negara*, vol. 8, no. 1, pp. 95–116, Jul. 2020, doi: 10.30656/sawala.v8i1.2360.

- [30] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, *Multivariate data analysis*, 8th ed. Annabel Ainscow, 2019. doi: 10.2307/2344428.
- [31] D. Harefa and M. L. Purba, "PENGARUH HARGA DAN LOKASI TERHADAP KEPUTUSAN KONSUMEN MENGINAP DI HOTEL REDDOORZ NEAR HERMES PLACE POLONIA MEDAN PADA MASA PANDEMI COVID-19," *JURNAL MUTIARA MANAJEMEN*, vol. 5, no. 1, pp. 15–26, Jun. 2020, doi: 10.51544/jmm.v5i1.3042.
- [32] M. M. Abidin, E. Pramana, and J. P. Sugiono, "ADOPSI MOBILE PAYMENT DENGAN MENGGUNAKAN EXTENDED UNIFIED THEORY OF ACCEPTANCE AND USE OF TECHNOLOGY," *Joutica*, vol. 8, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2023, doi: 10.30736/informatika.v8i1.922.
- [33] R. E. Kirk, "Effect magnitude: A different focus," *Journal of Statistical Planning and Inference*, vol. 137, no. 5, pp. 1634–1646, May 2007, doi: 10.1016/j.jspi.2006.09.011.
- [34] American Psychological Association, *Publication Manual of the American Psychological Association*, 5th ed. Washington, DC: American Psychological Association, 2002. [Online]. Available: <https://cloudflare-ipfs.com/ipfs/bafykbzaceawyhyflfruf2mhsqqjthueohrsogt4nugylddl5yqvtm75oncowy?filename=American%20Psychological%20Association%20-%20Publication%20Manual%20of%20the%20American%20Psychological%20Association%2C%20Fifth%20Edition.pdf>
- [35] S. Pujilestari, M. Sayuti, and F. Tentama, "The Influence of Parental Guidance, Group of Peers, School Promotion, and Career Information on Course Preference Decision Class X SMK Muhammadiyah in Bantul," *Journal of Vocational Education Studies*, vol. 4, no. 1, pp. 11–11, May 2021, doi: 10.12928/joves.v4i1.2073.
- [36] S. A. Gumay and A. H. D. Seno, "Pengaruh Komunikasi Interpersonal dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan PT. Euro Management Indonesia," *JURNAL ADMINISTRASI BISNIS*, vol. 7, no. 2, pp. 68–68, Sep. 2018, doi: 10.14710/jab.v7i2.22691.

## Masalah Penugasan Pada Teknisi Untuk Perbaikan Mesin Produksi Dalam Skenario Ketidakpastian

Mohammad Syaiful Pradana<sup>1</sup>, Siti Alfiatur Rohmaniah<sup>2</sup>,  
Awawin Mustana Rohmah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan, [syaifulp@unisda.ac.id](mailto:syaifulp@unisda.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan, [sitialfiatur@unisda.ac.id](mailto:sitialfiatur@unisda.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Islam Darul 'ulum Lamongan, [awawin.emer@unisda.ac.id](mailto:awawin.emer@unisda.ac.id)

**Abstract.** The problem of technician assignment in terms of production machine repair is the main focus of this research to help smooth the production process, maintain the availability and performance of the machine where the repair process depends on the efficiency of the technician team. Unexpected machine damage, the level of complexity of machine repair, as well as different competencies and availability of technicians are part of the uncertainty conditions in machine repair. This research focuses on the uncertainty scenario (Sk1, Sk2, Sk3) of technician assignment for production machine repair with a case study involving 3 machines (M1, M2, M3) and 4 technicians (T1, T2, T3, T4). The method used adapts the Hurwicz and Bayes rules (H+B) where this method is designed for one-time decisions and pure strategies with the aim of minimizing the total machine repair time. The results of the application of the optimal solution method found are assignments (T1 - M1) 6.67 hours, (T2 - M2) 8.46 hours, and (T4 - M3) 7.86 hours and resulting in a minimum total repair time of 22.99 hours. Further research could be conducted to extend the model to consider different repair costs and technician capabilities as well as other approaches to uncertainty such as Fuzzy Logic or Stochastic Programming.

**Keywords:** *Assignment Problems, Production Machine Repair, Hurwicz and Bayes Rules, Uncertainty Conditions*

**Abstrak.** Masalah penugasan teknisi dalam hal perbaikan mesin produksi menjadi fokus utama penelitian ini untuk membantu kelancaran proses produksi, menjaga ketersediaan dan kinerja mesin dimana proses perbaikan tersebut bergantung pada efisiensi tim teknisi. Kerusakan mesin yang tak terduga, tingkat kompleksitas perbaikan mesin, serta kompetensi yang berbeda dan ketersediaan teknisi merupakan bagian dari kondisi ketidakpastian dalam perbaikan mesin. Penelitian ini berfokus pada skenario ketidakpastian (Sk1, Sk2, Sk3) penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi dengan studi kasus yang melibatkan sebanyak 3 mesin (M1, M2, M3) dan 4 teknisi (T1, T2, T3, T4). Metode yang digunakan mengadaptasi aturan Hurwicz dan Bayes (H+B) dimana metode ini dirancang untuk keputusan satu kali dan strategi murni dengan tujuan meminimalkan total waktu perbaikan mesin. Hasil penerapan metode solusi optimal yang ditemukan adalah penugasan (T1 - M1) 6.67 jam, (T2 - M2) 8.46 jam, dan (T4 - M3) 7.86 jam dan menghasilkan total waktu perbaikan minimal 22.99 jam. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan perluasan model untuk mempertimbangkan biaya perbaikan dan kemampuan teknisi yang berbeda serta pendekatan lain untuk ketidakpastian seperti Fuzzy Logic atau Stochastic Programming.

**Kata Kunci:** *Masalah Penugasan, Perbaikan Mesin Produksi, Aturan Hurwicz dan Bayes, Kondisi Ketidakpastian*

## 1 Pendahuluan

Pada dunia manufaktur modern saat ini pengelolaan operasional dihadapkan pada kompleksitas yang semakin rumit terutama dalam memastikan kelancaran proses produksi. Ketersediaan dan kinerja mesin merupakan faktor penting untuk menjaga keberlanjutan produksi dimana perbaikan dan perawatannya bergantung pada seberapa efektif tim teknisi bekerja. Oleh karena itu, menugaskan teknisi untuk memperbaiki mesin produksi menjadi isu yang penting dan menarik untuk dipecahkan. Secara umum, masalah penugasan adalah masalah diskrit dan kombinatorial dimana setiap orang ditugaskan untuk mengerjakan tugas tertentu dengan tujuan mencapai efisiensi tertinggi atau meminimalkan biaya maupun waktu secara keseluruhan [1], [2]. Masalah penugasan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari manajemen sumber daya manusia yang mencakup penyusunan rencana sumber daya manusia, perekrutan tim, serta pengembangan dan pengelolaan tim [3].

Dalam skenario ideal dengan parameter yang deterministik, model optimasi masalah penugasan dapat diselesaikan dengan relatif mudah. Kondisi seperti ini biasanya ditemukan dalam proyek standar yang telah dikenal dan dilaksanakan dalam lingkungan yang stabil dan tenang. Namun, realitas operasional dalam industri manufaktur sering kali jauh dari ideal. Lingkungan yang dinamis dan penuh ketidakpastian menjadikan penugasan teknisi untuk perbaikan mesin sebagai tugas yang jauh lebih rumit [4]. Faktor-faktor seperti kerusakan mesin yang tidak terduga, ketersediaan suku cadang yang bervariasi, tingkat kompleksitas perbaikan yang berbeda-beda, serta kompetensi dan ketersediaan teknisi yang fluktuatif, semuanya berkontribusi pada ketidakpastian ini [5].

Ketika mempertimbangkan proyek-proyek baru (inovasi) atau proyek-proyek yang dilakukan dalam masa-masa yang sangat bergejolak (misalnya, krisis ekonomi, pandemi, perubahan peraturan yang tidak stabil, atau kurangnya bahan baku), estimasi parameter menjadi lebih kompleks. Dalam kasus ekstrem, bahkan penggunaan kalkulus probabilitas pun tidak direkomendasikan. Oleh karena itu, pengambilan keputusan di bawah kondisi kepastian dalam manajemen sumber daya manusia hanya merupakan karakteristik proyek standar yang dilaksanakan di lingkungan yang tenang, yang dalam praktiknya tidak sering terjadi terutama di era sekarang [6]. Ketidakpastian dalam konteks ini diasumsikan terjadi ketika setidaknya satu parameter dari masalah keputusan tidak bersifat deterministik.

Penelitian telah mengeksplorasi masalah penugasan dengan parameter yang tidak pasti melalui metode yang didasarkan pada tinjauan tentang perkembangan dalam masalah penugasan random [7], algoritma genetik untuk memecahkan masalah penugasan multiobjektif fuzzy [8]. Meskipun demikian, ketidakpastian bisa menjadi sangat kompleks sehingga pengukuran-pengukuran tersebut menjadi sulit dipahami secara operasional oleh pengambil keputusan dan hampir tidak mungkin untuk divalidasi [9]. Oleh karena itu, mereka mendorong penggunaan skenario untuk menggambarkan "kemungkinan cara masa depan terungkap".

Perencanaan skenario (*Scenario Planning*) adalah alat yang banyak diterapkan dalam proses pengambilan keputusan, terutama berguna dalam menghadapi masalah di bawah ketidakpastian [9], [10]. Keunggulannya terletak pada kesederhanaannya dan tidak memerlukan informasi tentang kemungkinan yang sangat dibutuhkan dalam proyek-proyek dengan tingkat kebaruan yang tinggi



dan lingkungan yang cepat berubah. *Scenario Planning* telah dikombinasikan dengan masalah penugasan dalam situasi di mana pengambil keputusan adalah seorang pesimis yang kuat. Helena Gaspars-Wieloch telah mengusulkan algoritma yang menggabungkan pemrograman biner dengan perencanaan skenario dan menerapkan koefisien optimisme, yang menggambarkan sifat manajer (sikap terhadap risiko) [11]. Pendekatan ini mengatasi keterbatasan probabilitas dalam konteks proyek inovatif yang data historisnya terbatas.

Dalam konteks penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi, parameter kinerja teknisi (misalnya, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perbaikan atau biaya yang terkait) dapat sangat bervariasi. Faktor-faktor internal seperti pengalaman, kemampuan, kondisi fisik dan mental teknisi dapat berubah. Selain itu, faktor eksternal seperti ketersediaan alat khusus, kompleksitas kerusakan yang tidak diketahui sebelumnya, keterlambatan pengiriman suku cadang, dan bahkan kondisi lingkungan kerja dapat memengaruhi kinerja. Oleh karena itu, pendekatan deterministik tidak lagi memadai.

Gap dalam literatur yang diidentifikasi adalah kurangnya metode yang dirancang untuk masalah penugasan dalam kondisi ketidakpastian, yang (1) mudah digunakan oleh manajer, (2) tidak memerlukan data yang terlalu sulit untuk diperkirakan dalam kasus proyek dengan tingkat kebaruan tinggi dan lingkungan yang cepat berubah (seperti angka fuzzy atau probabilitas), dan (3) akan berguna untuk semua jenis pengambil keputusan (pesimis, moderat, dan optimis). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan model dan prosedur yang sesuai untuk masalah penugasan teknisi dalam perbaikan mesin produksi di bawah ketidakpastian, dengan mempertimbangkan karakteristik unik dari lingkungan industri manufaktur.

## 2 Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber pada skenario penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi. Sumber data secara spesifik sebagai berikut.

1. Definisi tugas dan agen berupa identifikasi secara jelas jumlah mesin yang memerlukan perbaikan dan jumlah teknisi yang tersedia. Dalam studi kasus ini, terdapat 3 mesin (M1, M2, M3) yang memerlukan perbaikan dan 4 teknisi (T1, T2, T3, T4) yang tersedia.
2. Data kinerja berdasarkan skenario berupa waktu perbaikan (dalam jam) untuk setiap kombinasi teknisi-mesin dikumpulkan dan dikategorikan berdasarkan skenario ketidakpastian meliputi kerusakan ringan (Sk.1), kerusakan sedang (Sk.2), dan kerusakan berat (Sk.3).
3. Koefisien optimisme dan pesimisme manajer berupa tingkat optimisme ( $\alpha$ ) ditetapkan untuk setiap teknisi dimana mencerminkan sikap manajer terhadap kemampuan teknisi tersebut dalam menyelesaikan tugas dengan cepat (meminimalkan waktu). Koefisien ini dapat didasarkan pada pengalaman masa lalu dan keandalan teknisi.
4. Batasan spesialisasi berupa informasi mengenai batasan kemampuan teknisi untuk memperbaiki jenis mesin tertentu juga akan disertakan sebagai batasan dalam model optimasi (diketahui T1 tidak bisa memperbaiki M3, dan T3 tidak bisa memperbaiki M1).

Kondisi ketidakpastian dalam masalah penugasan teknisi ini dimodelkan melalui pendekatan perencanaan skenario (*scenario planning*). Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kinerja di bawah berbagai kemungkinan kondisi tanpa memerlukan estimasi probabilitas yang sulit dan tidak realistis untuk situasi yang cepat berubah atau belum pernah terjadi sebelumnya. Ketidakpastian muncul karena kinerja teknisi dalam memperbaiki mesin sangat bergantung pada kondisi mesin yang tidak selalu bisa diprediksi, seperti tingkat kerusakan (minor maupun mayor), ketersediaan suku cadang yang tak terduga, atau kompleksitas masalah yang baru terungkap saat perbaikan.

Dalam penelitian ini, skenario-skenario yang relevan yaitu 1) skenario 1 (Sk.1/kerusakan ringan) merepresentasikan kondisi ideal dengan waktu perbaikan minimal, 2) skenario 2 (Sk.2/kerusakan sedang) merepresentasikan kondisi umum dengan tingkat kesulitan menengah dan 3) skenario 3 (Sk.3/kerusakan berat) merepresentasikan kondisi terburuk dengan waktu perbaikan maksimal. Setiap skenario akan memiliki nilai waktu perbaikan yang berbeda untuk setiap kombinasi teknisi-mesin, memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap dampak ketidakpastian terhadap solusi penugasan.

Algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penugasan teknisi dalam kondisi ketidakpastian ini didasarkan pada metode yang mengadaptasi aturan Hurwicz dan Bayes (H+B) [12]. Algoritma ini dirancang untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*), yang berarti hanya satu varian keputusan yang dipilih. Langkah-langkah utama algoritma adalah sebagai berikut:

**1. Definisi Awal Target dan Batasan**

Menentukan tujuan, kumpulan agen, kumpulan tugas, batasan, dan skenario yang mungkin untuk setiap kinerja agen-tugas yang tidak pasti.

**2. Estimasi Koefisien Optimisme dan Pesimisme Manajer**

Untuk setiap teknisi, diestimasi koefisien optimisme ( $\alpha$ ) yang mencerminkan sikap pengambil keputusan terhadap risiko. Karena tujuannya adalah minimisasi waktu perbaikan, koefisien optimisme yang tinggi berarti manajer sangat optimis bahwa teknisi akan menyelesaikan pekerjaan dengan cepat, bahkan dalam kondisi terburuk. Koefisien pesimisme ( $\beta$ ) dihitung sebagai  $1-\alpha$ . Contoh koefisien optimisme untuk setiap teknisi telah ditetapkan (misalnya, T1:  $\alpha=0.8$ , T2:  $\alpha=0.3$ , T3:  $\alpha=0.5$ , T4:  $\alpha=0.6$ ).

**3. Penerapan Aturan H+B untuk Menghitung Indeks Waktu Perbaikan**

Aturan H+B diterapkan secara terpisah untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang memungkinkan. Indeks H+B ini menggabungkan fitur dari aturan Hurwicz (yang mempertimbangkan nilai ekstrem) dan aturan Bayes (yang mempertimbangkan semua skenario) untuk menghasilkan nilai tertimbang yang merepresentasikan "waktu perbaikan yang diharapkan" dalam kondisi ketidakpastian dan sikap manajer. Karena tujuan adalah minimisasi waktu, "nilai terbaik" adalah waktu terkecil dari skenario, dan "nilai terburuk" adalah waktu terbesar.

- Untuk Manajer Optimis ( $\alpha > 0.5$ ): koefisien optimisme ( $\alpha$ ) dikalikan dengan nilai terbaik (terkecil), dan sisa bobot ( $\beta$ ) diberikan kepada nilai-nilai skenario lainnya. Formula yang digunakan untuk minimisasi saat manajer optimis yaitu:

$$H + B_{idx} = \frac{(\alpha \times \text{nilai terkecil}) + \sum_{i=1}^{n-1} (\beta \times \text{nilai skenario sisa ke } i)}{(\alpha + \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i)} \quad (1)$$

- Untuk Manajer Pesimis ( $\alpha < 0.5$ ): koefisien pesimisme ( $\beta$ ) dikalikan dengan nilai terburuk (terbesar), dan sisa bobot ( $\alpha$ ) diberikan kepada nilai-nilai skenario lainnya. Formula yang digunakan untuk minimisasi saat manajer pesimis yaitu:

$$H + B_{idx} = \frac{(\beta \times \text{nilai terbesar}) + \sum_{i=1}^{n-1} (\alpha \times \text{nilai skenario sisa ke } i)}{(\beta + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i)} \quad (2)$$

- Untuk pengambil keputusan moderat ( $\alpha = \beta = 0.5$ ): indeks H+B setara dengan indeks Bayes, di mana semua nilai skenario diberi bobot yang sama atau mengikuti salah satu formula di atas dengan  $\alpha=0.5$ .

Perhitungan ini akan diulang untuk semua kombinasi teknisi-mesin, menghasilkan matriks indeks H+B yang sudah deterministik.

#### 4. Penyelesaian Model

Penyelesaian model optimasi ini menghasilkan penugasan teknisi yang meminimalkan total waktu perbaikan berdasarkan indeks H+B dengan menggunakan metode penugasan (melalui inspeksi manual untuk kasus kecil atau solver optimasi)

#### 5. Koreksi Solusi (Opsional)

Setelah mendapatkan penugasan optimal, manajer dapat menghitung deviasi standar dari waktu perbaikan asli untuk setiap penugasan yang terpilih. Jika ada penugasan yang memiliki deviasi standar sangat tinggi (menunjukkan dispersi hasil skenario yang signifikan), manajer dapat mempertimbangkan untuk mengoreksi penugasan tersebut atau mencari alternatif yang lebih stabil, meskipun mungkin sedikit kurang optimal dari segi waktu H+B. Metode ini memungkinkan untuk memperhitungkan setiap hasil yang diprediksi dan memberikan bobot tertinggi pada hasil yang paling diharapkan oleh pengambil keputusan.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil dari penerapan metode penugasan tak pasti pada studi kasus penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi, diikuti dengan pembahasan implikasinya. Pada kasus ini, pabrik memiliki beberapa mesin produksi krusial yang memerlukan perawatan atau perbaikan rutin. Pada pabrik ini, ada 3 mesin yang memerlukan perbaikan (M1, M2, M3) dan 4 teknisi yang tersedia (T1, T2, T3, T4). Kinerja teknisi dalam memperbaiki mesin sangat bergantung pada kondisi mesin yang tidak selalu bisa diprediksi (adanya kerusakan minor atau mayor, ketersediaan suku cadang tak terduga, ataupun kompleksitas masalah yang baru terungkap saat perbaikan). Dalam hal ini tujuan pabrik yaitu meminimalkan total waktu perbaikan.

#### 1. Definisi Target dan Batasan

**Tujuan:** Minimalkan

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 H + B_{ij} X_{ij}$$

**Batasan:**

- Setiap mesin harus diperbaiki oleh satu teknisi.

$$\sum_{i=1}^4 X_{ij} = 1, \forall \text{ mesin } j \in \{M1, M2, M3\}$$

- Setiap teknisi dapat ditugaskan untuk memperbaiki maksimal satu mesin.

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} \leq 1, \forall \text{ teknisi } i \in \{T1, T2, T3, T4\}$$

- Ada batasan spesialisasi: T1 tidak bisa memperbaiki M3 dan T3 tidak bisa memperbaiki M1.

$$X_{T1,M3} = 0, X_{T3,M1} = 0$$

- Variabel biner

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

## 2. Data Kinerja dan Skenario Ketidakpastian

Untuk setiap kombinasi Teknisi-Mesin, kita punya beberapa skenario waktu perbaikan (*Sk.1: Kerusakan Ringan, Sk.2: Kerusakan Sedang, Sk.3: Kerusakan Berat*).

**Tabel 1.** Data Kinerja Teknisi (waktu perbaikan dalam Jam) dan Skenario Ketidakpastian

Kombinasi	Sk.1 (Ringan)	Sk.2 (Sedang)	Sk.3 (Berat)
T1 - M1	5	8	12
T1 - M2	6	9	15
T1 - M3	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>
T2 - M1	7	10	14
T2 - M2	4	7	11
T2 - M3	8	12	18
T3 - M1	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>
T3 - M2	5	9	13
T3 - M3	6	10	16
T4 - M1	6	9	13
T4 - M2	7	11	16
T4 - M3	5	8	12

## 3. Estimasi Koefisien Optimisme/Pesimisme Manajer

Manajer proyek memiliki tingkat optimisme yang berbeda terhadap setiap teknisi yang didasarkan pada pengalaman sebelumnya atau keandalan. Karena tujuannya adalah meminimalkan waktu, optimisme yang dimaksud yaitu manajer berharap waktu perbaikan akan rendah. Jadi, koefisien optimisme tinggi berarti manajer sangat optimis bahwa teknisi tersebut akan menyelesaikan pekerjaan dengan cepat, bahkan dalam kondisi terburuk. Koefisien optimisme ( $\alpha$ ) untuk setiap teknisi sebagai berikut.

- T1 (teknisi berpengalaman, cenderung menyelesaikan dengan cepat):  $\alpha = 0.8$  (sangat optimis waktu akan rendah)
- T2 (teknisi baru, kurang pengalaman):  $\alpha = 0.3$  (agak pesimis, cenderung menduga waktu akan tinggi)
- T3 (teknisi kompeten, kadang lambat):  $\alpha = 0.5$  (netral)
- T4 (teknisi cepat, tapi kadang ada hambatan tak terduga):  $\alpha = 0.6$  (cukup optimis)

#### 4. Penerapan Aturan H+B untuk Menghitung Indeks Waktu Perbaikan Rata-rata Tertimbang

Pada tahap ini menghitung Indeks H+B untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang memungkinkan. Indeks ini mengintegrasikan waktu perbaikan dari berbagai skenario ketidakpastian (kerusakan ringan, sedang, dan berat) dengan mempertimbangkan koefisien optimisme ( $\alpha$ ) masing-masing teknisi. Koefisien optimisme dan pesimisme ( $\beta = 1 - \alpha$ ) digunakan untuk menimbang hasil skenario, mencerminkan sikap manajer terhadap risiko. Berdasarkan data waktu perbaikan dan koefisien optimisme teknisi, perhitungan indeks H+B dilakukan sebagai berikut, dengan mengadopsi formula (1) dan (2) sebagai berikut.

- Untuk manajer optimis ( $\alpha > 0.5$ )

$$H + B_{idx} = \frac{(\alpha \times \text{nilai terkecil}) + (\beta \times \text{nilai tengah}) + (\beta \times \text{nilai terbesar})}{(\alpha + \beta + \beta)}$$

- Untuk manajer pesimis ( $\alpha < 0.5$ )

$$H + B_{idx} = \frac{(\beta \times \text{nilai terbesar}) + (\alpha \times \text{nilai tengah}) + (\alpha \times \text{nilai terkecil})}{(\beta + \alpha + \alpha)}$$

- Untuk manajer moderat ( $\alpha = 0.5$ ) menggunakan formula optimis atau pesimis dengan  $\alpha = 0.5$

Hasil perhitungan indeks H+B untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang valid sebagai berikut.

- T1( $\alpha = 0.8, \beta = 0.2$ )

T1 – M1: {5,8,12}

$$H + B_{T1-M1} = \frac{(0.8 \times 5) + (0.2 \times 8) + (0.2 \times 12)}{(0.8 + 0.2 + 0.2)} = \frac{8}{1.2} \approx 6.67 \text{ jam}$$

T1 – M2: {6,9,15}

$$H + B_{T1-M2} = \frac{(0.8 \times 6) + (0.2 \times 9) + (0.2 \times 15)}{(0.8 + 0.2 + 0.2)} = \frac{9.6}{1.2} = 8.00 \text{ jam}$$

T1 – M3: tidak bisa

- T2( $\alpha = 0.3, \beta = 0.7$ )

T2 – M1: {7,10,14}

$$H + B_{T2-M1} = \frac{(0.7 \times 14) + (0.3 \times 10) + (0.3 \times 7)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{14.9}{1.3} \approx 11.46 \text{ jam}$$

T2 – M2: {4,7,11}

$$H + B_{T2-M2} = \frac{(0.7 \times 11) + (0.3 \times 7) + (0.3 \times 4)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{11.0}{1.3} \approx 8.46 \text{ jam}$$

T2 – M3: {8,12,18}

$$H + B_{T2-M3} = \frac{(0.7 \times 18) + (0.3 \times 12) + (0.3 \times 8)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{18.6}{1.3} \approx 14.31 \text{ jam}$$

- T3( $\alpha = 0.5, \beta = 0.5$ )

T3 – M1: tidak bisa

$$T3 - M2: \{5,9,13\}$$

$$H + B_{T3-M2} = \frac{(0.5 \times 5) + (0.5 \times 9) + (0.5 \times 13)}{(0.5 + 0.5 + 0.5)} = \frac{13.5}{1.5} = 9.00 \text{ jam}$$

$$T3 - M3: \{6,10,16\}$$

$$H + B_{T3-M3} = \frac{(0.5 \times 6) + (0.5 \times 10) + (0.5 \times 16)}{(0.5 + 0.5 + 0.5)} = \frac{16.0}{1.5} \approx 10.67 \text{ jam}$$

- $T4(\alpha = 0.6, \beta = 0.4)$

$$T4 - M1: \{6,9,13\}$$

$$H + B_{T4-M1} = \frac{(0.6 \times 6) + (0.4 \times 9) + (0.4 \times 13)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{12.4}{1.4} \approx 8.86 \text{ jam}$$

$$T4 - M2: \{7,11,16\}$$

$$H + B_{T4-M2} = \frac{(0.6 \times 7) + (0.4 \times 11) + (0.4 \times 16)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{15.0}{1.4} \approx 10.71 \text{ jam}$$

$$T4 - M3: \{5,8,12\}$$

$$H + B_{T4-M3} = \frac{(0.6 \times 5) + (0.4 \times 8) + (0.4 \times 12)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{11.0}{1.4} \approx 7.86 \text{ jam}$$

Berdasarkan analisis d matriks indeks H+B yang digunakan untuk optimasi ditunjukkan oleh Tabel 2 (Nilai 'Tidak Bisa' menunjukkan penugasan yang tidak dimungkinkan karena batasan spesialisasi).

**Tabel 2.** Matriks Indeks H+B Waktu Perbaikan (dalam jam)

Kombinasi	M1	M2	M3
T1	6.67	8.00	Tidak Bisa
T2	11.46	8.46	14.31
T3	Tidak Bisa	9.00	10.67
T4	8.86	10.71	7.86

Penyelesaian model optimasi ini menghasilkan penugasan teknisi yang meminimalkan total waktu perbaikan berdasarkan indeks H+B. Melalui inspeksi manual diperoleh solusi optimal sebagai berikut.

- T1 ditugaskan ke M1 (Indeks H+B = 6.67 jam)
- T2 ditugaskan ke M2 (Indeks H+B = 8.46 jam)
- T4 ditugaskan ke M3 (Indeks H+B = 7.86 jam)

Total waktu perbaikan yang diminimalkan sebesar  $6.67+8.46+7.86=22.99$  jam. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan ketidakpastian melalui skenario dan sikap manajer terhadap risiko melalui koefisien optimisme, penugasan teknisi dapat dioptimalkan untuk meminimalkan waktu perbaikan yang diharapkan.

Dalam hal pengaruh koefisien optimisme: indeks H+B secara langsung dipengaruhi oleh koefisien optimisme teknisi. Misalnya, Teknisi T1 memiliki koefisien optimisme tertinggi ( $\alpha=0.8$ ), yang menunjukkan bahwa manajer sangat optimis terhadap kecepatannya. Hal ini tercermin dari indeks H+B yang rendah untuk T1-M1 (6.67 jam) dan T1-M2 (8.00 jam), membuatnya menjadi pilihan utama untuk mesin M1 karena biayanya yang paling rendah di antara pilihan yang ada. Di sisi lain, Teknisi T2 memiliki koefisien optimisme rendah ( $\alpha=0.3$ ), yang berarti manajer cenderung pesimis terhadap kecepatan perbaikannya,

sehingga indeks H+B-nya cenderung lebih tinggi (misalnya,  $T2-M1 = 11.46$  jam).

Dalam hal pertimbangan skenario: metode ini secara efektif menggabungkan berbagai kemungkinan kondisi perbaikan (ringan, sedang, berat) ke dalam satu metrik biaya, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih robust dibandingkan dengan pendekatan deterministik yang hanya mengandalkan satu estimasi waktu. Hal ini sangat relevan untuk "proyek yang sangat baru dan lingkungan yang cepat berubah" di mana probabilitas sulit diterapkan.

Dalam hal efisiensi penugasan: penugasan optimal  $T1-M1$ ,  $T2-M2$ , dan  $T4-M3$  menghasilkan total waktu perbaikan yang diharapkan terendah (22.99 jam), yang menunjukkan bagaimana model dapat membantu manajer membuat keputusan yang efisien meskipun dihadapkan pada ketidakpastian operasional. Solusi ini juga mematuhi semua batasan, termasuk spesialisasi teknisi ( $T1$  tidak ditugaskan ke  $M3$ ,  $T3$  tidak ditugaskan ke  $M1$ ) dan batasan setiap teknisi maksimal mengerjakan satu mesin.

Algoritma ini cocok untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*), artinya penugasan ini adalah keputusan final yang tidak akan dikombinasikan dengan varian keputusan lain setelah ditetapkan. Sebagai langkah opsional dapat dilakukan koreksi solusi jika standar deviasi dari waktu perbaikan asli untuk penugasan yang terpilih terlalu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun indeks H+B membantu dalam pengambilan keputusan, manajer masih harus mempertimbangkan variabilitas inheren dari setiap penugasan untuk memastikan stabilitas dan keandalan operasional, terutama jika mereka memiliki toleransi risiko yang sangat rendah terhadap variasi waktu perbaikan.

Secara keseluruhan, penerapan metode penugasan tak pasti dengan Indeks H+B ini memberikan kerangka kerja yang praktis dan informatif bagi manajer produksi untuk mengalokasikan teknisi secara efisien di tengah kondisi ketidakpastian perbaikan mesin, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi dan meminimalkan dampak negatif dari variabilitas operasional.

#### 4 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menerapkan model serta prosedur untuk masalah penugasan teknisi dalam perbaikan mesin produksi di bawah kondisi ketidakpastian. Dengan mengadopsi pendekatan perencanaan skenario dan metode penyesuaian aturan Hurwicz dan Bayes (H+B). Melalui studi kasus penugasan 4 teknisi untuk 3 mesin, terbukti bahwa pendekatan H+B efektif dalam mengintegrasikan berbagai skenario waktu perbaikan (ringan, sedang, dan berat) dan koefisien optimisme atau pesimisme manajer ke dalam satu metrik biaya yang deterministik. Solusi optimal yang ditemukan, yaitu penugasan  $T1$  ke  $M1$ ,  $T2$  ke  $M2$ , dan  $T4$  ke  $M3$ , menghasilkan total waktu perbaikan yang diharapkan terendah sebesar 22.99 jam. Penugasan ini telah memenuhi semua batasan yang ditetapkan yaitu spesialisasi teknisi serta batasan setiap teknisi maksimal mengerjakan satu mesin.

Pada penelitian ini tujuan utamanya yaitu meminimalkan waktu perbaikan. Penelitian selanjutnya dapat memperluas model untuk mempertimbangkan biaya

perbaikan (misalnya biaya per jam teknisi atau biaya suku cadang) serta kemampuan teknisi untuk mengerjakan lebih dari satu jenis mesin. Meskipun penelitian ini menyoroti keunggulan H+B untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*) tanpa probabilitas, akan menarik untuk membandingkan kinerja model ini dengan pendekatan lain untuk ketidakpastian (misalnya, Fuzzy Logic, Stochastic Programming jika data probabilitas tersedia) dalam konteks masalah penugasan yang serupa.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] D. T. Phillips dan J. J. Solberg, *Operations research: Principles and practice*. John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- [2] M. S. Pradana dan S. A. Rohmaniah, “Penugasan Multi Objective pada Industri Konveksi di Kabupaten Lamongan,” *UJMC (Unisda J. Math. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 2, hal. 48–56, 2024.
- [3] S. Tkatek, O. Abdoun, J. Abouchabaka, dan N. Rafalia, “A Multiple Knapsack Approach For Assignment Problem of Human Resources,” *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 87, no. 3, 2016.
- [4] M. Pinedo, “Scheduling: theory, algorithms, and systems springer science & business media,” *LLC*, 2012.
- [5] D. Sipper dan R. L. Bulfin, “Production: planning, control, and integration,” (*No Title*), 1997.
- [6] F. S. Hillier, *Introduction to operations research*. McGrawHill, 2005.
- [7] P. A. Krokhmal dan P. M. Pardalos, “Random assignment problems,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 194, no. 1, hal. 1–17, 2009.
- [8] J. M. Dhodiya dan A. R. Tailor, “Genetic algorithm based hybrid approach to solve fuzzy multi-objective assignment problem using exponential membership function,” *Springerplus*, vol. 5, no. 1, hal. 2028, 2016.
- [9] I. N. Durbach dan T. J. Stewart, “Modeling uncertainty in multi-criteria decision analysis,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 223, no. 1, hal. 1–14, 2012.
- [10] D. K. Kantu dan I. N. Durbach, “An application of portfolio decision heuristics to support the selection of research grant proposals,” *ORiON*, vol. 40, no. 2, hal. 109–133, 2024.
- [11] H. Gaspars-Wieloch, “The assignment problem in human resource project management under uncertainty,” *Risks*, vol. 9, no. 1, hal. 25, 2021.
- [12] L. Hurwicz, “The generalized Bayes minimax principle: a criterion for decision making under uncertainty,” *Cowles Comm. Discuss. Pap. Stat.*, vol. 335, hal. 1950, 1951.



## **Analisis Survival Menggunakan Regresi Eksponensial, *Cox Proporsional* dan *Frailty* Pada Penderita TBC**

Felinda Arumningtyas<sup>1</sup>, Melda Juliza<sup>2</sup>, Sherly Steffiyan Askarilia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Jenderal Soedirman, felinda.arumningtyas@unsoed.ac.id

<sup>2</sup>Universitas Jenderal Soedirman, melda.juliza@unsoed.ac.id

<sup>3</sup>Universitas Jenderal Soedirman, sherly.askarilia@mhs.unsoed.ac.id

**Abstract.** According to the WHO Global TB Report 2020, Indonesia is among the countries with the highest tuberculosis (TB) burden worldwide, with an estimated 845.000 people affected by TB and 98.000 deaths, which translates to 11 deaths per hour. However, only 67% of these cases have been identified and treated, leaving around 283.000 TB patients undiagnosed and untreated, putting them at risk of spreading the disease to others. This study aims to examine the factors that impact the recovery time of TB patients through Exponential regression and Cox Proportional Hazards (Cox-PH) regression. Additionally, unmeasured factors are incorporated into the model using the frailty model approach. The data used were medical records of 153 TB patients at Soehadi Prijonegoro Regional Public Hospital in Sragen. The study results show that the Cox-PH regression model yields a lower AIC value compared to the Exponential regression and frailty models, indicating that the survival analysis performance using the Cox-PH regression is superior to the other two models. Based on the Cox-PH regression modeling, the factors affecting the recovery duration of TB patients are comorbidities, previous cases, and diagnosis.

**Keywords:** *Cox's proportional hazard model, Frailty Model, Regresi Eksponensial, TBC.*

**Abstrak.** Menurut laporan WHO Global TB Report 2020, Indonesia termasuk salah satu negara dengan beban TBC tertinggi di dunia, dengan estimasi 845.000 orang yang menderita TBC dan angka kematian mencapai 98.000, atau sekitar 11 kematian per jam. Dari total kasus tersebut, hanya 67% yang berhasil ditemukan dan diobati, sehingga masih ada sekitar 283.000 pasien TBC yang belum menerima pengobatan dan berisiko menjadi sumber penularan bagi orang di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi lama sembuhnya pasien TBC dengan menggunakan regresi Eksponensial dan regresi Cox-PH. Faktor-faktor yang tidak terukur dalam model juga disertakan dalam estimasi dengan mengaplikasikan metode *frailty* model. Data yang digunakan adalah data rekam medis dari 153 pasien penderita TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai AIC yang dihasilkan oleh regresi Cox-PH lebih kecil dibandingkan dengan model regresi Eksponensial dan frailty model. Hal ini menyimpulkan bahwa kinerja analisis survival menggunakan regresi Cox-PH lebih baik daripada kedua model lainnya. Berdasarkan pemodelan regresi Cox-PH, faktor-faktor yang mempengaruhi lama sembuh pasien TBC adalah penyakit penyerta, lama kasus, dan diagnosis.

**Kata Kunci:** *Cox's proportional hazard model, Frailty Model, Regresi Eksponensial, TBC.*

## 1 Pendahuluan

Jawa Tengah termasuk salah satu provinsi dengan angka prevalensi TBC tertinggi di Indonesia, dengan 40.583 kasus baru pada tahun 2021. Jika dilihat berdasarkan jenis kelamin, jumlah kasus baru TBC pada laki-laki pada tahun tersebut hampir 1,2 kali lebih banyak dibandingkan dengan perempuan. Bahkan, menurut Survei Prevalensi Tuberkulosis, prevalensi TBC pada laki-laki tercatat tiga kali lebih tinggi dibandingkan perempuan. Fenomena ini juga ditemukan di negara-negara lain. Salah satu faktor yang kemungkinan berkontribusi adalah tingginya paparan laki-laki terhadap risiko TBC, seperti merokok dan ketidakpatuhan dalam pengobatan. Survei menunjukkan bahwa 68,5% laki-laki yang merokok, sedangkan hanya 3,7% perempuan yang merokok. Berdasarkan Survei Prevalensi Tuberkulosis 2013-2014, prevalensi TBC dengan konfirmasi bakteriologis di Indonesia mencapai 759 per 100.000 penduduk berusia 15 tahun ke atas, dengan prevalensi TBC BTA positif sebesar 257 per 100.000 penduduk di kelompok usia tersebut. Survei Riskesdas 2013 juga mencatat bahwa prevalensi TBC meningkat seiring bertambahnya usia, kemungkinan karena terjadinya reaktivasi TBC dan paparan yang lebih lama pada kelompok usia yang lebih tua. Sebaliknya, prevalensi TBC cenderung lebih rendah pada kelompok dengan tingkat sosial ekonomi yang lebih tinggi, yang dapat dilihat dari kuintil indeks kepemilikan. Selain itu, prevalensi TBC juga semakin menurun seiring dengan peningkatan tingkat pendidikan, yang menunjukkan bahwa kasus TBC lebih banyak dialami oleh individu dengan tingkat pendidikan rendah. Oleh karena itu, TBC harus menjadi prioritas penanganan yang serius. Seperti yang tercatat pada salah satu rumah sakit di Jawa Tengah, yaitu RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen. Pada tahun 2018 TBC termasuk dalam 10 besar penyakit dengan penderita terbanyak di rumah sakit tersebut [2]. Data yang tersedia tidak memberikan informasi mengenai tingkat kesembuhan TBC serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, diperlukan analisis statistik untuk menggali permasalahan ini lebih dalam. Salah satu metode statistik yang sering diterapkan untuk menganalisis tingkat kesembuhan adalah analisis survival.

Analisis survival adalah serangkaian prosedur statistik yang digunakan untuk menganalisis data yang berfokus pada variabel waktu. Beberapa manfaat dari analisis survival antara lain: pertama, untuk memperkirakan probabilitas kelangsungan hidup suatu kejadian berdasarkan waktu; kedua, untuk menarik kesimpulan tentang status kesehatan populasi; ketiga, untuk membandingkan tingkat kelangsungan hidup antar kelompok; dan keempat, untuk mengidentifikasi laju terjadinya suatu kejadian dalam suatu periode waktu tertentu [3]. Data yang diperoleh berasal dari pengamatan terhadap individu yang diamati serta waktu terjadinya kejadian pada masing-masing individu. Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode pengambilan sampel yang melibatkan pengamatan tersensor dan tidak tersensor [4]. Terdapat dua pemodelan regresi pada analisis survival, yaitu parametrik dan semiparametrik. Regresi parametrik dilakukan ketika distribusi dari data *time* mengikuti distribusi tertentu. Misalnya Weibull, Eksponensial, Lognormal dan Gamma. Sedangkan model semiparametrik populer dengan nama regresi *Cox Proportional Hazard* [5].

Berdasarkan penjelasan di atas, muncul pertanyaan mengenai model mana yang lebih baik antara regresi parametrik dan regresi Cox proportional hazard. Untuk

menjawab pertanyaan tersebut, dilakukan analisis menggunakan kedua model regresi, yaitu regresi parametrik dan regresi Cox proportional hazard, dengan studi kasus penderita TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Kabupaten Sragen, kemudian keduanya dibandingkan. Selain itu, terdapat model lain yang digunakan untuk menyertakan faktor risiko yang tidak terukur dalam model, model tersebut adalah *frailty* model. Sehingga dalam penelitian ini akan dibandingkan ketiga model tersebut untuk mendapatkan model terbaik untuk mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi lama sembuh penderita TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Kab. Sragen.

Data rekam medis TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Kab. Sragen sebelumnya pernah digunakan oleh Briliant dan Kurniawan [2]. Namun penelitian tersebut berfokus pada penggunaan metode regresi linear berganda dan regresi Buckley-James. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi lama sembuh pasien TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro, Kab. Sragen, dengan menggunakan pendekatan analisis survival. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode regresi linear berganda dan regresi Buckley-James, penelitian ini fokus pada pemodelan lama sembuh pasien TBC melalui analisis survival untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi waktu hingga pasien sembuh dari TBC. Analisis survival ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang distribusi waktu sembuh pasien serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi durasi penyembuhan, seperti usia, jenis kelamin, komplikasi, penyakit penyerta, pendidikan, pekerjaan kasus lama dan diagnose. Faktor-faktor yang tidak terukur dalam model juga disertakan dalam estimasi dengan mengaplikasikan metode *frailty* model.

## 2 Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari rekam medis pasien penderita TBC yang pernah menjalani perawatan inap di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen pada periode 2018-2019. Data didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Briliant dan Kurniawan [2]. Tabel 1 menunjukkan beberapa variabel pada penelitian ini. Terdapat satu variabel dependen dan delapan variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini.

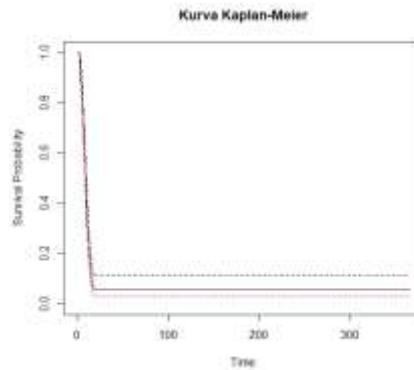
**Tabel 1.** Variabel penelitian

No	Variabel	Keterangan	Kategori
1	Y	Lama waktu rawat inap (hari)	-
2	X1	Usia (tahun)	-
3	X2	Jenis Kelamin	1 : Laki-laki, 0 : Perempuan
4	X3	Komplikasi	1 : Ya, 0 : Tidak
5	X4	Penyakit Penyerta	1 : Ada, 0 : Tidak
6	X5	Pendidikan	0 : Tidak, 1 : SD, 2 : SMP, 3 : SMA, 4 : S1
7	X6	Pekerjaan	0 : Tidak, 1 : Petani, 2 : Swasta, 3 : PNS, 4 : Lain-lain
8	X7	Kasus Lama	1 : Lama, 0 : Baru
9	X8	Diagnosa	A : TB paru tanpa disebutkan bakteriologis, B : Penyakit Paru Obstruktif Kronis, C : Pleuritis TBC, D : TB Paru, E : Pneumonia, F : Lainnya

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kurva Survival

Waktu survival pada variabel waktu diinterpretasikan ke dalam kurva survival Kaplan-Meier yang digambarkan pada Gambar 1.

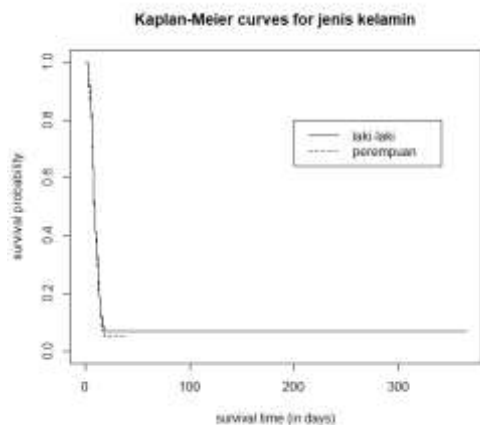


Gambar 1. KM untuk Waktu *Survival*

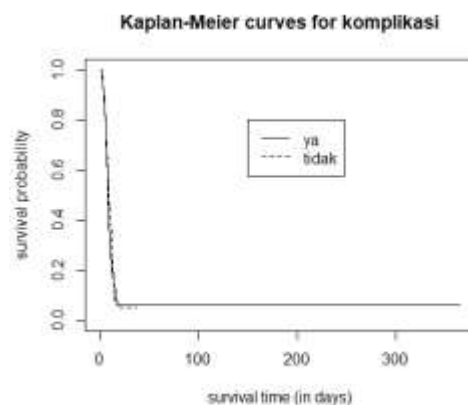
Kurva tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai  $t$  maka nilai  $S(t)$  cenderung semakin kecil. Hal ini berarti peluang seseorang untuk tidak sembuh hingga waktu  $t$  akan semakin berkurang atau mendekati nol.

#### 3.2 Analisis Kaplan Meier dan Uji Log Rank

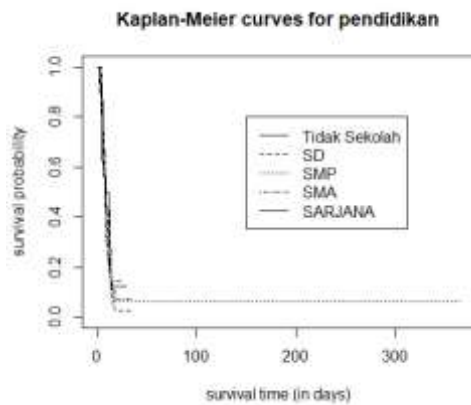
Karakteristik waktu *survival* berdasarkan data kategorik dapat dideskripsikan dengan kurva *Kaplan Meier*, sedangkan untuk membandingkan waktu *survival* dalam grup yang berbeda maka digunakan uji *log rank*. Berikut merupakan kurva KM dari jenis kelamin (Gambar 2), komplikasi (Gambar 3), pekerjaan (Gambar 4), Pendidikan (Gambar 5), penyakit penyerta (Gambar 6), status kasus lama (Gambar 7) dan diagnosa pasien TBC (Gambar 8).



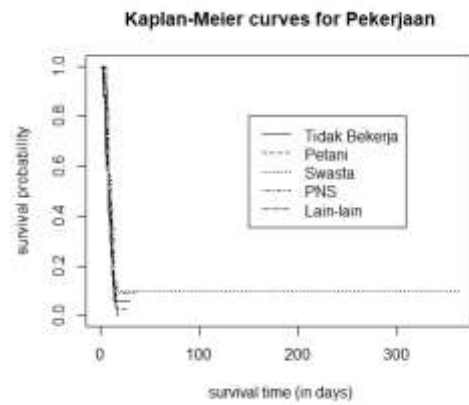
Gambar 2. KM pada Jenis Kelamin



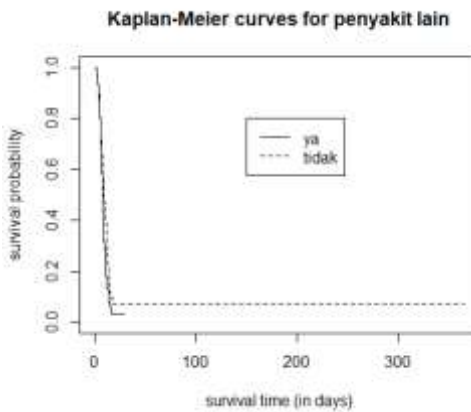
Gambar 3. KM pada Komplikasi



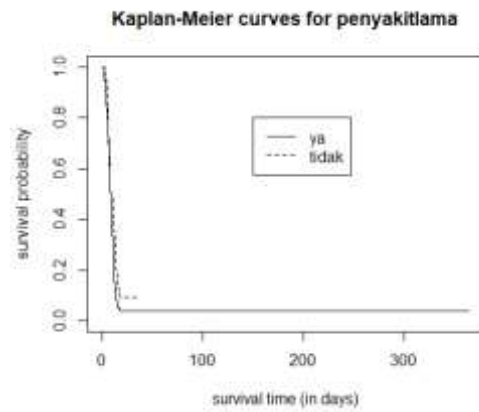
Gambar 4. KM pada Jenis Kelamin



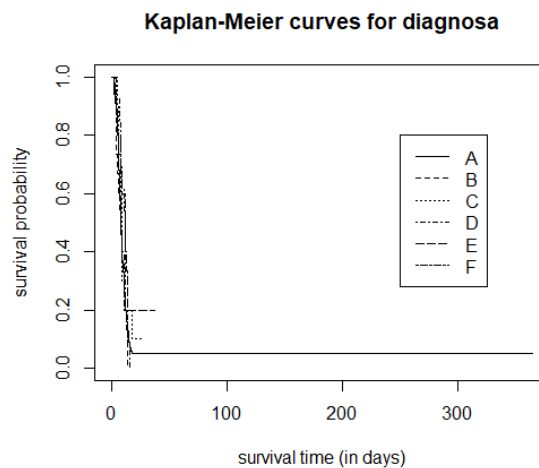
Gambar 5. KM pada Pekerjaan



Gambar 6. KM pada Penyakit Lain



Gambar 7. KM pada Kasus Lama



Gambar 8. KM pada Jenis Kelamin

Gambar 2-8 menunjukkan bahwa kurva antar kategori pada masing-masing variabel saling berhimpit, artinya waktu *survival* pasien tidak berbeda untuk setiap kategorinya. Hal ini diperjelas dengan hasil uji *log rank* yang diringkas dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji *Log-Rank*

Variabel	Log-Rank	$\chi^2_{tabel}$	P-value	Keterangan
Jenis Kelamin	0,1	3,841	0,7	Gagal Tolak H0
Komplikasi	0,2	3,841	0,6	Gagal Tolak H0
Pendidikan	0,9	9,488	0,9	Gagal Tolak H0
Pekerjaan	1,9	9,488	0,8	Gagal Tolak H0
Penyakit Penyerta	4	3,841	0,05	Tolak H0
Kasus Lama	3,8	3,841	0,05	Tolak H0
Diagnosa	5,9	9,488	0,2	Gagal Tolak H0

Berdasarkan Tabel 2 di atas, dapat disimpulkan bahwa pada variabel jenis kelamin, komplikasi, pendidikan, pekerjaan, dan diagnosa tidak terdapat perbedaan waktu *survival* pada grupnya. Sedangkan pada variabel penyakit penyerta dan kasus lama terdapat perbedaan waktu *survival* pada grupnya. Keberadaan atau ketidakberadaan penyakit penyerta memengaruhi durasi *survival* pasien. Pasien yang memiliki penyakit penyerta cenderung memiliki waktu sembuh yang berbeda secara signifikan dibandingkan dengan pasien yang tidak memiliki penyakit penyerta. Begitu juga dengan status kasus. Pasien dengan kasus lama memiliki waktu sembuh yang berbeda secara signifikan dibandingkan dengan pasien yang memiliki kasus baru.

### 3.3 Pengujian Distribusi Data

Uji distribusi data dilakukan untuk menentukan distribusi yang diikuti oleh data waktu kelangsungan hidup. Pengujian ini dilakukan pada distribusi Eksponensial, Weibull, Lognormal, dan Gamma. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

$H_0$ : Waktu *survival* mengikuti distribusi tertentu

$H_1$ : Waktu *survival* tidak mengikuti distribusi tertentu

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3. Dengan *alpha* 5% diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,508 pada pengujian distribusi Eksponensial, yang menunjukkan bahwa waktu *survival* penderita TB mengikuti distribusi Eksponensial.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Distribusi

Distribusi	P-value
Lognormal	0,000
Eksponensial	0,508
Weibull	0,000
Gamma	0,000

### 3.4 Faktor-faktor yang Memengaruhi Lama Sembuh Pasien TB Menggunakan Regresi Eksponensial

Setelah didapatkan hasil bahwa data waktu *survival* berdistribusi Eksponensial, maka selanjutnya adalah melakukan pemodelan Regresi dengan pendekatan distribusi Eksponensial. Hasil estimasi parameter yang diperoleh dari model terbaik dengan regresi Eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil Regresi Eksponensial

Variabel	Estimasi	P-Value
Intercept	2,266	0,000
Komplikasi	-0,960	0,000
Penyakit Penyerta	1,119	0,000

Hasil estimasi tersebut digunakan untuk menyusun model, sehingga diperoleh model *hazard* regresi Eksponensial sebagai berikut:

$$\hat{h}(t) = e^{xp(2,2266-0,960 \text{ Komplikasi} + 1,119 \text{ Penyakit Penyerta})}$$

Uji simultan dilakukan untuk menilai kecocokan model yang terbentuk dan untuk menentukan apakah variabel independen yang digunakan dalam model memiliki pengaruh signifikan secara bersama-sama. Hasil pengujian serentak diperoleh nilai  $G_{hit}^2$  sebesar 28,23 yang berarti lebih dari nilai  $\chi_{0,05;2}^2$  sebesar 5,59, serta *p-value* yang didapat  $0,000 < \alpha = 0,05$  maka keputusan yang didapat adalah tolak  $H_0$ , artinya model cocok dan variabel independen signifikan terhadap model. Selanjutnya, uji parsial dilakukan untuk mengetahui variabel independen yang berpengaruh secara signifikan terhadap model. Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan regresi Eksponensial, variabel yang berpengaruh terhadap lama waktu sembuh pasien TBC adalah adanya komplikasi dan penyakit penyerta.

### 3.5 Faktor-faktor yang Memengaruhi Lama Sembuh Pasien TB Menggunakan Regresi Cox

Dalam pemodelan Cox-PH terdapat asumsi yang harus dipenuhi, yaitu *Proportional Hazard*. Hasil pengujian asumsi Cox-PH pada penelitian ini ditunjukkan Tabel 6.

**Tabel 6.** Asumsi *Proportional Hazard*

Variabel	p
Usia	0,88
Jenis Kelamin	0,88
Komplikasi	0,33
Penyakit Penyerta	0,92
Pendidikan	0,25
Pekerjaan	0,22
Kasus Lama	0,47
Diagnosa	0,29
GLOBAL	0,48

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa semua variabel independen telah memenuhi asumsi PH karena nilai *p* secara global maupun pada masing-masing variabel lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ . Sehingga dapat dilanjutkan dalam pemodelan berdasarkan hasil estimasi dengan regresi Cox-PH.

Estimasi model dengan regresi Cox dilakukan dalam beberapa tahapan sampai mendapatkan model terbaik. Seleksi model terbaik berdasarkan nilai AIC dengan kriteria *backward* didapatkan hasil secara ringkas yang ditunjukkan pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Seleksi Pemilihan Model Cox-PH Terbaik

Variabel Independen	AIC
Semua variabel independen dengan pendekatan <i>breslow</i>	1253,755
Semua variabel independen dengan pendekatan <i>efron</i>	1228,507
Semua variabel independen dengan pendekatan <i>exact</i>	780,9321
Usia, jenis kelamin, komplikasi, pekerjaan, penyakit penyerta, kasus lama, diagnosa	774,4038
Usia, jenis kelamin, komplikasi, penyakit penyerta, kasus lama, diagnosa	769,2536
Usia, komplikasi, penyakit penyerta, kasus lama, diagnosa	767,7001
Komplikasi, penyakit penyerta, kasus lama, diagnosa	762,3836

Model terbaik yang dipilih merupakan model dengan nilai AIC terkecil sebesar 762,3836 yaitu komplikasi, penyakit penyerta, kasus lama dan diagnosa. Estimasi parameter menggunakan regresi Cox diperoleh pada Tabel 8.

**Tabel 1.** Estimasi Parameter dengan Regresi Cox-PH

Variabel	Estimasi	P-Value
Komplikasi	0,45759	0,1024
Penyakit Penyerta	-0,62600	0,0276
Kasus Lama	-0,34719	0,0749
Diagnosa	-0,11160	0,0582

Diperoleh model Cox PH sebagai berikut:

$$\hat{h}(t) = h_0(t) \exp(0,45759 \text{ Komplikasi} - 0,626 \text{ Penyakit Penyerta} - 0,34719 \text{ Kasus Lama} - 0,11160 \text{ Diagnosa})$$

Setelah didapatkan model, maka dilakukan uji serentak yang mendapat hasil nilai  $G_{hit}^2$  sebesar 12,15 yang berarti lebih dari nilai  $\chi_{0,05;4}^2$  sebesar 9,488, serta *p-value* yang didapat  $0,02 < \alpha = 0,05$  maka keputusan yang didapat adalah tolak  $H_0$ , artinya model cocok dan variabel independen signifikan terhadap model. Selanjutnya, uji parsial dilakukan untuk mengetahui variabel independen yang berpengaruh secara signifikan terhadap model. Berdasarkan tabel di atas, pada taraf signifikansi 10% dapat disimpulkan bahwa dengan regresi Cox PH, variabel yang berpengaruh terhadap lama waktu sembuh pasien TBC adalah penyakit penyerta, kasus lama dan diagnosa.

### 3.6 Faktor-faktor yang Memengaruhi Lama Sembuh Pasien TB Menggunakan Model *Frailty*

Berdasarkan pengujian regresi Eksponensial, didapatkan hasil bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap lama sembuh pasien TBC adalah adanya komplikasi dan penyakit penyerta. Sedangkan menggunakan regresi Cox didapatkan tiga variabel independen yang berpengaruh signifikan, yakni penyakit penyerta, kasus lama dan diagnosa. Dapat disimpulkan bahwa dari 8 variabel independen dalam penelitian ini, hanya sebagiannya saja yang signifikan. Sedangkan variabel lainnya menunjukkan hasil yang tidak signifikan untuk semua model. Sehingga diduga masih terdapat faktor-faktor lain yang berpengaruh pada lama sembuh pasien TBC. Oleh karena itu pada bagian ini, akan dilakukan regresi dengan mempertimbangkan penyertaan dari *frailty* untuk model *survival*. Hal ini dilakukan untuk memperhitungkan variabel yang tidak teramati dan tidak terhitung oleh variabel independen lain dalam model. Salah satunya adalah kepatuhan dari individu dalam pengobatan. Dengan menyertakan *frailty* tersebut dalam model, didapatkan model terbaik yang dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.



**Tabel 2.** Estimasi Parameter dengan Model *Frailty*

Variabel	Estimasi	P-Value
Komplikasi	0,4306	0,099
Penyakit Penyerta	-0,5817	0,027
Kasus Lama	-0,3197	0,075
Diagnosa	-0,0974	0,074
<i>Frailty</i>		0,910

Diperoleh model dengan menyertakan *frailty* sebagai berikut:

$$\hat{h}(t) = h_o(t) \exp(0,4306 \text{ Komplikasi} - 0,5817 \text{ Penyakit Penyerta} - 0,3197 \text{ Kasus Lama} - 0,0974 \text{ Diagnosa})$$

Berdasarkan Tabel 9, dengan taraf signifikansi 10% dapat dilihat bahwa nilai *p-value* dari *frailty* adalah sebesar 0,910 yang berarti gagal tolak  $H_0$  dan disimpulkan bahwa model lama sembuh pasien TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen tidak dipengaruhi oleh *frailty* (faktor risiko yang tidak teramati). Dengan demikian variabel yang berpengaruh signifikan terhadap lama sembuh pasien TB adalah penyakit penyerta, kasus lama dan diagnosa.

### 3.7 Perbandingan Performansi antara Ketiga Model

Tabel 10 menyajikan perbandingan analisis regresi Eksponensial, regresi Cox dan *frailty* model meliputi nilai estimasi dan parameter yang signifikan.

**Tabel 3.** Perbandingan Performansi antar Model

Regresi Eksponensial		Regresi Cox		<i>Frailty</i> Model	
Variabel Signifikan	Est. Parameter	Variabel Signifikan	Est. Parameter	Variabel Signifikan	Est. Parameter
Komplikasi	-0,960	Komplikasi	-0,62600	Komplikasi	0,4306
Penyakit	1,119	Penyakit	-0,34719	Penyakit	-0,5817
Penyerta		Penyerta		Penyerta	
		Kasus Lama	-0,11160	Kasus Lama	-0,3197
				Diagnosa	-0,0974

Nilai AIC yang dihasilkan menggunakan regresi Eksponensial adalah sebesar 1002,929, nilai AIC pada regresi Cox adalah sebesar 762,3836 dan nilai AIC pada model *frailty* adalah 1209,783. Jelas terlihat bahwa nilai AIC yang dihasilkan regresi Cox-PH lebih kecil dibandingkan AIC yang dihasilkan model lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa performansi analisis *survival* pada kasus TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen lebih baik menggunakan regresi Cox-PH.

### 3.8 Hazard Ratio pada Model Terbaik

*Hazard Ratio* (HR) dari masing-masing variabel yang signifikan dalam model terbaik disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Hazard Ratio pada Model Terbaik

Variabel	Est. Parameter ( $\lambda$ )	Hazard Ratio
Penyakit	-0,62600	0,5347
Penyerta		
Kasus Lama	-0,34719	0,7067
Diagnosa	-0,11160	0,8944

\*HR =  $\exp(\lambda)$

Variabel penyakit penyerta memiliki nilai estimasi parameter negatif yang berarti bahwa pengaruh variabel penyakit penyerta terhadap lama sembuh pasien TBC adalah berbanding terbalik. Nilai HR sebesar 0,5347 bermakna bahwa pasien yang memiliki penyakit penyerta memiliki risiko 0,5347 lebih kecil untuk mencapai kondisi sembuh dibanding yang tidak memiliki penyakit penyerta. Variabel kasus lama memiliki nilai estimasi parameter negatif yang berarti bahwa pengaruh variabel kasus lama terhadap lama sembuh pasien TBC adalah berbanding terbalik. Nilai HR sebesar 0,7067 bermakna bahwa pasien dengan status kasus lama memiliki risiko 0,7067 lebih kecil untuk mencapai kondisi sembuh dibanding pasien dengan status kasus baru. Variabel diagnosa memiliki nilai estimasi parameter negatif yang berarti bahwa pengaruh variabel diagnosa terhadap lama sembuh pasien TBC adalah berbanding terbalik. Nilai HR sebesar 0,8944 bermakna bahwa pasien dengan diagnosa yang semakin parah memiliki risiko 0,8944 lebih kecil untuk mencapai kondisi sembuh dibanding pasien dengan diagnosa ringan.

#### 4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah model terbaik yang dihasilkan analisis *survival* pada kasus TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen adalah menggunakan regresi Cox-PH. Hal ini didapatkan dengan membandingkan nilai AIC yang dihasilkan masing-masing model. Hasil yang didapat adalah nilai AIC pada regresi Cox-PH lebih kecil dibanding regresi Eksponensial dan model *frailty*. Dari hasil pemodelan regresi Cox-PH diperoleh kesimpulan bahwa faktor yang mempengaruhi lama sembuh pasien TBC di RSUD Soehadi Prijonegoro Sragen adalah adanya penyakit penyerta, status kasus lama atau baru dan diagnosa kondisi pasien. Sedangkan dengan pemodelan *frailty* model didapatkan hasil bahwa faktor risiko yang tidak teramati tidak berpengaruh signifikan terhadap lama sembuh pasien TBC. Saran untuk penelitian berikutnya adalah menambahkan pengujian asumsi AFT pada regresi parametrik dan melakukan pengujian *frailty* dengan pendekatan distribusi lainnya.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] Buku Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. 2019. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah: Semarang.
- [2] Brilliant, E H., Kurniawan, M H S. 2019. “Perbandingan Regresi Linier Berganda Dan Regresi Buckleyjames pada Analisis Survival Data Tersensor Kanan”. *Proceeding of The 1st Steem*. 1(1) 1-19.
- [3] Hasan Et Al. 2021. “Analisis Survival Menggunakan Regresi Weibull Pada Laju Kesembuhan Pasien Tuberkulosis Paru Di Rsud Aloe Saboe Kota Gorontalo. Euler.” *Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*. 9 (1) 40–51.
- [4] D. Collett. 2015. *Modelling Survival Data In Medical Research*, Third Edition. Bristol, UK: Chapman And Hall/CRC.
- [5] Kleinbaum, D.G. Dan Klein, M. 2005. *Survival Analysis- A Self Learning Text*, Second Edition, Springer : New York

- [6] Sudrajat, et al. 2018. “Perbandingan Model Regresi Parametrik Eksponensial Dan Weibull Pada Data Survival Tersensorinterval”. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)* 7(3) 231-238.
- [7] Sun, J., 2006. *The Statistical Analysis of Interval Censored Failure Time Data*, Springer: Columbia.
- [8] Lee, E.T., and Wang, J. W., 2003. *Statistical Methods for Survival Data Analysis, ED III*. John Willey and Sons Inc: New York.

# **Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell Pada Penempatan Kamar Mahasiswa (Studi Kasus : Asrama F Universitas Islam Darul ‘Ulum)**

Agus Mutia<sup>1</sup>, Siti Amiroch<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Islam Darul ‘Ulum, siti.amiroch@unisda.ac.id

**Abstract.** The allocation of student dormitory rooms often faces potential conflicts if not managed properly, especially when students from the same study program are assigned to the same room. This study aims to optimize the room assignment of students in Dormitory F at Universitas Islam Darul ‘Ulum by applying graph theory, specifically graph coloring using the Welch-Powell algorithm. Each student is represented as a vertex, and edges connect students from the same study program, indicating they should not share a room. The Welch-Powell algorithm colors the graph by ordering vertices in descending order of degree and assigning colors so that no two adjacent vertices share the same color. The results show that 14 students from 8 different study programs were successfully grouped into 4 rooms, ensuring no students from the same program share a room. This method effectively reduces potential conflicts, fosters an inclusive and heterogeneous dormitory environment, and broadens inter-program student interactions. The approach provides a practical solution for dormitory management to arrange room assignments efficiently and harmoniously.

**Keywords:** *Graph coloring, Welch-Powell algorithm, Room allocation, Graph theory, Student dormitory*

**Abstrak.** Penempatan kamar mahasiswa di asrama seringkali menimbulkan potensi konflik apabila tidak dikelola dengan baik, terutama jika mahasiswa dengan latar belakang atau program studi yang sama ditempatkan dalam satu kamar. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan kamar mahasiswa di Asrama F Universitas Islam Darul ‘Ulum menggunakan teori graf, khususnya pewarnaan graf dengan algoritma Welch-Powell. Setiap mahasiswa direpresentasikan sebagai simpul, dan hubungan antar mahasiswa dengan program studi yang sama direpresentasikan sebagai sisi pada graf. Algoritma Welch-Powell diterapkan dengan mengurutkan simpul berdasarkan derajat tertinggi dan mewarnai graf sehingga tidak ada dua simpul bertetangga yang memiliki warna sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 14 mahasiswa dari 8 program studi dapat dikelompokkan ke dalam 4 kamar tanpa ada mahasiswa dari program studi yang sama dalam satu kamar. Metode ini terbukti efektif dalam mengurangi potensi konflik, menciptakan lingkungan asrama yang inklusif dan heterogen, serta memperluas relasi antar mahasiswa lintas program studi. Pendekatan ini memberikan solusi praktis bagi pengelola asrama dalam menyusun strategi penempatan kamar yang efisien dan harmonis.

**Kata Kunci:** *Pewarnaan graf, Algoritma Welch-Powell, Penempatan kamar, Teori graf, Asrama mahasiswa*

## **1 Pendahuluan**

Permasalahan terkait penjadwalan dan pembagian sumber daya sering kali ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan memerlukan solusi yang efisien. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah teori graf. Teori graf merupakan cabang dari matematika diskrit yang mempelajari hubungan antar objek melalui simpul (vertex) dan sisi (edge). Selain itu, teori graf sangat berguna dalam pemodelan berbagai permasalahan nyata yang melibatkan relasi antar entitas [1].

Salah satu penerapan penting dari teori graf adalah pewarnaan graf (graph coloring), yaitu proses pemberian warna pada simpul-simpul graf sedemikian rupa sehingga tidak terdapat dua simpul yang saling terhubung memiliki warna yang sama. Konsep ini telah digunakan secara luas dalam permasalahan penjadwalan, alokasi frekuensi, serta pengaturan ruang. Pewarnaan graf juga dapat meminimalkan konflik dalam pembagian sumber daya yang terbatas [2]. Penempatan kamar mahasiswa di asrama merupakan salah satu bentuk permasalahan yang dapat dimodelkan menggunakan teori graf. Penempatan tersebut harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti asal daerah, program studi, maupun hubungan sosial antar mahasiswa, agar tercipta lingkungan tinggal yang harmonis dan kondusif. Untuk mencegah penempatan mahasiswa yang memiliki potensi konflik dalam satu kamar, metode pewarnaan graf dapat dijadikan sebagai solusi. Algoritma Welch-Powell merupakan salah satu metode pewarnaan graf yang bekerja secara efisien dengan cara mengurutkan simpul berdasarkan derajatnya sebelum dilakukan pewarnaan [3].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell banyak diterapkan dalam berbagai kasus penjadwalan dan penempatan yang memerlukan pembagian kelompok tanpa konflik. Sebagai contoh, pada analisis penjadwalan mata pelajaran menggunakan algoritma welch-powell, algoritma ini berhasil menentukan lima warna berbeda untuk menghindari benturan jadwal, sehingga proses penjadwalan menjadi lebih efisien [4]. Selain itu, pewarnaan graf juga telah diterapkan pada peta Kecamatan Sukodadi menggunakan algoritma Greedy dan berhasil membedakan desa bertetangga dengan hanya empat warna, menunjukkan efektivitas metode ini dalam menghindari konflik wilayah [5]. Selain itu juga, teori graf dan algoritma Welch-Powell juga diterapkan untuk penjadwalan menu makanan sehat dan seimbang. Hasilnya, diperoleh variasi menu rendah kalori yang terjadwal secara optimal selama satu minggu [3]. Pada kasus pewarnaan peta, seperti pada peta Provinsi Jawa Barat, algoritma ini mampu mewarnai wilayah-wilayah yang bersebelahan dengan warna berbeda hanya dengan menggunakan tiga warna, sesuai dengan bilangan kromatik graf [6]. Metode pewarnaan graf juga telah terbukti efektif dalam perencanaan menu diet sehat, dengan menggunakan algoritma Welch-Powell untuk menghindari konflik kalori dalam kombinasi menu harian [7]. Lebih lanjut, penerapan algoritma ini juga ditemukan pada penjadwalan kerja karyawan, di mana simpul-simpul diurutkan berdasarkan derajat tertinggi dan diwarnai sehingga tidak terjadi benturan jadwal [8]. Terakhir, efektivitas algoritma Welch-Powell juga terbukti pada penempatan kamar mahasiswa serta berbagai kasus pewarnaan graf lainnya, di mana algoritma ini memberikan solusi yang praktis dan efisien dalam menentukan jumlah warna minimum untuk menghindari konflik antar simpul [9]. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut

menegaskan bahwa algoritma Welch-Powell merupakan metode yang aplikatif dan efisien dalam menyelesaikan permasalahan pewarnaan graf di berbagai bidang, termasuk dalam penjadwalan dan penempatan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma Welch-Powell dalam proses penempatan kamar mahasiswa di Asrama F Universitas Islam Darul 'Ulum. Hasil dari penerapan algoritma ini diharapkan dapat membantu pihak pengelola asrama dalam menyusun strategi penempatan kamar secara lebih terstruktur dan efektif, serta mengurangi potensi terjadinya konflik antar penghuni.

## **2 Kajian Teori**

Graf merupakan struktur matematika yang terdiri dari himpunan simpul (vertex) dan himpunan sisi (edge) yang menghubungkan pasangan simpul. Graf dinotasikan sebagai  $G = (V, E)$ , di mana  $V$  adalah himpunan simpul dan  $E$  adalah himpunan sisi yang menghubungkan dua simpul dalam  $V$ . Graf digunakan untuk merepresentasikan hubungan antar objek secara visual dan logis, seperti jaringan komputer, rute transportasi, maupun relasi sosial antar individu dalam suatu sistem[10].

Dalam hal penempatan kamar mahasiswa, graf digunakan untuk merepresentasikan relasi antara mahasiswa yang tidak boleh ditempatkan dalam kamar yang sama karena alasan tertentu, misalnya program studi berbeda, jadwal bentrok, atau kebutuhan khusus. Simpul merepresentasikan mahasiswa, dan sisi menunjukkan bahwa dua mahasiswa tidak dapat tinggal dalam kamar yang sama.

Pewarnaan graf adalah proses memberikan label (warna) kepada setiap simpul graf sehingga tidak ada dua simpul yang saling terhubung (bertetangga) memiliki warna yang sama. Dalam hal penempatan kamar, setiap warna dapat diasosiasikan dengan satu kamar; dengan demikian, mahasiswa yang terhubung tidak akan menempati kamar yang sama. Algoritma Welch Powell adalah salah satu metode heuristik dalam pewarnaan graf yang relatif sederhana dan efisien. Algoritma ini bekerja sebagai berikut:

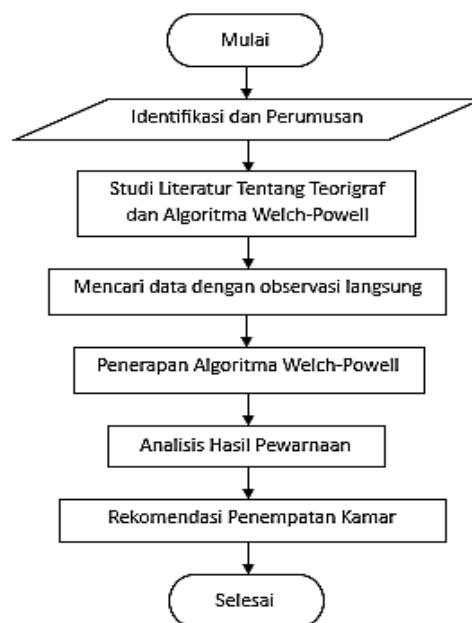
1. Urutkan simpul-simpul berdasarkan derajat (jumlah sisi yang terhubung) secara menurun.
2. Beri warna pertama pada simpul yang memiliki derajat tertinggi.
3. Lanjutkan dengan memberi warna yang sama kepada simpul-simpul lain yang tidak bertetangga dengan simpul yang telah diwarnai.
4. Ulangi proses untuk simpul-simpul yang tersisa dengan warna berbeda hingga seluruh simpul terwarnai.

Kelebihan algoritma ini adalah kemampuannya menghasilkan pewarnaan yang cukup optimal dalam waktu yang relatif cepat, meskipun tidak selalu menghasilkan bilangan kromatik minimum [11]. Dalam studi ini, algoritma digunakan untuk mengoptimalkan penempatan kamar di Asrama F, sehingga mahasiswa dengan relasi konflik atau keterkaitan tertentu tidak ditempatkan di kamar yang sama.

## **3 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung dengan pendekatan studi kasus di Asrama F Universitas Islam Darul 'Ulum untuk mengatasi

permasalahan penempatan kamar mahasiswa yang berpotensi menimbulkan konflik. Algoritma Welch-Powell diterapkan sebagai metode utama dalam pewarnaan graf, yang bertujuan untuk menghindari penempatan mahasiswa dari program studi yang sama dalam satu kamar, menciptakan lingkungan yang heterogen dan inklusif. Prosesnya melibatkan pengurutan simpul berdasarkan derajatnya, di mana simpul dengan derajat tertinggi diberi warna pertama, diikuti oleh simpul lain yang tidak bertetangga. Hasil pewarnaan ini menghasilkan kelompok warna yang mewakili kamar yang berbeda, memastikan bahwa setiap kamar dihuni oleh mahasiswa dari program studi yang berbeda. Pendekatan ini tidak hanya menyelesaikan masalah teknis dalam pembagian kamar, tetapi juga mendukung terciptanya lingkungan akademik yang harmonis. Hasil analisis dari proses pewarnaan graf memberikan rekomendasi penempatan kamar yang lebih terstruktur dan efisien, sehingga mengurangi potensi konflik.



**Gambar 1.** Flowchart Metode Penelitian

#### **4 Hasil Dan Pembahasan**

Hasil dari penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung yang dilakukan di Asrama F Universitas Islam Darul 'Ulum, yang berlokasi di lingkungan Pondok Pesantren Matholi'ul Anwar, Dusun Simo, Desa Sungelebak, Kecamatan Karanggeneng, Kabupaten Lamongan. Observasi dilakukan dengan cara mewawancarai para penghuni asrama untuk mengumpulkan data mengenai program studi masing-masing mahasiswa. Data ini digunakan sebagai dasar untuk membentuk graf yang merepresentasikan hubungan antar mahasiswa berdasarkan kriteria ketidaksesuaian penempatan kamar, khususnya berdasarkan perbedaan program studi.

Setiap mahasiswa direpresentasikan sebagai simpul (vertex), dan hubungan antar mahasiswa yang memiliki program studi sama direpresentasikan sebagai sisi (edge). Setelah graf terbentuk, algoritma Welch-Powell diterapkan untuk melakukan pewarnaan graf. Pewarnaan ini bertujuan untuk mengelompokkan mahasiswa ke dalam kamar-kamar yang berbeda sedemikian rupa sehingga tidak

ada mahasiswa yang memiliki konflik penempatan berada dalam satu kelompok warna. Berikut adalah data hasil observasi yang dilakukan di asrama F yang dihuni sebanyak 14 mahasiswa dengan 8 program studi berbeda:

**Tabel 1.** Data Mahasiswa Dan Program Studi

Mahasiswa	Program Studi							
	MJN	AKT	P.ING	PAI	PIAUD	PGMI	PBA	MTK
Lt	✓	0	0	0	0	0	0	0
Yn	0	0	0	✓	0	0	0	0
Mn	0	0	✓	0	0	0	0	0
Dn	0	0	0	0	✓	0	0	0
El	0	✓	0	0	0	0	0	0
Nb	0	0	0	0	0	0	✓	0
Lf	0	0	0	✓	0	0	0	0
Mt	0	0	0	0	0	0	0	✓
Rn	✓	0	0	0	0	0	0	0
Dv	0	0	✓	0	0	0	0	0
Fd	0	0	0	0	0	✓	0	0
Sv	✓	0	0	0	0	0	0	0
Cm	0	✓	0	0	0	0	0	0
Hs	✓	0	0	0	0	0	0	0

Pada tabel 1 merupakan data dari mahasiswa dengan inisial nama beserta program studi yang diambil oleh masing-masing mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut.

**MJN** : Manajemen

**AKT** : Akuntansi

**P.ING** : Pendidikan Bahasa Inggris

**PAI** : Pendidikan Agama Islam

**PIAUD**: Pendidikan Anak Usia Dini

**PGMI** : Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah

**PBA** : Pendidikan Bahasa Arab

**MTK** : Matematika

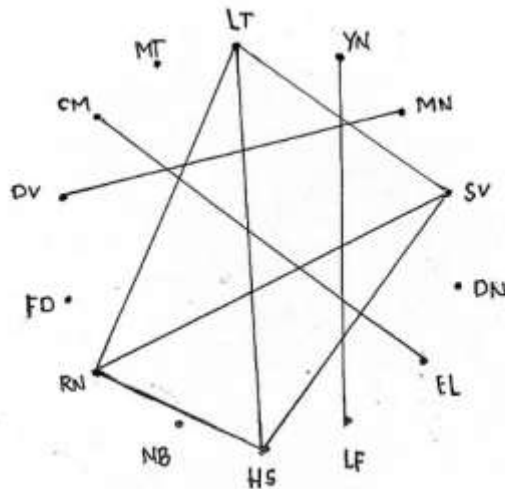
Sehingga diperoleh data jumlah program studi pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Jumlah Mahasiswa Pada Program Studi

Program Studi	Jumlah Mahasiswa
MJN	4
AKT	2
P.ING	2
PAI	2
PIAUD	1
PGMI	1
PBA	1
MTK	1

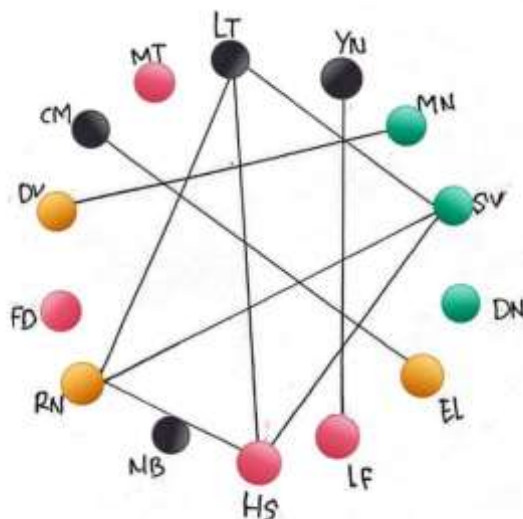


Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 2, dapat dibentuk representasi graf pada gambar 2 sebagai berikut.



**Gambar 2.** Representasi Graf Berdasarkan Tabel

Dari gambar 2 merupakan hubungan antara mahasiswa yang memiliki program studi yang sama dimana nantinya mahasiswa yang memiliki program studi sama di tempatkan dikamar yang berbeda. Dengan demikian, diperoleh urutan derajat berikut: Lt, Sv, Rn, dan Hs mempunyai derajat yang sama yaitu 3; Dv, Cm, Yn, Mn, El, Lf mempunyai derajat sama yaitu 1; Fd, Nb, Dn, Mt mempunyai derajat 0. Langkah selanjutnya yaitu pewarnaan (verteks) pada graf menggunakan algoritma Welch-Powell untuk menentukan kamar pada mahasiswa di asrama F. Pembagian kamar tersebut terdiri dari 4 kamar yang mana masing-masing kamar tersebut diisi oleh sekitar 3-4 mahasiswa yang berbeda jurusan. Dimana hitam = kamar 1, merah = kamar 2, hijau = kamar 3, kuning = kamar 4. Dengan tujuan agar mahasiswa memiliki relasi yang luas antar program studi yang berbeda. Maka dapat di bentuk graf dengan pewarnaan graf pada gambar 3 sebagai berikut



**Gambar 3.** Graf dengan Semua Titik Memiliki Warna

Berdasarkan gambar 3, graf yang dibentuk kemudian diwarnai menggunakan Algoritma Welch Powell. Hasil pewarnaan graf memberikan penempatan kamar mahasiswa sebagai berikut.

Kamar 1 = {Lt,Yn,Cm,Nb}

Kamar 2 = {Mt, Fd, Hs, Lf}

Kamar 3 = {Mn,Sv,Dn}

Kamar 4 = {Dv,Rn,El}

## 5 Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa algoritma Welch-Powell dapat diterapkan secara efektif dalam menyelesaikan permasalahan penempatan kamar mahasiswa di Asrama F Universitas Islam Darul ‘Ulum. Dengan merepresentasikan mahasiswa sebagai simpul dan relasi program studi yang sama sebagai sisi dalam graf, pewarnaan graf memungkinkan pengelompokan mahasiswa ke dalam kamar tanpa konflik program studi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa 14 mahasiswa dari 8 program studi berbeda dapat ditempatkan ke dalam 4 kamar secara efisien, tanpa ada mahasiswa dari program studi yang sama dalam satu kamar. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi potensi konflik, tetapi juga mendorong terciptanya lingkungan asrama yang heterogen, inklusif, serta memperluas interaksi antar mahasiswa dari berbagai jurusan. Oleh karena itu, metode pewarnaan graf ini direkomendasikan sebagai solusi praktis dalam strategi penataan kamar asrama.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] A. Oxley, *Discrete mathematics and its applications*, vol. 29, no. 3. 2010. doi: 10.1093/teamat/hrq007.
- [2] J. Beno, A. . Silen, and M. Yanti, “Sistem Informasi Penjadwalan Ujian Online Pada Penerimaan Peserta Didik Baru Menggunakan Algoritma Welch-Powell,” *Braz Dent J.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [3] S. Amiroch and E. E. Andini, “Pewarnaan Titik Pada Graf Untuk Penyusunan Menu Makanan,” *J. UJMC*, vol. 2, pp. 56–61, 2016.
- [4] P. S. Wicaksono and K. Kartono, “Analisis Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Welch-Powell,” *Prism. J. Pendidik. dan Ris. Mat.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–21, 2020, doi: 10.33503/prismatika.v3i1.1008.
- [5] U. Maftukhah, S. Amiroch, and M. S. Pradana, “Implementasi Algoritma Greedy Pada Pewarnaan Wilayah Kecamatan Sukodadi Lamongan,” vol. 6, pp. 29–38.
- [6] M. Qomaruddin, W. Bismi, and D. Hariyanto, “Pewarnaan Graf Pada Peta Provinsi Jawa Barat Menggunakan Algoritma Welch-Powell,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 2, p. 258, 2022, doi: 10.26418/justin.v10i2.53829.
- [7] S. Amiroch, H. Chang, M. Jamhuri, and T. Yulianto, “Vertex Coloring in Graphs: A Novel Approach to Nutritional Menu Planning,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 3176, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0225769.

- [8] R. K. Harahap and N. Khairani, “Penerapan Pewarnaan Graf dalam Penjadalan Kerja Menggunakan Algoritma Welch-Powell (Studi Kasus: Rumah Sakit Grand Medistra Lubuk Pakam),” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–12, 2024.
- [9] K. A. Rahmani, Y. Setyaningsih, S. N. Anjarwati, and M. S. Wafa, “Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penempatan Kamar Mahasiswa (Studi Kasus : Ma ’ Had Al - Jami ’ Ah Universitas Islam Negeri Salatiga ),” vol. 2, no. 1, pp. 48–55, 2024.
- [10] T. Utomo and N. Riskiana Dewi, “Dimensi Metrik Graf Amal( $nKm$ ),” *Limits J. Math. Its Appl.*, vol. 15, no. 1, p. 71, 2018, doi: 10.12962/limits.v15i1.3376.
- [11] I. Arthalia Wulandari and P. Sukmasetyan, “Implementasi Algoritma Dijkstra untuk Menentukan Rute Terpendek Menuju Pelayanan Kesehatan,” *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 30–37, 2022, doi: 10.24127/jisi.v1i1.1953.

# Penerapan Triple Exponential Smoothing Model Multiplicative dan Additive untuk Memprediksi Harga Saham BRIS.JK

Noor Sofiyati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman,  
[noor.sofiyati@unsoed.ac.id](mailto:noor.sofiyati@unsoed.ac.id)

**Abstract.** When investing in stocks, investors must consider not only potential returns but also the risk of loss. Like conventional stocks, sharia-compliant stocks fluctuate in value, requiring careful analysis to predict future prices. This study aims to forecast the price of sharia-compliant BRIS.JK stocks using both the multiplicative and additive triple exponential smoothing models. These methods were chosen because BRIS.JK stock data exhibits random fluctuations. The analysis uses 270 daily closing prices of BRIS.JK shares from the past five business days. The results indicate that both models predict a continuous rise in stock prices over the next 54 days (June to August 2025). The MAPE values for both models are below 10%, demonstrating excellent predictive accuracy. This insight can assist investors in deciding whether to increase their holdings of BRIS.JK shares or purchase them to maximize future profits.

**Keywords:** *Prediction, Stocks, Triple Exponential Smoothing, Multiplicative Models, Additive Models.*

**Abstrak.** Dalam berinvestasi saham, selain memperhitungkan keuntungan, investor juga harus memperhitungkan risiko kerugiannya. Seperti saham konvensional, saham syariah juga memiliki nilai yang berfluktuasi sehingga membutuhkan analisis cermat untuk memprediksi harga saham di masa mendatang. Penelitian ini bertujuan mengetahui prediksi harga saham syariah BRIS.JK menggunakan metode *triple exponential smoothing* model *multiplicative* dan model *additive*. Metode ini digunakan karena data saham BRIS.JK berfluktuasi secara acak. Data yang digunakan adalah harga penutupan harian saham BRIS.JK sebanyak 270 data dengan 5 hari kerja. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa baik dengan *triple exponential smoothing* model *multiplicative* maupun model *additive* sama-sama menghasilkan prediksi harga saham yang terus naik selama 54 hari ke depan dari Juni sampai Agustus 2025. Nilai MAPE yang diperoleh dari kedua model sama-sama berada di bawah 10% sehingga dapat dikatakan kemampuan prediksi dari kedua model ini sangat baik. Hal ini dapat memberikan informasi bagi investor untuk menentukan keputusan apakah akan meningkatkan investasi di saham BRIS.JK atau membeli saham tersebut untuk meningkatkan keuntungan di masa mendatang.

**Kata Kunci:** *Prediksi, Saham, Triple Exponential Smoothing, Model Multiplicative, Model Additive.*

## 1. Pendahuluan

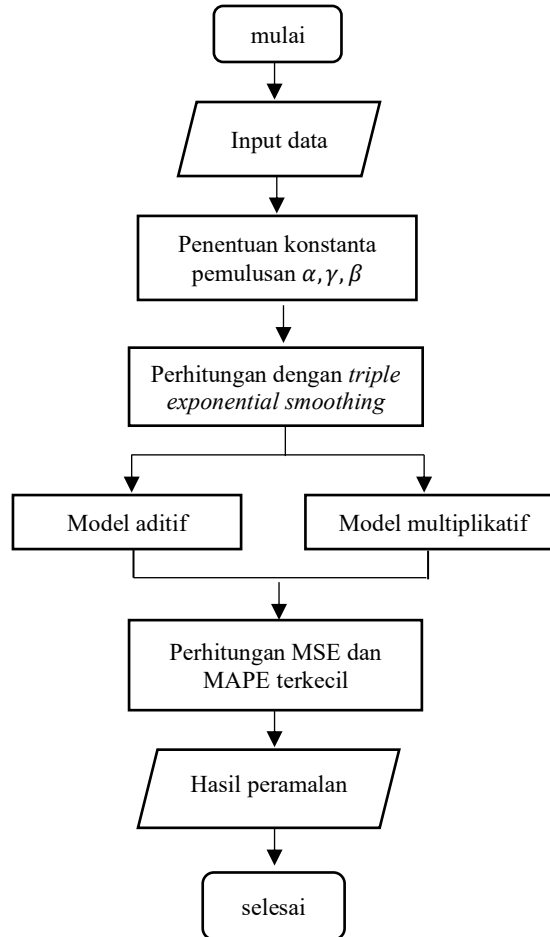
Saat ini saham syariah semakin diminati investor yang ingin berinvestasi berdasarkan kriteria yang memenuhi syariat Islam. Saham merupakan salah satu surat berharga yang banyak diminati investor [1]. Dalam berinvestasi saham, selain memperhitungkan keuntungan yang diukur dari *return*, investor juga harus memperhitungkan risiko kerugian dari investasi saham. Seperti saham konvensional, saham syariah juga memiliki nilai yang berfluktuasi sehingga membutuhkan analisis cermat untuk memprediksi harga saham di masa depan. Investor membutuhkan metode yang tepat dalam memprediksi harga saham yang akurat untuk mengantisipasi kerugian besar di masa depan. Adanya ketidakpastian dalam perubahan harga saham, investor membutuhkan metode yang tepat untuk memperkirakan harga saham pada periode selanjutnya dengan memanfaatkan historis data harga saham sebelumnya. Untuk memprediksi harga saham yang akurat, analisis teknikal menjadi salah satu pendekatan yang efektif. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam prediksi saham adalah *exponential smoothing*. Ada beberapa metode *exponential smoothing*, diantaranya *triple exponential smoothing*. Metode ini merupakan peramalan dengan melakukan proses pemulusan untuk data yang fluktuatif dan menghasilkan data ramalan dengan tingkat kesalahan yang kecil [2]. Pada metode ini terdapat tiga parameter pemulusan yang ditentukan secara eksplisit di mana masing-masing parameter menentukan bobot pada nilai observasi [3].

Metode *triple exponential smoothing* sering digunakan untuk menganalisis data musiman. Metode ini pernah diteliti untuk meramalkan jumlah wisatawan mancanegara oleh [4]. Selain itu [5] menggunakan metode ini untuk meramalkan kasus Covid-19 di Jawa Tengah. Dalam memprediksi saham, beberapa penelitian telah dilakukan diantaranya oleh [6] yang menggunakan metode interpolasi polinom Lagrange dan [7] menggunakan jaringan syaraf tiruan metode *backpropagation*. Selain itu, [8] memprediksi harga saham menggunakan *triple exponential smoothing* hanya menggunakan model *multiplicative*. Penelitian ini bertujuan memprediksi harga saham harian syariah PT Bank Syariah Indonesia Tbk (BRIS.JK) hingga 54 hari ke depan dengan membandingkan akurasi model *Triple Exponential Smoothing multiplicative* dan *additive*. Hasil prediksi diharapkan dapat menjadi acuan bagi investor dalam pengambilan keputusan investasi jangka pendek. Prediksi dengan metode *triple exponential smoothing* digunakan karena data harga saham harian BRIS.JK menunjukkan pola fluktuasi acak serta terdapat *trend* dan musiman. Selain itu, metode ini mengutamakan tingkat kesalahan prediksi paling kecil dengan ukuran statistik MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Dengan mengaplikasikan metode ini, diharapkan dapat membantu investor memperoleh gambaran prediksi pergerakan saham BRIS.JK di masa mendatang.

## 2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus harga saham harian BRIS.JK dari 1 April 2024 sampai dengan 28 Mei 2025 sebanyak 270 data yang bersumber dari [9]. Penelitian ini menerapkan metode *triple exponential smoothing* model *multiplicative* dan *additive* berdasarkan data historis saham untuk memprediksi beberapa data yang mungkin

terjadi di masa yang akan datang. Penelitian ini dibatasi hanya mengkaji harga saham harian BRIS.JK tanpa memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kenaikan maupun penurunan harga saham. Proses penelitian ditunjukkan oleh gambar 1 sebagai berikut:



**Gambar 1.** Flowchart proses prediksi metode *triple exponential smoothing*

Pada proses awal penelitian yaitu melakukan studi literatur pendukung yang terdiri dari beberapa jurnal dan buku. Selanjutnya diambil data harian saham BRIS.JK, kemudian ditentukan konstanta pemulusan  $\alpha$ ,  $\gamma$ , dan  $\beta$  yang menghasilkan nilai MAPE terkecil. Setelah itu diterapkan metode *triple exponential smoothing* model *multiplicative* dan *additive* dengan bantuan *software* R dan *zaitun time series*. Keluaran program berupa model prediksi dan grafik hasil prediksi serta nilai MAPE untuk mengevaluasi hasil prediksi.

## 2.1 Metode *Exponential Smoothing*

Metode *exponential smoothing* merupakan suatu metode untuk memprediksi data *time series* dengan melakukan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi periode sebelumnya [3]. Metode ini cocok untuk data dengan pola musiman dan tren ataupun tanpa pola tertentu. Selain itu metode ini mudah diimplementasikan dan cepat dalam perhitungan.

## 2.2 Metode Triple Exponential Smoothing

Metode *triple exponential smoothing* merupakan salah satu metode *exponential smoothing* yang digunakan jika pola data menunjukkan fluktuasi. Metode ini menggunakan tiga persamaan pemulusan yaitu persamaan pemulusan keseluruhan, persamaan pemulusan komponen *trend* dan persamaan pemulusan komponen musiman. Berdasarkan model musimannya, terdapat dua model pada metode *triple exponential smoothing* yaitu model musiman *multiplicative* dan *additive*. Persamaan untuk *triple exponential smoothing* model *multiplicative* pada penelitian ini adalah sebagai berikut [10]:

Pemulusan keseluruhan:

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_t} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

Selanjutnya mencari pemulusan *trend*  $b_t$  dan pemulusan musiman  $I_t$  dengan persamaan:

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (3)$$

Nilai prediksi  $F_{t+m}$  ditentukan dengan persamaan :

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \quad (4)$$

Persamaan untuk *triple exponential smoothing* model *additive* adalah sebagai berikut [10]:

Persamaan pemulusan keseluruhan:

$$S_t = \alpha(X_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

Persamaan pemulusan *trend*  $b_t$  dan pemulusan musiman  $I_t$ :

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$I_t = \gamma(X_t - S_t) + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (7)$$

Nilai prediksi  $F_{t+m}$  ditentukan dengan persamaan :

$$F_{t+m} = S_t + b_t m + I_{t-L+m} \quad (8)$$

Keterangan:

$X_t$  : data aktual periode  $t$

$S_t$  : nilai pemulusan periode  $t$

$F_{t+m}$  : nilai prediksi periode  $m$

$\alpha$  : nilai konstanta parameter pemulusan untuk data ( $0 < \alpha < 1$ )

$\beta$  : konstanta pemulusan untuk parameter *trend*  $0 \leq \beta \leq 1$

$b_t$  : estimasi *trend*

$\gamma$  : konstanta pemulusan untuk parameter musiman  $0 \leq \gamma \leq 1$

$I_t$  : estimasi musiman

$m$  : periode yang diprediksi

$L$  : panjangnya musiman ( $L=3$ ).

## 2.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Salah satu cara untuk mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan yaitu dengan menghitung *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE lebih banyak digunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan dari hasil prediksi. Apabila nilai MAPE semakin kecil, maka hasil peramalan dikatakan semakin akurat [11]. Rumus untuk menghitung MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y(t) - y'(t)}{y(t)} \right| \right) \times 100 \% \quad (9)$$

Keterangan :

$y_t$  : nilai observasi pada waktu ke- $t$

$y'_t$  : adalah nilai peramalan pada waktu ke- $t$

$n$  : banyaknya observasi.

## 2.4 Peramalan Model Terbaik

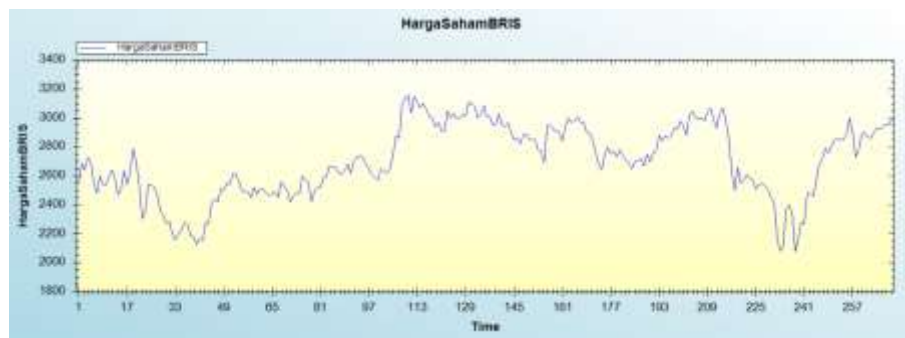
Untuk menentukan apakah model yang diperoleh sudah efisien atau belum dapat menggunakan ukuran statistik tingkat kesalahan hasil prediksi. Tingkat kesalahan hasil prediksi dapat dihitung melalui ukuran kesalahan dengan menggunakan MAPE. Kriteria nilai MAPE diberikan pada tabel 1 berikut [12]:

**Tabel 1.** Kriteria MAPE

Nilai MAPE (%)	Kriteria
< 10	Kemampuan prediksi sangat baik
10 - 20	Kemampuan prediksi baik
21 - 50	Kemampuan prediksi cukup
> 50	Kemampuan prediksi buruk

## 3 Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harga penutupan saham harian BRIS.JK dari 1 April 2024 sampai dengan 28 Mei 2025 sebanyak 270 data. Data ini berdasarkan 5 hari kerja. Plot data saham BRIS.JK ditunjukkan oleh gambar 2 berikut:



**Gambar 2.** Grafik Plot Data Harga Saham BRIS.JK



Gambar 2 menunjukkan bahwa data harga harian saham BRIS.JK sebanyak 270 data berfluktuasi dan terdapat pengaruh musiman, dengan penurunan di bulan Juli 2024 dan kembali naik di awal Agustus 2024. Gambar 2 menunjukkan pola historis data aktual tidak stabil yang ditunjukkan dengan fluktuasi yang cenderung naik dari Agustus 2024 hingga Februari 2025, selanjutnya terjadi penurunan yang signifikan dari awal Maret hingga April 2025. Hal ini menjadi pertimbangan dalam menentukan nilai parameter  $\alpha$ .

Data saham BRIS.JK dianalisis menggunakan metode *triple exponential smoothing* model *multiplicative* dan model *additive* untuk memperoleh model peramalan terbaik dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil. Proses prediksi meliputi perhitungan konstanta parameter *smoothing* ( $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ ) dengan cara *trial and error* dengan *range* nilai 0 sampai 1 [13] yang meminimumkan kesalahan prediksi.

### 3.1 Triple Exponential Smoothing Model Multiplicative

Tahap awal prediksi dilakukan dengan menentukan konstanta parameter *smoothing*  $\alpha$ ,  $\gamma$ , dan  $\beta$  menggunakan 100x *trial* yang menghasilkan nilai MAPE terkecil. Dari 100x *trial* diperoleh nilai  $\alpha = 0,9$ ,  $\gamma = 0,1$  dan  $\beta = 0,1$  dengan nilai MAPE sebesar 2,15%. Nilai-nilai parameter pemulusan tersebut digunakan untuk mencari  $S_t$ ,  $b_t$  dan  $I_t$  sehingga diperoleh persamaan:

$$S_t = 0,9X_t + (1 - 0,9)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (10)$$

$$b_t = 0,1(S_t - S_{t-1}) + (1 - 0,1)b_{t-1} \quad (11)$$

$$I_t = 0,1 \frac{X_t}{S_t} + (1 - 0,1)I_{t-L} \quad (12)$$

Sehingga diperoleh persamaan untuk mencari nilai prediksi:

$$F_{t+m} = (0,9X_t + 0,1(S_{t-1} + b_{t-1})) + (0,1(S_t - S_{t-1}) + (1 - 0,1)b_{t-1})m)I_{t-L+m} \quad (13)$$

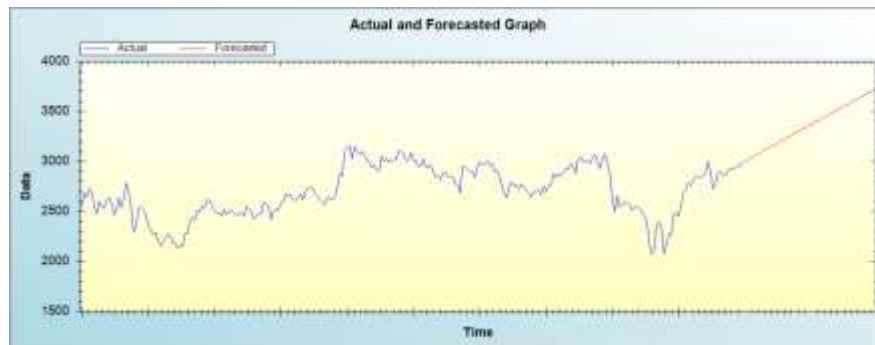
Hasil prediksi 54 hari ke depan dengan metode *Triple Exponential Smoothing Winter model multiplicative* menunjukkan harga saham BRIS.JK terus naik hingga Rp 3.731,00 pada 14 Agustus 2025. Hasil prediksi ditabulasi pada tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Hasil Prediksi Saham BRIS.JK dengan model *Multiplicative*

Tanggal	Prediksi Harga Saham	Tanggal	Prediksi Harga Saham
02/06/2025	3.000	09/07/2025	3.366
03/06/2025	3.019	10/07/2025	3.386
04/06/2025	3.038	11/07/2025	3.405
05/06/2025	3.041	14/07/2025	3.406
06/06/2025	3.060	15/07/2025	3.426
09/06/2025	3.079	16/07/2025	3.446
10/06/2025	3.081	17/07/2025	3.447
11/06/2025	3.101	18/07/2025	3.467
12/06/2025	3.119	21/07/2025	3.486
13/06/2025	3.122	22/07/2025	3.487
16/06/2025	3.141	23/07/2025	3.508
17/06/2025	3.160	24/07/2025	3.527
18/06/2025	3.162	25/07/2025	3.528

19/06/2025	3.182	28/07/2025	3.548
20/06/2025	3.201	29/07/2025	3.568
23/06/2025	3.203	30/07/2025	3.569
24/06/2025	3.223	31/07/2025	3.589
25/06/2025	3.242	01/08/2025	3.609
26/06/2025	3.244	04/08/2025	3.609
27/06/2025	3.264	05/08/2025	3.630
30/06/2025	3.283	06/08/2025	3.650
01/07/2025	3.284	07/08/2025	3.650
02/07/2025	3.304	08/08/2025	3.671
03/07/2025	3.323	11/08/2025	3.690
04/07/2025	3.325	12/08/2025	3.691
07/07/2025	3.345	13/08/2025	3.711
08/07/2025	3.364	14/08/2025	3.731

Berikut plot hasil perhitungan data aktual dan hasil prediksi metode *triple exponential smoothing model multiplicative*:



**Gambar 3.** Grafik data aktual dan hasil prediksi harga saham BRIS.JK.

Grafik plot pada gambar 3 menggambarkan data aktual yang ditunjukkan dengan garis berwarna biru dan hasil prediksi yang ditunjukkan dengan garis berwarna merah. Grafik plot pada gambar 3 menunjukkan bahwa hasil prediksi harga saham selama 54 hari ke depan semakin naik.

### 3.2 Triple Exponential Smoothing Model Additive

Tahap awal prediksi dilakukan dengan menentukan konstanta parameter *smoothing*  $\alpha$ ,  $\gamma$ , dan  $\beta$  menggunakan 100x *trial* yang menghasilkan nilai MAPE terkecil. Dari 100x *trial* diperoleh nilai  $\alpha = 0,9$ ,  $\gamma = 0,1$  dan  $\beta = 0,1$  dengan nilai MAPE sebesar 2,15%. Nilai-nilai parameter pemulusan tersebut digunakan untuk mencari  $S_t$ ,  $b_t$  dan  $I_t$  sehingga diperoleh persamaan:

$$S_t = 0,9(X_t - I_{t-L}) + (1 - 0,9)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (14)$$

$$b_t = 0,1(S_t - S_{t-1}) + (1 - 0,1)b_{t-1} \quad (15)$$

$$I_t = 0,1(X_t - S_t) + (1 - 0,1)I_{t-L} \quad (16)$$

Sehingga diperoleh:

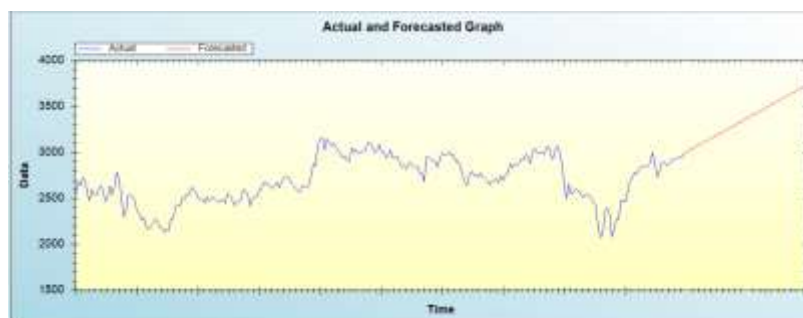
$$F_{t+m} = 0,9(X_t - I_{t-L}) + 0,1(S_{t-1} + b_{t-1}) + 0,1(S_t - S_{t-1}) + (0,9)b_{t-1} + I_{t-L+m} \quad (17)$$

Hasil prediksi 54 hari ke depan dengan metode *Triple Exponential Smoothing Winter model multiplicative* menunjukkan harga saham BRIS.JK terus naik hingga Rp 3.734,00 pada 14 Agustus 2025. Hasil prediksi ditabulasi pada tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Hasil Prediksi Saham BRIS.JK dengan model *Additive*

Tanggal	Prediksi Harga Saham	Tanggal	Prediksi Harga Saham
02/06/2025	3.002	09/07/2025	3.370
03/06/2025	3.020	10/07/2025	3.388
04/06/2025	3.038	11/07/2025	3.406
05/06/2025	3.043	14/07/2025	3.411
06/06/2025	3.061	15/07/2025	3.429
09/06/2025	3.079	16/07/2025	3.447
10/06/2025	3.084	17/07/2025	3.452
11/06/2025	3.102	18/07/2025	3.470
12/06/2025	3.120	21/07/2025	3.488
13/06/2025	3.125	22/07/2025	3.493
16/06/2025	3.143	23/07/2025	3.511
17/06/2025	3.161	24/07/2025	3.529
18/06/2025	3.166	25/07/2025	3.534
19/06/2025	3.184	28/07/2025	3.552
20/06/2025	3.202	29/07/2025	3.570
23/06/2025	3.207	30/07/2025	3.575
24/06/2025	3.224	31/07/2025	3.593
25/06/2025	3.243	01/08/2025	3.611
26/06/2025	3.248	04/08/2025	3.616
27/06/2025	3.265	05/08/2025	3.634
30/06/2025	3.284	06/08/2025	3.652
01/07/2025	3.289	07/08/2025	3.657
02/07/2025	3.306	08/08/2025	3.675
03/07/2025	3.325	11/08/2025	3.693
04/07/2025	3.330	12/08/2025	3.698
07/07/2025	3.347	13/08/2025	3.716
08/07/2025	3.366	14/08/2025	3.734

Plot hasil perhitungan data aktual dan hasil prediksi metode *triple exponential smoothing* model *additive* ditunjukkan oleh gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Grafik data aktual dan hasil prediksi harga saham BRIS.JK.

Grafik plot pada gambar 4 menggambarkan data aktual yang ditunjukkan dengan garis berwarna biru dan hasil prediksi yang ditunjukkan dengan garis berwarna merah. Grafik plot pada gambar 4 menunjukkan bahwa hasil prediksi harga saham model *additive* sama dengan model *multiplicative* yaitu semakin naik sampai 54 hari ke depan (menunjukkan adanya *trend*).

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *triple exponential smoothing* model *multiplicative* dan model *additive* sama-sama menghasilkan hasil prediksi saham BRIS.JK yang semakin naik selama 54 hari ke depan dari bulan Juni hingga Agustus 2025. Nilai MAPE yang diperoleh di bawah 10%, sehingga dapat dikatakan kedua model pada metode *triple exponential smoothing* menghasilkan kemampuan prediksi yang sangat baik. Hal ini dapat memberikan informasi bagi investor untuk menentukan keputusan apakah akan meningkatkan investasi di saham BRIS.JK atau bagi yang belum berinvestasi di saham ini dapat membeli saham tersebut untuk meningkatkan keuntungan di masa mendatang.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] E. Safrina and Firdaus, "Perbandingan Saham Syariah Dan Saham Konvensional Dinilai Dari Aspek Profitabilitas Dan Dividen Pada Perusahaan Jii Dan Lq45," *MBISKU J. Manaj. Bisnis dan Keuang.*, vol. 1, no. 2, pp. 112–124, 2024, doi: 10.56633/mbisku.v1i2.844.
- [2] A. S. Anggraeni, R. C. Utama, and D. C. Wati, "Penghalusan eksponensial dan dekomposisi saham apple.inc," *J. Sintak*, vol. 1, no. 1, pp. 24–30, 2022, [Online]. Available: <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jurnalsintak/article/view/25%0Ahttps://journal.iteba.ac.id/index.php/jurnalsintak/article/download/25/25>
- [3] S. D. Makridakis, *Metode dan Aplikasi Peramalan. Terjemahan Untung Sus Andriyanto dan Abdul basith.*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [4] M. A. D. Chandrasa, E. Lesmana, and E. Hertini, "Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara Ke Indonesia Dengan Metode Holt-Winters Dan Hubungannya Terhadap Pendapatan Devisa Pariwisata," *Teorema Teor. dan Ris. Mat.*, vol. 5, no. 2, p. 230, 2020, doi: 10.25157/teorema.v5i2.3790.
- [5] N. Sofiyati and A. Winarni, "Application of the Triple Exponential Smoothing Method in Forecasting Covid-19 Cases in Central Java," *SITEKIN J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [6] F. A. Pangruruk, S. P. Barus, and B. Siregar, "Peramalan Harga Saham Tutup Dengan Metode Interpolasi Polinom Lagrange," *Semin. Nas. Variansi ...*, no. Snso, pp. 118–126, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/variانسistatistika/article/view/19488>
- [7] A. Trimulya, Sfaifurrahman, and F. A. Setyaningsih, "Implementasi jaringan syaraf tiruan metode backpropagation untuk memprediksi harga saham 1,3,"

*Coding*, vol. 03, no. 2, pp. 66–75, 2015.

- [8] N. Sofiyati, I. A. Saputro, and D. Puspita, “Prediksi Harga Saham Syariah dengan Triple Exponential Smoothing Multiplicative,” *Sq. J. Math. Math. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 171–177, 2024.
- [9] “Bank Syariah Indonesia.” Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available: [https://ir.bankbsi.co.id/historical\\_price.html?date\\_start=20240401&date\\_end=20250531](https://ir.bankbsi.co.id/historical_price.html?date_start=20240401&date_end=20250531)
- [10] D. C. Montgomery, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc., 2008.
- [11] C. Hudiyanti, F. Bachtiar, and B. Setiawan, “Perbandingan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara di Bandara Ngurah Rai,” *urnal Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 2667–2672, Jan. 2019.
- [12] D. I. Purnama and O. P. Hendarsin, “Peramalan Jumlah Penumpang Berangkat Melalui Transportasi Udara di Sulawesi Tengah Menggunakan Support Vector Regression (SVR),” *Jambura J. Math.*, vol. 2, no. 2, pp. 49–59, Mar. 2020, doi: 10.34312/jjom.v2i2.4458.
- [13] D. Rosadi, *Ekonometrika Dan Analisis Runtun Waktu Terapan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2012.

## Peramalan Kemiskinan di Kabupaten Banyumas Menggunakan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Kernel Nadaraya Watson *Adjusted*

Novita Eka Chandra<sup>1</sup>, Melda Juliza<sup>2</sup>, Muhammad Hafidh Nashrullah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Jenderal Soedirman, [novita.chandra@unsoed.ac.id](mailto:novita.chandra@unsoed.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Jenderal Soedirman, [melda.juliza@unsoed.ac.id](mailto:melda.juliza@unsoed.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Islam Darul 'ulum, [hafidh@unisda.ac.id](mailto:hafidh@unisda.ac.id)

**Abstract.** Poverty is a serious challenge faced by the Banyumas Regency Government. Although the poverty rate in this region has shown a declining trend for more than a decade, the pattern of decline has not been linear. This study utilizes time series data representing the percentage of the poor population in Banyumas Regency from 2003 to 2024. This research primarily seeks to forecast the poverty rate in 2030 and to differentiate between the performance of two kernel functions, Gaussian and Epanechnikov, which are applied in nonparametric regression using the adjusted Nadaraya-Watson kernel approach. Analysis results suggest that the model performs best when the bandwidth is set at its optimal value of 0,538909 using the Epanechnikov kernel function. Based on the forecast, the poverty rate in 2030 is estimated to be 12,87%. This result indicates the need for well-planned strategies and policies by the Banyumas Regency Government to reduce the poverty rate over the next six years.

**Keywords:** *Forecasting; Poverty; Kernel Nonparametric Regression; Nadaraya-Watson; Adjusted.*

**Abstrak.** Kemiskinan merupakan tantangan serius yang dihadapi oleh Pemerintah Kabupaten Banyumas. Meskipun tingkat kemiskinan di wilayah ini menunjukkan tren penurunan selama lebih dari satu dekade terakhir, pola penurunannya tidak berlangsung secara linier. Penelitian ini menggunakan data deret waktu berupa persentase penduduk miskin di Kabupaten Banyumas dari tahun 2003 hingga 2024. Tujuan utama penelitian adalah meramalkan tingkat kemiskinan pada tahun 2030 serta membandingkan kinerja Gaussian dan Epanechnikov merupakan dua fungsi kernel yang diterapkan dalam regresi nonparametrik menggunakan pendekatan kernel Nadaraya-Watson yang telah disesuaikan (*adjusted*). Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dengan *bandwidth* optimal sebesar 0,538909 dan menggunakan fungsi kernel Epanechnikov. Berdasarkan hasil peramalan, tingkat kemiskinan pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 12,87%. Hasil ini mengindikasikan perlunya strategi dan kebijakan yang terencana oleh Pemerintah Kabupaten Banyumas untuk menurunkan angka kemiskinan dalam enam tahun ke depan.

**Kata Kunci:** *Peramalan; Kemiskinan, Regresi Nonparametrik Kernel, Nadaraya Watson, Adjusted*

## 1 Pendahuluan

Kemiskinan merupakan isu strategis yang masih menjadi perhatian utama di Kabupaten Banyumas. Kemiskinan juga merupakan masalah berkelanjutan di Kabupaten Banyumas. Sebagai salah satu kabupaten dengan jumlah penduduk besar di Jawa Tengah, Banyumas menghadapi tantangan serius dalam upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pembangunan. Data yang dihimpun oleh BPS Kabupaten Banyumas mengindikasikan bahwa proporsi penduduk miskin pada tahun 2024 tercatat sebesar 11,95%, yang menempatkan Banyumas melebihi tingkat rata-rata kemiskinan penduduk di wilayah Provinsi Jawa Tengah mencapai 10,47% pada periode yang sama.

Kondisi kemiskinan yang terjadi di Kabupaten Banyumas menunjukkan tren penurunan dalam lebih dari satu dekade terakhir. Namun, tren penurunan tersebut tidak berlangsung secara linier. Misalnya, pada tahun 2020–2021, dampak pandemi COVID-19 memicu peningkatan kembali dalam angka kemiskinan sehingga menyebabkan banyak lapangan pekerjaan informal hilang dan daya beli masyarakat menurun. Fluktuasi semacam ini menunjukkan bahwa faktor waktu (tahun) memengaruhi tingkat kemiskinan dengan cara yang tidak linier.

Selama ini, banyak studi dan perencanaan kebijakan menggunakan pendekatan regresi linier untuk memodelkan hubungan antara waktu dan tingkat kemiskinan [1]. Namun, asumsi linieritas seringkali tidak sesuai dengan kenyataan yang bersifat dinamis dan nonlinier. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih fleksibel untuk menangkap pola perubahan tingkat kemiskinan secara akurat, khususnya dalam konteks data *time series*.

Salah satu pendekatan yang mampu mengakomodasi bentuk hubungan yang tidak linier dan kompleks adalah regresi nonparametrik, khususnya metode kernel Nadaraya-Watson. Metode ini tidak memerlukan asumsi bentuk fungsi tertentu, sehingga dapat menyesuaikan bentuk kurva terhadap data yang tersedia. Dengan kata lain, pendekatan ini memungkinkan pemodelan hubungan yang lebih fleksibel dan realistis berdasarkan pola data yang diamati secara empiris [2].

Regresi nonparametrik kernel Nadaraya-Watson mempertimbangkan bentuk fungsi kernel dan nilai *bandwidth* yang digunakan [3]. Namun, model ini juga memiliki kelemahan, seperti *boundary bias* dan sensitivitas terhadap pemilihan *bandwidth* serta jenis fungsi kernel. Untuk mengatasi hal ini, dapat dilakukan penyesuaian (*adjustment*), baik dalam bentuk *bandwidth* adaptif maupun pemilihan kernel yang lebih sesuai dengan karakteristik data. Regresi nonparametrik kernel *adjusted* dikembangkan oleh [4] dimana fungsi kernel yang digunakan yaitu kernel Gaussian dengan fungsi kernelnya disesuaikan kedalam bentuk skala-lokasi. Dalam papernya dijelaskan regresi nonparametrik kernel Nadaraya Watson *adjusted* lebih baik dibandingkan dengan regresi nonparametrik kernel Nadaraya Watson, yang dilihat dari nilai *error* terkecilnya.

Dengan mempertimbangkan latar belakang tersebut, studi ini memusatkan perhatian pada penerapan regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya-Watson *adjusted* untuk meramalkan tingkat kemiskinan di Kabupaten Banyumas. Selain itu, dilakukan perbandingan performa antara dua fungsi kernel berbeda: Gaussian dan Epanechnikov, karena belum banyak studi yang membandingkan efektivitas berbagai jenis kernel dalam konteks data *time series* kemiskinan daerah. Dengan model ini, diharapkan diperoleh gambaran dan

memberikan masukan bagi perumusan kebijakan pengentasan kemiskinan yang lebih tepat sasaran sesuai target.

## 2 Metode Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diambil dari publikasi BPS Kabupaten Banyumas. Data ini mencerminkan tingkat kemiskinan penduduk setiap tahunnya (2003-2024) di Kabupaten Banyumas. Data ini berupa data *time series* dimana dengan identifikasi variabel prediktornya ( $X$ ) adalah tahun dan variabel responnya ( $Y$ ) adalah persentase penduduk miskin. Pada penelitian ini menggunakan model regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted*, yang mana fungsi kernel yang digunakan yaitu fungsi kernel Gaussian dan Epanechnikov, dengan bantuan program R. Adapun nilai *bandwidth* yang digunakan yaitu nilai *bandwidth* optimum berdasarkan hasil perhitungan dan menggunakan bantuan *library(KernSmooth)* yaitu fungsi *dpill* pada R [5], [6].

### 2.1 Regresi Nonparametrik Kernel *Adjusted*

Regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* menurut [4] adalah perluasan dari regresi nonparametrik kernel Nadaraya Watson, dengan fungsi kernel yang diambil berdasarkan keluarga skala lokasi dari estimator densitas kernel. Bentuk model regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* yaitu

$$\hat{Y}_i = \hat{m}_{hA}(x) = \frac{\frac{\sigma}{n^2 h^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n K\left(\frac{\sigma x - \sigma X_i + h\theta - hX_j}{h^2}\right) Y_i}{\frac{\sigma}{n^2 h^2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n K\left(\frac{\sigma x - \sigma X_j + h\theta - hX_k}{h^2}\right)}, \quad (1)$$

dengan nilai MSE dari  $\hat{m}_{hA}(x)$ , yaitu

$$MSE[\hat{m}_{hA}(x)] \approx \frac{\sigma \sigma_1^2(x) \int f^2(u) du}{nh f(x)} + \left( \frac{h^2 \{2f'(x)m'(x) + f(x)m''(x)\}^2 \text{Var}(X)}{2\sigma^2 f(x)} \right)^2,$$

dan nilai *bandwidth* optimal dan  $\sigma$  optimalnya adalah

$$h = n^{-1/5} \quad (2)$$

$$\sigma_{opt} = \left( \frac{\{2f'(x)m'(x) + f(x)m''(x)\}^2 \text{Var}(X)}{f(x)\sigma_1^2(x) \int f^2(u) du} \right)^{-1/5}. \quad (3)$$

### 2.2 Fungsi Kernel dan *Bandwidth*

Fungsi kernel menurut [3] adalah sebuah fungsi dengan *bandwidth* dinyatakan dengan

$$K_h(x) = \frac{1}{h} K\left(\frac{x}{h}\right),$$

yang mana fungsi kernelnya memiliki sifat berikut:

1.  $K(x) \geq 0$ , untuk semua nilai  $x \in R$
2.  $\int K(x) dx = 1$
3.  $\int xK(x) dx = 0$
4.  $\mu_2(k) = \int x^2 K(x) dx < \infty$
5.  $\|K\|_2^2 = \int K^2(x) dx < \infty$ .

Berikut ini beberapa macam bentuk fungsi kernel, yaitu:



**Tabel 1.** Fungsi Kernel

Kernel	$K(x)$
Epanechnikov	$\frac{3}{4}(1-x^2)I( x  \leq 1)$
Gaussian	$\frac{\pi}{4}\cos\left(\frac{\pi}{2}x\right)I( x  \leq 1)$

Parameter *bandwidth*  $h$  merupakan parameter penghalus yang digunakan untuk menentukan tingkat kemulusan dari kurva yang diestimasi. Pemilihan *bandwidth* merupakan hal terpenting dalam metode pendekatan kernel [3] karena besar kecilnya nilai *bandwidth* akan memengaruhi kehalusan estimator. Nilai *bandwidth* yang lebih tinggi cenderung menghasilkan estimasi kurva yang lebih mulus. Sebaliknya, *bandwidth* yang lebih kecil cenderung menghasilkan kurva yang tampak lebih kasar atau tidak rata [7]

### 2.3 Evaluasi Model

Menurut [8], kriteria untuk menentukan estimator terbaik dalam model regresi nonparametrik menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), yaitu

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}. \quad (4)$$

Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin baik hasil estimasinya.

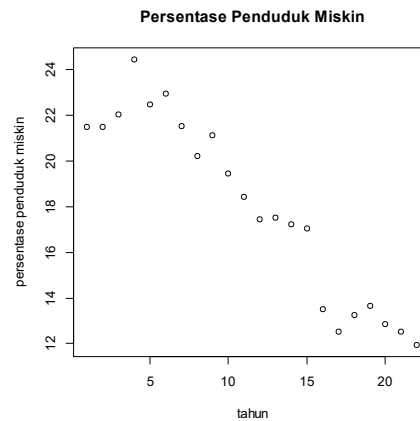
### 2.4 Rangkaian Proses Penelitian

Adapun rangkaian proses yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Melakukan plot data dan mendeskripsikan statistika deskriptifnya
- b. Mengestimasi model regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi Gaussian
- c. Mengestimasi model regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi Epanechnikov
- d. Membandingkan hasil estimasi antara fungsi kernel Gaussian, dan Epanechnikov menggunakan *bandwidth* yang optimal pada data kemiskinan, dengan membandingkan plot estimasi kurva regresi bersama-sama dengan plot data serta melihat nilai RMSE
- e. Meramalkan tingkat kemiskinan di Kabupaten Banyumas dengan menggunakan regresi nonparametrik yang terbaik.

## 3 Hasil dan Pembahasan

Bentuk hubungan antara variabel prediktor (tahun) dengan variabel respon (persentase penduduk miskin) dapat dilihat dari plot antara kedua variabel tersebut (Gambar 1).



**Gambar 1.** Plot Data Persentase Penduduk Miskin

Gambar 1 menunjukkan bentuk kurva yang menggambarkan hubungan antara tahun dengan persentase penduduk miskin, yang tidak dapat diestimasi menggunakan regresi parametrik. Hal ini dikarenakan bentuk kurva tidak membentuk pola tertentu seperti linear, kuadrat, eksponensial, atau kubik. Pola data yang demikian itu dapat diestimasi menggunakan regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel. Penelitian ini memanfaatkan metode kernel Nadaraya Watson yang telah disesuaikan (*adjusted*), supaya hasil estimasi yang diperoleh mengikuti pola data berdasarkan skala lokasinya.

Gambaran umum data yang diolah menggunakan *software* R secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.

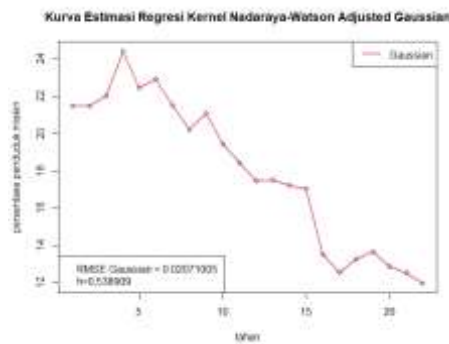
**Tabel 2.** Statistik Deskriptif Data

Variabel	N	Min	Max	Mean	Standar Deviasi
Tahun	22	1	22	11,5	6,493587
Persentase penduduk miskin	22	11,95	24,44	17,96	4,034975

Jumlah data pengamatan adalah 22, dengan waktu minimum sebesar 1 tahun waktu maksimum sebesar 22 tahun dan persentase penduduk miskin minimum sebesar 11,95%, persentase penduduk miskin maksimum 24,44%. Rata-rata waktu sebesar 11,5 tahun, dan persentase penduduk miskin sebesar 17,69%, serta standar deviasi waktu sebesar 6,493587 tahun dan persentase penduduk miskin sebesar 4,034975%.

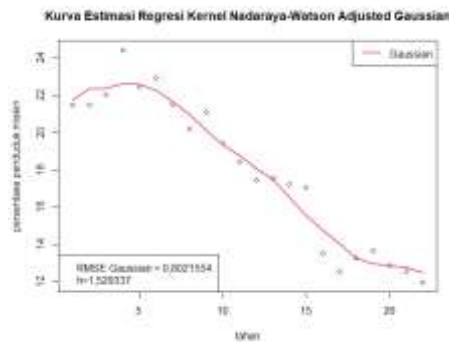
### 3.1 Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* dengan Fungsi Gaussian

Berikut ini adalah hasil kurva estimasi regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi kernel Gaussian dan *bandwidth* sebesar 0,538909, yang mana nilai *bandwidth* ini diperoleh dari perhitungan pada Persamaan (2), yaitu  $h_{opt} = n^{-1/5} = 22^{-1/5} = 0,538909$ .



**Gambar 2.** Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* Gaussian dengan  $h=0,538909$

Selanjutnya, jika menggunakan *bandwidth* sebesar 1,529337 (diperoleh dengan *dpill* pada R), maka hasil kurva estimasi regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi kernel Gaussian sebagai berikut.

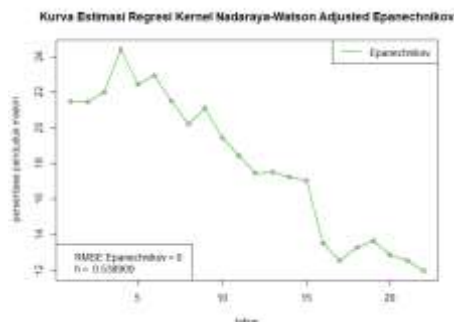


**Gambar 3.** Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* Gaussian dengan  $h=1,529337$

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa grafik kurva dengan *bandwidth* yang lebih besar memberikan hasil estimasi kurva yang lebih halus, namun tidak tepat pada titik data.

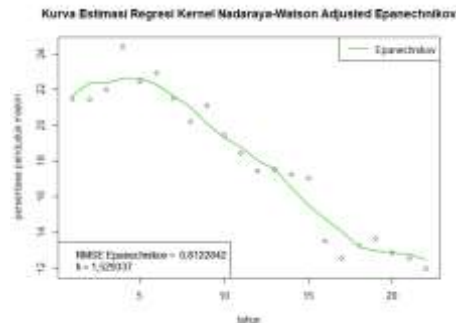
### 3.2 Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* dengan Fungsi Epanechnikov

Berikut ini adalah hasil kurva estimasi regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi kernel Epanechnikov dan *bandwidth* sebesar 0,538909, yang mana nilai *bandwidth* ini diperoleh dari perhitungan pada Persamaan (2), yaitu  $h_{opt} = n^{-1/5} = 22^{-1/5} = 0,538909$ .



**Gambar 4.** Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* Epanechnikov dengan  $h=0,538909$

Selanjutnya, jika menggunakan *bandwidth* sebesar 1,529337 (diperoleh dengan *dpill* pada R), maka hasil kurva estimasi regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan fungsi kernel Epanechnikov sebagai berikut.



**Gambar 5.** Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* Epanechnikov dengan  $h=1,529337$

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa grafik kurva dengan *bandwidth* yang lebih besar memberikan hasil estimasi kurva yang lebih halus, namun tidak tepat pada titik data.

### 3.3 Perbandingan Hasil Estimasi antara Fungsi Kernel Gaussian dan Epanechnikov

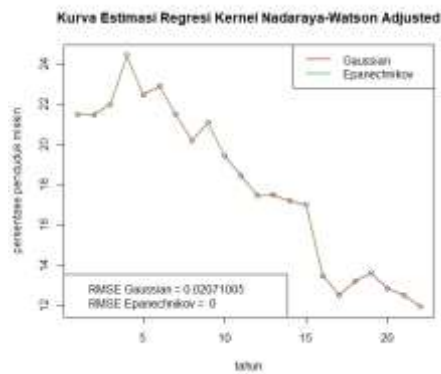
Evaluasi terhadap hasil estimasi dua fungsi kernel, yaitu Gaussian dan Epanechnikov, dalam regresi nonparametrik dilakukan dengan membandingkan nilai RMSE pada Persamaan (4) yang dihasilkan kedua fungsi kernel tersebut yang tercantum pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Hasil Estimasi Kernel Gaussian dan Epachnenikov

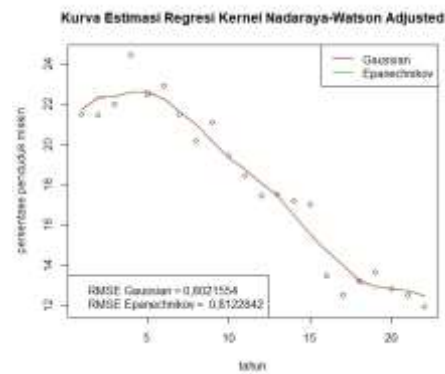
Fungsi Kernel	<i>Bandwidth</i>	RMSE
Gaussian	0,538909	0,02071005
	1,529337	0,8021554
Epachnenikov	0,538909	0
	1,529337	0,8122847

Tabel 3 menunjukkan nilai RMSE yang dihasilkan fungsi kernel Gaussian dan kernel Epanechnikov dengan menggunakan dua nilai *bandwidth* yang berbeda. Secara statistik nilai RMSE yang dihasilkan kernel Epanechnikov lebih kecil dibandingkan kernel Gaussian untuk *bandwidth* terkecil. Namun, jika dilihat dari nilai *bandwidth* yang lebih besar diperoleh bahwa nilai RMSE yang dihasilkan kernel Gaussian lebih kecil dibandingkan kernel Epanechnikov.

Perbandingan selanjutnya, dapat dilihat berdasarkan hasil plot hasil estimasi perbandingan dari kedua fungsi kernel.



**Gambar 6.** Perbandingan Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* dengan  $h=0,538909$



**Gambar 7.** Perbandingan Kurva Estimasi Regresi Kernel Nadaraya Watson *Adjusted* dengan  $h=1,529337$

Pada Gambar 6 dan 7 hasil estimasi kurva regresi antara fungsi kernel Gaussian dan Epanechnikov sangat berimpit dimana menghasilkan bentuk kurva regresi yang sangat mirip. Artinya, penggunaan fungsi kernel yang berbeda dengan *bandwidth* yang optimal yang berbeda untuk masing-masing fungsi kernel tersebut akan menghasilkan estimasi kurva regresi yang sama. Namun, untuk *bandwidth* yang kecil bentuk kurva yang dihasilkan tidak sehalus kurva dengan *bandwidth* besar. Dalam penerapan regresi nonparametrik berbasis kernel Nadaraya Watson *adjusted* tidak hanya berfokus pada besarnya nilai *bandwidth*, tetapi pada fungsi kernel yang sesuai dengan letak skala lokasi titik data [4]. Dengan begitu, estimasi regresi nonparametrik terbaik pada kasus kemiskinan di Kabupaten Banyumas dapat dilihat berdasarkan pada estimasi kurva yang tepat pada titik datanya yaitu dengan nilai *bandwidth* kecil sebesar 0,538909. Untuk fungsi kernel yang sesuai dengan kasus ini yaitu fungsi kernel Epanechnikov dikarenakan menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.

### 3.4 Peramalan

Bentuk model peramalan regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* menggunakan fungsi kernel Epanechnikov dan *bandwidth*  $h = 0,538909$  pada kasus kemiskinan Kabupaten Banyumas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\hat{Y}_i = \frac{\frac{\sigma}{22^2(0,538909)^2} \sum_{i=1}^{22} \sum_{j=1}^{22} K\left(\frac{\sigma x - \sigma X_i + (0,538909)\theta - (0,538909)X_j}{(0,538909)^2}\right) Y_i}{\frac{\sigma}{22^2(0,538909)^2} \sum_{j=1}^{22} \sum_{k=1}^{22} K\left(\frac{\sigma x - \sigma X_j + (0,538909)\theta - (0,538909)X_k}{(0,538909)^2}\right)}$$

Apabila nilai parameter skala-lokasi yang telah ditetapkan yaitu nilai  $\theta$  adalah mean dari tahun dan  $\sigma$  adalah standar deviasi optimum dari tahun yang diperoleh berdasarkan Persamaan (3), maka  $\sigma = 0,473158$  ;  $\theta = 11,5$  dan meramalkan persentase penduduk miskin pada tahun 2030 sehingga nilai  $X = 28$ , diperoleh

$$\hat{Y}_{27} = \frac{\frac{0,473158}{22^2(0,538909)^2} \sum_{i=1}^{22} \sum_{j=1}^{22} K\left(\frac{(0,473158)(27) - (0,473158)X_i + (0,538909)(11,5) - (0,538909)X_j}{(0,538909)^2}\right) Y_i}{\frac{0,473158}{22^2(0,538909)^2} \sum_{j=1}^{22} \sum_{k=1}^{22} K\left(\frac{(0,473158)(27) - (0,473158)X_j + (0,538909)(11,5) - (0,538909)X_k}{(0,538909)^2}\right)}$$

$$\hat{Y}_{27} = 12,87017.$$

Artinya, pada tahun 2030 dengan menggunakan regresi nonparametrik pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* maka persentase penduduk miskin di Kabupaten Banyumas sebesar 12,87017% .

#### 4 Kesimpulan

Merujuk pada hasil melalui proses analisis, ditemukan bahwa untuk data persentase kemiskinan di Kabupaten Banyumas diperoleh model regresi nonparametrik dengan pendekatan kernel Nadaraya Watson *adjusted* dengan *bandwidth* optimal sebesar 0,538909 dan fungsi kernel Epanechnikov yang menghasilkan nilai RMSE terkecil. Pada tahun 2030, persentase penduduk miskin di Kabupaten Banyumas menjadi 12,87017%. Berdasarkan hasil peramalan pemerintah daerah perlu melakukan upaya lebih lanjut guna menurunkan tingkat kemiskinan supaya sesuai target dalam 6 tahun ke depan.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] R. Rioke and A. Sugandha, “Analisis Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Kabupaten Banyumas,” *Perwira Journal of Science & Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 7–13, 2022.
- [2] M. P. Wand and M. C. Jones, *Kernel Smoothing*. CRC press, 1994.
- [3] W. Hardle, *Applied Nonparametric Regression*. New York: Cambrige, 1994.
- [4] N. E. Chandra, S. Haryatmi, and Z. Zulaela, “Regresi Nonparametrik Kernel Adjusted,” *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [5] D. Wang and W. J. Braun, “A Comparison of Bandwidth Selectors for Moderate Degree Local Polynomial Regression,” *Stat Methods Appt*, vol. 34, no. 2, pp. 171–194, 2025.
- [6] F. Fitri and M. Almuhayar, “Comparison of Linear Regression and Polynomial Local Regression in Modeling Prevalence of Stunting,” *Rangkiang Mathematics Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 16–23, 2025.
- [7] S. A. Putri, A. R. Aristya, N. A. Janad, Y. N. Tadale, and L. Handayani, “Estimator Nadaraya-Watson dengan Fungsi Kernel Normal dan Fungsi Kernel Kuadratik,” *Journal of System and Computer Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 206–219, 2022.
- [8] T. O. Hodson, “Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE): When to Use Them or Not,” *Geoscientific Model Development Discussions*, vol. 2022, pp. 1–10, 2022.