

Journal of Mathematics Education and Science

<http://journal.unugiri.ac.id/index.php/JaMES>

P-ISSN 2621-1203
E-ISSN 2621-1211



Alamat Redaksi :

Sekretariat JaMES Program Studi Pendidikan Matematika
Kampus Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
Jl. R.Yani No.10 Bojonegoro Jawa Timur 62115
Email : james.pmtk@unugiri.ac.id / HP : 081222225191
Website : <http://pmtk.unugiri.ac.id>



Journal of Mathematics Education and Science (JaMES) is a mathematical journal published biannually (April & October) by the Department of Mathematics Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri. Journal includes research papers, literature studies, analysis, and problem-solving in Mathematics Education or Mathematical Sciences (Algebra, Analysis, Statistics, Computing, and Applied). It cordially invites contributions from the researcher, lecturer, and teacher of related disciplines. The language used in this journal is Indonesian and English.

JaMES

EDITORIAL TEAM VOL.5 NO.2 (2022)

Editor-in-Chief

M. Ivan Ariful Fathoni

Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri;

Universitas Gadjah Mada

Managing Editor

Astrid Chandra Sari

Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

Editorial Board

- **Ismanto**
Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
- **Nurul Ilmiyah**
SMA Negeri 4 Bojonegoro
- **Naning Kurniawati**
Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
- **Kresna Oktavianto**
Universitas PGRI Ronggolawe
- **Nisa Ayunda**
Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum Jombang
- **Awawin Mustana Rohmah**
Universitas Islam Darul 'Ulum Lamongan

Technical Editor

- **Anisa Fitri**
Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
- **Festian Cindarbuni**
Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

English Advisory

Fakhrun Nisa

Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

About the Journal

Editors invite lecturers, experts, and practitioners of education to contribute to this journal. The editorial team invites lecturers, experts, and education practitioners to submit scientific articles that other journals have never published. This journal can be accessed openly, which means that all the content available is freely accessible at no cost, either to the user or to the institution. Users who are permitted to read, download, copy, distribute, print, search, or cite the full text of the articles do not have first to seek permission from the publisher or author.

Indexed by :



Supervised by : **iji** RELAWAN JURNAL INDONESIA

FIND US  Pendidikan Matematika Unugiri  @pmtk_unugiri  @pmtk_unugiri

Editorial

KATA PENGANTAR	iii
----------------------	-----

Research Article

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Inside Outside Circle (IOC) Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa Ditinjau Dari Motivasi Belajar Siswa Kelas VIII MTs Mathla'ul Anwar Panjang (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.301) <i>Dewi Robbi Anti, Siska Andriani, Haris Budiman</i>	87-92
Aplikasi Komputasi Bayesian Regresi Dummy Pada Kasus Kanker Serviks di Kabupaten Tuban (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.415) <i>Nur Mahmudah, Pelangi Eka Yuwita</i>	93-99
Perbandingan Hybrid Algoritma Genetika dengan Multilayer Perception dan Geometric Brownian Motion untuk Memprediksi Harga Saham (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.494) <i>Muftiyatul Azizah</i>	101-109
Pengaruh Problem-Based Learning Berbantuan LKPD Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Kelas VII (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.500) <i>Alya Kamila, Fadhilah Rahmawati, Aprilia Nurul Chasanah</i>	111-116
Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Driyorejo (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.505) <i>Bunga Lailatul Fajri, Restu Ria Wantika</i>	117-120
Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Berdasarkan Tahapan Kastolan Ditinjau dari Perbedaan Gender (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.499) <i>Nikmatin Nikmatin, Silviana Maya Purwasih, Sri Rahayu</i>	121-128
Implementasi Alat Peraga Abang Olang Pada Pembelajaran Pengukuran Berat Tidak Baku di Jenjang Sekolah Dasar (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.513) <i>Mevianda Cahya Resqueta, Ninik Mutianingsih</i>	129-135
Penerapan Teori Bilangan Dominasi Jarak Dua Pada Pemilihan Lokasi Pangkal Ojek Online (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.557) <i>Reni Umilasari, Ilham Saifudin, Afkar Ayyasy</i>	137-145
Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines untuk Pengembangan Model Prediksi Produksi Padi di Kabupaten Bojonegoro (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.562) <i>Alif Yuanita Kartini, Muhammad Ishlahuddin</i>	147-156
Implementasi Model Indeks Tunggal dalam Pembentukan Portofolio Optimal pada Saham Syariah MES BUMN 17 Periode New Normal (https://doi.org/10.32665/james.v5i2.563) <i>Syarif Abdullah, Miftahul Huda, Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, Himmatul Mursyidah, Fajri Ikhsan, Sidik Susilo, Alfian Firmansyah, Rizqi Fauzi, Kevin Dion Valen Boy</i>	157-163

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, Journal of Mathematics Education and Science (JaMES) edisi Vol. 5 No. 2 Tahun 2022 telah terbit. Journal of Mathematics Education and Science ini merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan berkala oleh program studi Pendidikan Matematika Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri pada bulan April dan Oktober. Terbitnya edisi kedua di tahun 2022 ini menjadi bukti semakin meningkatnya apresiasi terhadap pengembangan diri dan sumbangsih penstudi serta peminat kajian Pendidikan Matematika dan Ilmu Matematika.

Kami selaku pengelola memberitahukan juga bahwa edisi ini merupakan edisi kedua setelah terakreditasi SINTA 4 berdasarkan SK Kemdikbudristek No. 5162/E4/AK.04/2021. Mulai edisi ini setiap edisi akan memuat 10 artikel penelitian. Sampai saat ini, Journal of Mathematics Education and Science telah terindeks oleh beberapa situs pengindeks jurnal seperti Google Scholar, Issuu, DRJI, Dimensions, Publons, Copernicus, Garuda, OneSearch, Neliti, dll. Kami juga akan selalu melakukan pembenahan dan perbaikan agar Journal of Mathematics Education and Science ini dapat terus meningkat dari segi kualitas penerbitan.

Beberapa artikel dalam edisi Oktober 2022 ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih bagi perkembangan studi Pendidikan Matematika, Ilmu Matematika, Statistika, serta terapannya dalam kehidupan. Redaksi mengucapkan banyak terimakasih kepada para kontributor pada Journal of Mathematics Education and Science edisi Oktober 2022 ini. Sekali lagi, semoga jurnal ini bermanfaat bagi munculnya ide-ide segar dalam pembahasan di bidang Matematika. Redaksi juga mengharapkan masukan dan kiriman naskah-naskah akademik serta tulisan ilmiah yang akan memperkaya khasanah studi Matematika.

Wassalamualaikum, Wr. Wb.

Bojonegoro, Oktober 2022

Redaksi

Research Articles



PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE *INSIDE OUTSIDE CIRCLE (IOC)* TERHADAP KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP SISWA DITINJAU DARI MOTIVASI BELAJAR SISWA KELAS VIII MTS MATHLA'UL ANWAR PANJANG

Dewi Robbi Anti¹, Siska Andriani², Haris Budiman³

Corresponding author : Dewi Robbi Anti

¹UIN Raden Intan Lampung, dewirobbianti@gmail.com

²UIN Raden Intan Lampung, mathicmath@yahoo.co.id

³UIN Raden Intan Lampung, harisbudiman@radenintan.ac.id

Received : 18 Januari 2022, Revised : 7 Maret 2022, Accepted : 7 April 2022

Abstract

This study aims to determine whether the Inside Outside Circle (IOC) type of cooperative learning model affects the student's conceptual understanding ability in terms of the learning motivation of class VIII MTs Mathla'ul Anwar Panjang. This research is an experimental type of quantitative research, using a quasi-experimental design method with 2 x 3 factorial research. The sample used is 34 students taken with a random class technique. The collecting data used is a test of mathematical problem-solving abilities and a questionnaire of students' learning styles. The data analysis technique used the normality test with the Liliefors test and the homogeneity test with the Barlett test. Hypothesis test using analysis of variance test of two unequal cell paths. According to the research results and discussion of the two-way unequal cell variance analysis test calculation, is rejected and is rejected and is accepted. Based on theoretical studies and calculations, it can be concluded that: (1) there is an effect of the Inside Outside Circle (IOC) type of cooperative learning model on the ability to understand a concept, (2) there is an influence of learning motivation on the ability to understand concepts, (3) there is no interaction between the Inside Outside Circle (IOC) type of cooperative learning model with learning motivation on the ability to understand concepts.

Keywords: Inside Outside Circle (IOC), Motivation Learning, Concept Understanding

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe *Inside Outside Circle (IOC)* terhadap kemampuan pemahaman konsep siswa ditinjau dari motivasi belajar siswa kelas VIII MTs Mathla'ul Anwar Panjang. Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif jenis eksperimen, menggunakan metode *quasy experimental design* dengan penelitian factorial 2 x 3. Sampel yang digunakan sebanyak 34 peserta didik yang diambil dengan teknik acak kelas. Teknik dalam pengumpulan data yang digunakan adalah tes kemampuan pemahaman konsep siswa dan angket motivasi belajar siswa. Teknik analisis data menggunakan uji normalitas dengan uji *liliefors* dan uji homogenitas dengan uji *barlett*. Uji hipotesis menggunakan uji analisis variansi dua jalan sel tak sama. Menurut hasil penelitian dan pembahasan perhitungan uji analisis variansi dua jalan sel tak sama diperoleh H_{OA} ditolak dan H_{OB} ditolak dan H_{OAB} diterima. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe *IOC* terhadap kemampuan pemahaman konsep, (2) terdapat pengaruh motivasi belajar terhadap kemampuan pemahaman konsep, (3) tidak terdapat interaksi antara model pembelajaran kooperatif tipe *Inside Outside Circle (IOC)* dengan motivasi belajar terhadap kemampuan pemahaman konsep.

Kata kunci: Inside Outside Circle (IOC), Motivasi Belajar, Pemahaman Konsep

1. Pendahuluan

Matematika adalah salah satu ilmu yang dibutuhkan dalam kehidupan, dengan mempelajari matematika siswa dilatih untuk berpikir kritis, logis, sistematis, serta dapat menyelesaikan masalah yang dihadapinya. Berdasarkan uraian tersebut matematika menjadi penting untuk dipelajari dalam proses pembelajaran dari jenjang sekolah dasar hingga jenjang yang lebih tinggi [1]. Namun pada kenyataannya, hingga saat ini pelajaran matematika dipandang sebagai mata pelajaran yang sulit,[2] membosankan, bahkan menakutkan sehingga kurang diminati siswa, hal tersebut diakibatkan karena persepsi siswa yang menganggap matematika sebagai mata pelajaran yang sulit, maka perlu untuk menggunakan model yang menarik dan tepat yang sesuai dengan kebutuhan siswa[3]. Salah satu model yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran adalah model pembelajaran kooperatif tipe IOC, karna model IOC memungkinkan untuk dapat saling bertukar informasi yang didapat secara singkat dan teratur pada waktu yang bersamaan.

Model Pembelajaran IOC adalah pembelajaran yang memakai cara lingkaran kecil-lingkaran besar, dimulai dengan membentuk kelompok besar yang terdiri atas kelompok lingkaran luar dan kelompok lingkaran dalam [4]. Melalui model tersebut siswa dapat bertukar informasi yang didapat secara singkat dan teratur pada waktu yang bersamaan [5]. Model pembelajaran ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengolah informasi dan meningkatkan pemahaman konsep siswa. Dalam proses pembelajaran matematika, hal yang harus dimiliki ialah kemampuan pemahaman, dimana kemampuan tersebut merupakan jantungnya matematika[6]. Kemampuan pemahaman konsep matematis adalah kemampuan peserta didik dalam menemukan dan menjelaskan, menerjemahkan, menafsirkan, dan menyimpulkan suatu konsep matematika berdasarkan pembentukan pengetahuannya sendiri, bukan sekedar menghafal [7]. Penelitian dilakukan oleh Mira Wati, hasil penelitian yang dilakukan mengungkapkan bahwa hasil belajar matematika yang menggunakan model pembelajaran IOC lebih baik jika

dibandingkan dengan yang menggunakan model konvensional. Keberhasilan belajar matematika siswa kelas VIII SMP Negeri 9 Pariaman yang menerapkan pembelajaran kooperatif tipe IOC mencapai 19%, berarti keberhasilan secara bersama-sama didalam kelas belum tercapai, tetapi hasilnya sudah lebih baik dibanding dengan menggunakan pembelajaran biasa [8]. Penerapan model pembelajaran IOC, diharapkan mampu menumbuhkan motivasi dalam diri siswa untuk menyukai matematika dan membuat siswa lebih aktif dalam proses pembelajaran, karena salah satu kelebihan dari model pembelajaran IOC yaitu terdapat struktur yang jelas dan memungkinkan siswa dapat berbagi informasi dengan pasangan yang berbeda secara singkat dan teratur. Oleh sebab itu, motivasi belajar memiliki peran yang penting karena motivasi merupakan faktor psikis yang bersifat non intelektual dalam penumbuhan gairah, merasa senang dan semangat untuk belajar [9].

Berdasarkan uraian diatas, motivasi belajar dan pemahaman konsep menentukan keberhasilan dalam belajar matematika, tetapi banyak siswa mengalami kesulitan mengerjakan soal matematika yang mengutamakan pada pemahaman konsep matematis. Permasalahan tersebut juga dialami siswa MTs. Mathla'ul Anwar Panjang. Berdasarkan observasi yang dilakukan di MTs. Mathla'ul Anwar Panjang, siswa masih mengalami kesulitan dalam belajar matematika. Siswa beranggapan matematika merupakan mata pelajaran yang sulit untuk di selesaikan, mengoperasikan rumus-rumus yang telah dipelajari dalam mengerjakan soal matematika yang lebih bervariasi. Berdasarkan permasalahan di atas, penulis tergerak untuk melakukan sebuah penelitian tentang "Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Inside Outside Circle (IOC)* Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa Ditinjau Dari Motivasi Belajar Siswa Kelas VIII MTs Mathla'ul Anwar Panjang".

2. Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen dengan menggunakan metode *Quasy Eksperimental Design* yaitu

desain yang memiliki kelompok kontrol tetapi tidak berguna sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VIII MTs Mathla'ul Anwar Panjang tahun pelajaran 2021/2022 yang terdiri dari 4 kelas, dan sampel pada penelitian ini hanya dua kelas yaitu kelas VIII A dan VIII C. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik acak kelas yaitu pengambilan sampel secara acak terhadap kelas atau kelompok. Hasil pengacakan diperoleh kelas VIII.A sebagai kelas kontrol, VIII.C sebagai kelas eksperimen. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian ini terdapat dua variabel bebas (X) yaitu X_1 dan X_2 , dimana variabel X_1 adalah Model Pembelajaran Kooperatif Tipe IOC dan variabel X_2 adalah Motivasi Belajar. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan pemahaman konsep dengan lambang (Y).

Data yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri dari hasil tes uraian pemahaman konsep dan data skor angket dari kedua kelas. Data tersebut kemudian dianalisis, adapun teknik analisis data yang digunakan adalah uji validitas, uji reliabilitas, uji tingkat kesukaran, dan uji daya pembeda. Teknik uji prasyarat adalah normalitas dan homogenitas. Uji hipotesis menggunakan uji anava dua jalan sel tak sama dan uji lanjut menggunakan uji *scheffe*.

Rancangan penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah desain faktorial 2x3, sebagai Tabel 1 berikut:

Model Pembelajaran (A_i)	Motivasi Belajar Siswa (B_j)		
	Tinggi (B_1)	Sedang (B_2)	Rendah (B_3)
Inside Outside Circle (A_1)	($A_1 B_1$)	($A_1 B_2$)	($A_1 B_3$)
Konvensional (A_2)	($A_2 B_1$)	($A_2 B_2$)	($A_2 B_3$)

Keterangan :

- A_i : Model pembelajaran
- B_j : Motivasi Belajar Siswa
- A_1 : Model pembelajaran IOC
- A_2 : Model pembelajaran Konvensional
- B_1 : Motivasi belajar siswa tinggi

- B_2 : Motivasi belajar siswa sedang
- B_3 : Motivasi belajar siswa rendah
- $A_1 B_1$: Motivasi belajar siswa tinggi melalui model pembelajaran IOC
- $A_1 B_2$: Motivasi belajar siswa sedang melalui model pembelajaran IOC
- $A_1 B_3$: Motivasi belajar siswa rendah melalui model pembelajaran IOC
- $A_2 B_1$: Motivasi belajar siswa tinggi melalui model pembelajaran konvensional
- $A_2 B_2$: Motivasi belajar siswa sedang melalui model pembelajaran konvensional
- $A_2 B_3$: Motivasi belajar siswa rendah melalui model pembelajaran Konvensional

3. Pembahasan

Penelitian ini menggunakan tes uraian untuk memperoleh data kemampuan pemahaman konsep siswa. Sebelum instrumen digunakan dalam penelitian instrumen terlebih dahulu di uji coba. Uji coba dilakukan di luar kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Uji coba instrumen dilakukan di kelas IX.A MTs Mathla'ul Anwar Panjang yang berjumlah 10 siswa dengan memberikan 14 butir soal kemampuan pemahaman konsep.

Berdasarkan hasil perhitungan uji validitas, uji reliabilitas, uji tingkat kesukaran, dan uji daya beda maka dapat dibuat kesimpulan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kesimpulan Uji Coba Tes Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa

No. Soal	Validitas	Reliabilitas	Kesukaran	Daya Pembeda	Kesimpulan
1	Tidak Valid	Reliabel	Mudah	Jelek	Tidak digunakan
2	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
3	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
4	Valid		Sukar	Baik	Digunakan
5	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
6	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
7	Tidak Valid		Mudah	Jelek	Tidak digunakan
8	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
9	Tidak Valid		Sukar	Sangat Jelek	Tidak digunakan
10	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
11	Valid		Sedang	Cukup	Digunakan
12	Tidak Valid		Mudah	Jelek	Tidak digunakan
13	Valid		Sedang	Baik	Digunakan
14	Valid		Sedang	Cukup	Digunakan

Berdasarkan hasil tersebut, dari 14 butir soal yang telah diuji cobakan, terdapat 10 soal yang digunakan dan ada 4 soal yang tidak digunakan. Soal yang digunakan artinya soal tersebut memenuhi aspek validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Hasil rekapitulasi analisis butir soal tes kemampuan pemahaman konsep menjelaskan bahwa ke 10 soal tersebut memuat semua indikator kemampuan pemahaman konsep dan mampu mengukur kemampuan pemahaman konsep siswa.

Tabel 3. Deskripsi Data Nilai Pemahaman Konsep Matematis dan Angket Motivasi Belajar

No	Instrumen	Kelas	X_{maks}	X_{min}	Keputusan Uji		
					\bar{x}	m_e	m_o
1	Tes Pemahaman Konsep	Eksperimen	84	40	66,89	70	70
		Kontrol	80	40	57,50	60	60
2	Angket Motivasi Belajar	Eksperimen	75	51	62,56	62,50	55
		Kontrol	80	51	61,69	59	59

Berdasarkan Tabel 3 tersebut diperoleh bahwa rata-rata nilai tes pemahaman konsep kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol, dan rata-rata skor angket kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan skor kelas kontrol. Selanjutnya data yang diperoleh dari angket motivasi belajar yang diberikan kepada siswa. Kemudian dikelompokkan kedalam tiga kategori yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Berdasarkan data dikumpulkan jumlah yang masuk dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah. Untuk kelas eksperimen dan kontrol sebagai berikut:

Tabel 4. Sebaran Siswa Ditinjau dari Model Pembelajaran IOC dan Motivasi Belajar

Model Pembelajaran	Motivasi Belajar Siswa		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Inside Circle	3	11	4
Konvensional	3	4	9

Berdasarkan Tabel 4 tersebut diperoleh keterangan bahwa pada kelas eksperimen terdapat 3 siswa dengan kategori tinggi, 11 siswa dengan kategori sedang, dan 4 siswa dengan kategori rendah. Pada kelas kontrol terdapat 3 siswa dengan kategori tinggi, 4 siswa dengan kategori sedang, dan 9 siswa dengan kategori rendah. Selanjutnya

dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, uji normalitas menggunakan uji *liliefors* dan uji *barlett* untuk homogenitas. Data hasil uji normalitas dan homogenitas ditampilkan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Rangkuman Hasil Uji Normalitas

No.	Instrumen	Kelas	L_{hitung}	L_{tabel}	Keputusan Uji
1	Tes pemahaman konsep	Eksperimen	0,095	0,200	H_0 Diterima
		Kontrol	0,194	0,213	H_0 Diterima
2	Angket motivasi belajar	Eksperimen	0,131	0,200	H_0 Diterima
		Kontrol	0,190	0,213	H_0 Diterima

Berdasarkan hasil uji normalitas diatas, dengan taraf signifikan 0,05 atau 5%, pada tes pemahaman konsep diperoleh hasil $L_{hitung} < L_{tabel}$ untuk setiap perlakuan, sehingga H_0 Diterima, sedangkan pada angket motivasi belajar diperoleh hasil $L_{hitung} < L_{tabel}$ untuk setiap kelas, sehingga H_0 Diterima. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Tabel 6. Rangkuman Hasil Uji Homogenitas

No.	Homogenitas	X^2_{hitung}	X^2_{tabel}	Keputusan Uji
1	Kelas Eksperimen dan kontrol	0,182	3,841	H_0 Diterima
	Motivasi Belajar	4,841	5,991	H_0 Diterima

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa nilai X^2_{hitung} untuk setiap kelompok kurang dari X^2_{tabel} , sehingga H_0 Diterima. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data berasal dari populasi yang homogen. Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas, selanjutnya dilakukan uji hipotesis yaitu uji anava dua jalur sel tak sama dan uji lanjut menggunakan uji *scheffe*. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Rangkuman Analisis Variansi Dua Jalan Sel Tak Sama

Sumber	JK	Dk	Rk	F_{hitung}	F_{tabel}	Kesimpulan
Pembelajaran (A)	442.36	1	442.36	4.80	4.1960	H_{0A} Ditolak
Motivasi Belajar (B)	1518.26	2	759.13	8.24	3.3404	H_{0B} Ditolak
Interaksi (AB)	64.11	2	32.06	0.35	3.3404	H_{0AB} Diterima
Galat	2578.59	28	92.10			
Total	4603.59	33				

Berdasarkan perhitungan anava dua jalan pada Tabel 7. dapat disimpulkan bahwa:

- a. $F_{A \text{ hitung}} = 4,80$ dan $F_{A \text{ tabel}} = 4,196$. Berdasarkan perhitungan analisis data pada tabel terlihat bahwa $F_{A \text{ hitung}} > F_{A \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0A} Ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara siswa yang diberi perlakuan model pembelajaran IOC dengan siswa yang diberi perlakuan dengan model pembelajaran konvensional terhadap kemampuan pemahaman konsep.
- b. $F_{B \text{ hitung}} = 8,24$ dan $F_{A \text{ tabel}} = 3,3404$. Berdasarkan perhitungan analisis data pada tabel terlihat bahwa $F_{A \text{ hitung}} > F_{A \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0B} Ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh motivasi belajar yang tinggi, sedang, dan rendah terhadap kemampuan pemahaman konsep.
- c. $F_{AB \text{ hitung}} = 0,35$ dan $F_{AB \text{ tabel}} = 3,3404$. Berdasarkan perhitungan analisis data pada tabel terlihat bahwa $F_{AB \text{ hitung}} < F_{AB \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0AB} Diterima dan dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi antara model pembelajaran IOC dan motivasi belajar terhadap kemampuan pemahaman konsep.

Tabel 8. Hasil Uji Komparasi Ganda Antar Kolom

No.	H_0	F_{hitung}	F_{tabel}	Keputusan Uji
1	μ_1 dan μ_2	7,485	6,552	H_0 ditolak
2	μ_1 dan μ_3	14,514	6,552	H_0 ditolak
3	μ_2 dan μ_3	2,174	6,552	H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh hasil pada $H_0 : \mu_1$ dan μ_2 ditolak, artinya terdapat perbedaan kemampuan pemahaman konsep pada siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi dengan siswa yang memiliki motivasi belajar sedang.

Pada $H_0 : \mu_1$ dan μ_3 ditolak, artinya terdapat perbedaan kemampuan pemahaman konsep pada siswa yang memiliki motivasi belajar tinggi dengan siswa yang memiliki motivasi belajar rendah.

Pada $H_0 : \mu_2$ dan μ_3 diterima, artinya tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara motivasi belajar sedang dan motivasi belajar rendah terhadap kemampuan pemahaman konsep.

1) Hipotesis Pertama

Berdasarkan perhitungan anava dua jalan dengan sel tak sama diperoleh bahwa $F_{A \text{ hitung}} > F_{A \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0A} Ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh model pembelajaran IOC terhadap kemampuan pemahaman konsep matematis

2) Hipotesis Kedua

Berdasarkan perhitungan anava dua jalan dengan sel tak sama diperoleh bahwa $F_{B \text{ hitung}} > F_{B \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0B} Ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara masing-masing kategori motivasi belajar peserta didik terhadap pemahaman konsep matematis. Berdasarkan uji komparasi ganda antar kolom siswa yang memiliki motivasi tinggi lebih baik dibandingkan dengan siswa yang memiliki motivasi sedang, dan siswa yang memiliki motivasi sedang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang memiliki motivasi rendah.

3) Hipotesis Ketiga

Berdasarkan perhitungan anava dua jalan dengan sel tak sama diperoleh bahwa $F_{AB \text{ hitung}} < F_{AB \text{ tabel}}$, berarti bahwa H_{0AB} Diterima. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara model pembelajaran IOC dan motivasi belajar terhadap pemahaman konsep.

4. Penutup

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut. Terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe IOC terhadap kemampuan pemahaman konsep. Terdapat pengaruh motivasi belajar terhadap kemampuan pemahaman konsep. Sebaliknya, tidak terdapat interaksi antara model pembelajaran IOC dan motivasi belajar terhadap kemampuan pemahaman konsep.

Saran yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu dalam pembelajaran matematika disarankan kepada guru untuk menggunakan model pembelajaran yang membuat siswa ikut terlibat aktif dalam proses pembelajaran, tidak hanya terpusat pada guru, dimana siswa hanya mendengarkan dan mencatat materi yang diberikan. salah satu model yang dapat diterapkan yaitu model pembelajaran IOC, yang bertujuan melatih

siswa agar aktif dalam proses pembelajaran, sehingga pembelajaran terasa lebih menyenangkan dan dapat menumbuhkan rasa suka terhadap pembelajaran matematika. Kepada peneliti selanjutnya yang akan menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe IOC dapat menerapkannya pada pokok bahasan lain, untuk dapat melihat bagaimana kemampuan pemahaman konsep yang dimiliki siswa.

Referensi

- [1] S. Andriani, "Evaluasi CSE-UCLA pada Studi Proses Pembelajaran Matematika," *Al-Jabar J. Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 2, pp. 167–175, 2015.
- [2] D. Destiniar, J. Jumroh, and D. M. Sari, "Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Ditinjau Dari Self Efficacy Siswa Dan Model Pembelajaran Think Pair Share (Tps) Di Smp Negeri 20 Palembang," *J. Penelit. dan Pembelajaran Mat.*, vol. 12, no. 1, 2019, doi: 10.30870/jppm.v12i1.4859.
- [3] S. Ningsih, S. Andriani, "Penerapan Model Pembelajaran Inside Outside Circle Terhadap Pemahaman Konsep Siswa," *Mat. Educ. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 88–94, 2017.
- [4] A. Shoimin, *68 Model Pembelajaran Inovatif dalam Kurikulum 2013*. Yogyakarta: AR-Ruzz Media, 2014.
- [5] N. Rahmah and Rafika, "Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Inside-Outside Circle," *Kelola J. Islam. Educ. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2017.
- [6] A. M. Tama, A. Rinaldi, and S. Andriani, "Pemahaman Konsep Peserta Didik dengan Menggunakan Graded Response Models (GRM)," *Desimal J. Mat.*, vol. 1, no. 1, p. 91, 2018, doi: 10.24042/djm.v1i1.2041.
- [7] D. D. Pratiwi, "Pembelajaran Learning Cycle 5e berbantuan GeoGebra terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis," *Al-Jabar J. Pendidik. Mat.*, vol. 7, no. 9, pp. 191–202, 2016.
- [8] M. Wati, "Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Inside Outside Circle Pada Pembelajaran Matematika Siswa Kelas VIII SMP Negeri 9 Pariaman," *Karmapati*, vol. 2, no. 6, pp. 1–5, 2016, [Online]. Available: <http://pti.undiksha.ac.id/karmapati/files/Vol2no6/6.pdf>.
- [9] N. K. Ekayuni¹, Netriwati, and D. Anggraini, "Model Picture And Picture dengan Index Card Match terhadap Penguasaan Konsep Matematis Nur Khasanah Ekayuni , Netriwati , Dian Anggraini PENDAHULUAN Model pembelajaran Picture And Picture adalah suatu model pembelajaran yang menggunakan gambar dan dipasan," *Desimal J. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 107–112, 2018.



APLIKASI KOMPUTASI BAYESIAN REGRESI DUMMY PADA KASUS KANKER SERVIKS DI KABUPATEN TUBAN

Nur Mahmudah¹, Pelangi Eka Yuwita²

Corresponding author : Nur Mahmudah

¹Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, mudah15@gmail.com

²Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, pelangi.ardata@gmail.com

Received : 8 Juni 2022, Revised : 21 Juli 2022, Accepted : 27 Juli 2022

Abstract

Cervical cancer is the most common cancer suffered by women and is the cause of death. The leading cause of cervical cancer is infection with Human Papilloma Virus (HPV). Cervical cancer is a disease caused by the growth of body tissue cells that are not normal in the cervix contained in the reproductive organs of a woman's body and cause death. A screening program is needed for the length of hospitalization for cervical cancer patients to prevent the emergence of a malignant phase. This study aims to determine the factors that affect the length of stay of cervical cancer patients in Tuban Regency using the Bayesian Regression Dummy computational method. The Bayesian method is a computational technique in parameter estimation that combines the likelihood function and prior distribution into a posterior distribution in estimating model parameters. Bayesian dummy regression produces a variable that significantly affects the length of stay of cervical cancer patients, namely the Complications variable (X_1). An alpha value of 2.17 shows that some dependencies/errors cannot be explained in the dummy regression model in the case of cervical cancer hospitalization in the Tuban Regency.

Keywords : Bayesian, Cervical Cancer, Dummy Regression

Abstrak

Kanker *serviks* adalah kanker yang paling banyak diderita oleh wanita yang menjadi penyebab kematian. Penyebab utama kanker *serviks* adalah infeksi *Human Papilloma Virus* (HPV). Kanker *serviks* merupakan penyakit yang disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal di dalam leher rahim/*serviks* yang terdapat dalam organ bagian reproduksi pada tubuh wanita dan menyebabkan kematian. Untuk mencegah munculnya fase ganas dibutuhkan program *screening* pada lama rawat inap pasien kanker *serviks*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi lama rawat inap pasien kanker *serviks* di Kabupaten Tuban dengan metode komputasi Bayesian Regresi Dummy. Metode Bayesian adalah salah satu teknik komputasi pada estimasi parameter yang menggabungkan fungsi likelihood dan distribusi prior menjadi distribusi posterior dalam menduga parameter model. Bayesian regresi dummy menghasilkan suatu variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap lama rawat inap pasien kanker *serviks*, yaitu variabel Komplikasi (X_1). Dengan nilai alpha 2.17, menunjukkan bahwa terdapat dependensi/error yang tidak bisa dijelaskan dalam model regresi dummy pada kasus lama rawat inap kanker *serviks* di Kabupaten Tuban.

Kata kunci: Bayesian, Kanker Serviks, Regresi Dummy

1. Pendahuluan

Kanker *serviks* adalah penyakit yang dikarenakan oleh pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal di dalam leher rahim yang terdapat dalam organ bagian reproduksi pada tubuh wanita [1]. Di Indonesia kanker *serviks* merupakan pembunuh nomor satu bagi wanita [2]. Penyebab utama kanker *serviks* adalah infeksi *Human Papilloma Virus* Namun ada beberapa penyebab bisa diamati meski tidak selalu memberi petunjuk infeksi HPV, keputihan atau mengeluarkan sedikit darah setelah melakukan hubungan intim [3]. Untuk mencegah munculnya fase ganas pada pasien kanker *serviks* dibutuhkan program *screening* sebelum akan dilakukan lama rawat inap pasien kanker *serviks* [4]. Faktor-faktor yang mempengaruhi lama rawat inap pasien kanker *serviks* adalah komplikasi dan usia [5]. Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji lama rawat inap pasien kanker *serviks* berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya, sehingga hal ini menyebabkan menjadi salah satu objek yang menarik untuk diteliti [5].

Model regresi dummy merupakan pemodelan statistika yang diterapkan pada pemodelan variabel respon berdasarkan satu atau lebih variabel predictor yang bersifat kategorik dan kontinyu [6]. Model regresi dummy sering digunakan dalam epidemiologi yaitu tentang pola terjadinya penyakit dan faktor-faktor yang mempengaruhinya [7]. Seringkali di dalam penelitian, seseorang ingin memodelkan hubungan antara variabel prediktor dan respon maka metode yang paling sering dipakai adalah regresi, baik sederhana maupun berganda [8]. Namun, ada kalanya regresi linier dengan metode OLS (*ordinary least square*) dan maksimum *likelihood* yang sering dipakai tersebut kurang sesuai untuk digunakan jika regresi terdapat pelanggaran asumsi Gauss-Markov oleh karena itu metode yang paling tepat adalah Bayesian MCMC-Gibbs Sampling [9].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan [10] menggunakan regresi logistik menghasilkan faktor-faktor yang mempengaruhi kanker *serviks* yaitu usia, umur pertama menikah dan jenis kontrasepsi.

Penelitian yang sama juga dilakukan [2] menerapkan model regresi logistik pada kasus kanker *serviks* di Swedia yaitu memodelkan Hasil dari evaluasi rutin program skrining kanker *serviks* untuk mengendalikan kasus kanker *serviks* di swedia. Penelitian juga dilakukan [3] menggunakan regresi logistik ordinal pada faktor-Faktor yang mempengaruhi hasil pap test kanker *serviks*. Hasil dari penelitian tersebut adalah variabel pemakaian alat kontrasepsi dan riwayat mempunyai anak. Beberapa penelitian yang dilakukan tanpa memperhitungkan lama rawat inap pasien kanker *serviks*, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga mengkaji model regresi dummy dengan pendekatan komputasi Bayesian dalam memprediksi dan mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh lama rawat inap pasien kanker *serviks* di Kabupaten Tuban. Pertimbangan analisis regresi dummy dapat dijadikan langkah penanganan secara optimal pada penyakit kanker *serviks* untuk dijadikan bahan pertimbangan melakukan sosialisasi tentang penanganan penyakit kanker *serviks* sehingga dapat mengurangi dan mempercepat penanganan penyakit kanker *serviks* pada wanita di Kabupaten Tuban.

Regresi Dummy merupakan salah satu metode statistika untuk menganalisis hubungan antara variabel respon yang mempunyai skala data interval dengan variabel prediktor bersifat kategorik [11]. Berikut adalah rumus regresi dummy [6]:

$$Y_i = \alpha + \sum_{k=1}^P \beta_k x_k + \varepsilon_i \quad (1)$$

dimana

α : nilai variabel respon apabila $X = 0$.

β : slope garis, yakni perubahan Y untuk perubahan 1 unit X .

ε : *error* model.

Pada penelitian ini distribusi variabel lama rawat inap pasien kanker *serviks* mengikuti distribusi normal (μ dan σ^2) [12]. Dengan demikian fungsi kepekatan peluang sebagai berikut [13]:

$$f(y | \mu, \sigma^2) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi\sigma^2})} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad (2)$$

dengan batas distribusi $-\infty < \mu < \infty, \sigma^2 > 0$, disubstitusi pada model regresi linier berganda berikut [14]:

$$\begin{aligned} y &= \alpha + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k + \varepsilon_i \\ \varepsilon_i &= y - (\alpha + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k) \\ f(x | \alpha, \beta, \sigma^2) &= \frac{1}{(\sqrt{2\pi\sigma^2})} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right)^2\right) \\ &= \frac{1}{(\sqrt{2\pi\sigma^2})} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y - \alpha + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k}{\sigma}\right)^2\right) \end{aligned} \quad (3)$$

Metode Bayesian adalah metode alternatif untuk mengestimasi parameter model secara stokastik yang kompleks [15]. Pemodelan Bayesian didasarkan pada model posterior yaitu memadukan data distribusi awal sebagai informasi prior dan data pengamatan yang digunakan sebagai fungsi *likelihood* [16]. Pada Bayesian memanfaatkan informasi data sampel dan memperhitungkan distribusi awal atau yang disebut distribusi prior dengan proses *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) [17]. MCMC adalah pendekatan numerik untuk mendapatkan distribusi posterior [18]. Persamaan distribusi posterior pada model regresi adalah sebagai berikut [19]:

$$\begin{aligned} p(\beta_{1+i}, \alpha, \sigma | X) &= L(\beta_{1+i}, \alpha, \sigma; X) \\ & p(\beta_{1+i})p(\alpha)p(\sigma) \end{aligned} \quad (4)$$

Estimasi untuk setiap parameter diperoleh melalui bentuk distribusi bersyarat penuh dari setiap parameter yaitu σ , dan β_i dengan penentuan distribusi prior terlebih dahulu [20].

Distribusi prior yang digunakan merupakan gabungan antara prior *conjugate* dan *Informatif* sebagai berikut [21]:

$$\begin{aligned} y &\sim \text{Normal}(\mu, \sigma) \\ \mu &= \beta^T x_{ij} + \varepsilon_i, \\ \varepsilon_i | \varepsilon_{-i} &\sim \text{Normal}(a, b), \\ \beta &\sim \text{Normal}(s, r) \end{aligned} \quad (5)$$

Distribusi posterior atau *full conditional* untuk masing-masing parameter menggunakan MCMC-Gibbs Sampling dengan cara mengintegrasikan parameter-parameter yang

bersangkutan dan dapat dijelaskan sebagai berikut [22].

$$\begin{aligned} &p(\alpha | \sigma, \beta_{1+i}) \\ &\equiv \int \int \dots \int I(x | \sigma, \beta_1, \dots, \beta_p) p(\sigma) p(\beta_1) \dots p(\beta_p) \partial \sigma \partial \beta_1 \dots \partial \beta_p \\ &p(\sigma | \alpha, \beta_{1+i}) \\ &\equiv \int \int \dots \int I(x | \alpha, \beta_1, \dots, \beta_p) p(\alpha) p(\beta_1) \dots p(\beta_p) \partial \alpha \partial \beta_1 \dots \partial \beta_p \\ &p(\beta_1 | \alpha, \sigma, \beta_{1+i} \neq 1) \\ &\equiv \int \int \int \dots \int I(x | \alpha, \sigma, \beta_2, \dots, \beta_p) p(\alpha) p(\sigma) p(\beta_2) \dots p(\beta_{1+p}) \partial \alpha \partial \sigma \partial \beta_2 \dots \partial \beta_{1+p} \\ &\vdots \\ &p(\beta_p | \alpha, \sigma, \beta_{1+i} \neq 1) \\ &\equiv \int \int \int \dots \int I(x | \alpha, \sigma, \beta_1, \dots, \beta_p) p(\alpha) p(\sigma) p(\beta_1) \dots p(\beta_{1+p}) \partial \alpha \partial \sigma \partial \beta_1 \dots \partial \beta_{1+p} \end{aligned} \quad (6)$$

Gibbs Sampling adalah teknik untuk membangkitkan variabel acak dari distribusi *full conditional* pada persamaan (6) [23]. Langkah-langkah dalam proses algoritma *Gibbs Sampling* adalah [24]:

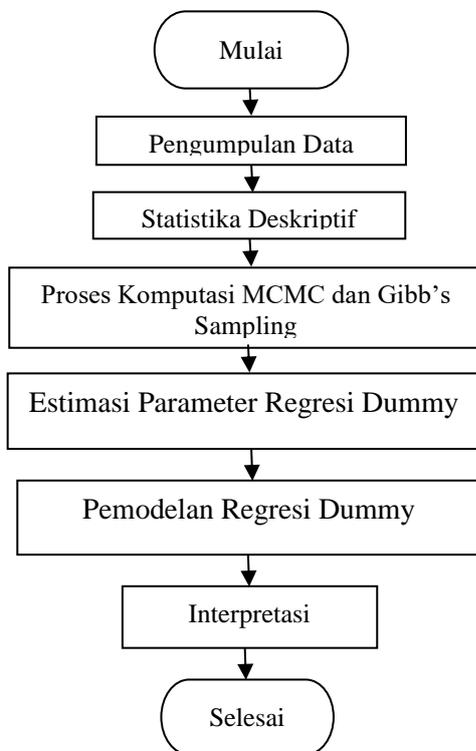
1. Menentukan nilai awal untuk masing-masing parameter.
 $(\sigma^0, \beta_1^0, \dots, \beta_4^0)$
2. Selanjutnya didapatkan urutan acak
 σ^1 dari $p(\sigma, \beta_1^0, \dots, \beta_4^0)$
 β_1^1 dari $p(\beta_1^1, \sigma^0, \beta_2^0, \dots, \beta_4^0)$
 \vdots
 β_4^1 dari $p(\beta_4^1, \sigma^0, \beta_2^0, \dots, \beta_3^0)$
3. Mengulangi Langkah kedua hingga kondisi konvergen (nilai MC error kurang dari 5% simpangan baku maka kekonvergenan terpenuhi dan iterasi dihentikan) [25].

Pengujian parameter bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon [26]. Pengujian parameter yang digunakan pada pendekatan Bayesian adalah dengan pengujian *credible Interval* yang memiliki nilai batas bawah sebesar 2,5% dan batas atas sebesar 97,5% [27]. Kriteria keputusannya akan tolak H_0 jika *credible interval* tidak memuat nilai 0 dengan kesimpulan bahwa variabel prediktor berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Berikut adalah hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut [28].
 $H_0 = \beta_j = 0$ (variabel prediktor ke-j tidak berpengaruh terhadap variabel respon)
 $H_1 = \beta_j \neq 0$ (variabel prediktor ke-j berpengaruh terhadap variabel respon)

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data rekam medis pasien wanita lama rawat inap kanker serviks di Rumah Umum Koesma Tuban. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahun 2021. Variabel respon adalah lama rawat inap pasien Kanker Serviks di Kabupaten Tuban (Y) dan variabel prediktor bersifat kategorik yang terdiri dari Komplikasi (X_1), Usia (X_2), Pendidikan (X_3) dan Anemia (X_4).

Langkah-langkah analisis regresi dummy menggunakan Bayesian adalah (1) melakukan analisis deskriptif pada data; (2) menentukan parameter regresi dummy dengan WinBUGS seperti berikut :



Gambar 1. Flowchart Model Regresi Dummy pada kasus kanker serviks

3. Pembahasan

Penyusunan Model Regresi Dummy untuk mengetahui variabel prediktor mana yang berpengaruh terhadap lama rawat inap kanker serviks. Langkah pertama dilakukan analisis deskriptif untuk mengetahui karakteristik lama rawat inap di RS Koesma Tuban. Jumlah pasien kanker serviks di RS Koesma Tuban sebanyak 58 pasien dengan karakteristik rata-rata lama rawat inap 4 hari dengan minimal pasien lama rawat inap 2 hari dan maksimal 12 hari dengan standar deviasi

sebesar 2,2. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penyebaran pasien di di RSUD Koesma Kabupaten Tuban menunjukkan rawat inap rata-rata 4 hari dinyatakan sembuh atau boleh pulang. Karakteristik lainnya dapat diketahui berdasarkan Komplikasi (X_1) dengan Usia (X_2), Pendidikan (X_3) dan Anemia (X_4).

Tabel 1. Karakteristik Pasien Rawat Inap

Variabel Penelitian		Komplikasi (X_1)	
		Iya	Tidak
Usia (X_2)	Usia \leq 50 Tahun	14	11
	Usia $>$ 50 Tahun	18	15
Pendidikan (X_3)	Rendah	29	22
	Tinggi	3	4
Anemia (X_4)	Tidak Anemia	24	20
	Anemia	8	6

Tabel 1 menunjukkan bahwa pasien lama rawat inap mayoritas pada pasien komplikasi pada usia dari 50 tahun dengan pendidikan rendah (SD sampai dengan SMP) dan tidak memiliki penyakit anemia. Setelah deskriptif data dilakukan dan dihasilkan bahwa mayoritas pasien kanker serviks memiliki riwayat komplikasi. Kanker serviks menandakan beberapa perubahan sel-sel abnormal di daerah serviks sedangkan kanker menunjukkan sel-sel abnormal pada daerah serviks sudah bersifat ganas.

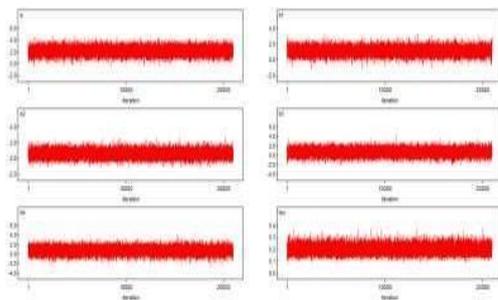
Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi lama rawat inap pasien pasien penyakit kanker dengan pemodelan regresi dummy dengan algoritma komputasi Bayesian sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Estimasi Parameter Model

Parameter	Mean	2,5%	Median	97,5%	Keterangan
β_1	1,11	0,106	1,116	2,115	Signifikan
β_2	0,603	-0,368	0,604	1,584	Tidak Signifikan
β_3	0,667	-0,86	0,676	2,164	Tidak Signifikan
β_4	0,684	-0,84	0,683	2,217	Tidak Signifikan
α	2,17	0,004	0,835	2,175	Signifikan
τ	0,19	0,130	0,194	0,276	Signifikan

Berdasarkan perhitungan Software WinBUGS yang ditunjukkan pada Tabel 2 merupakan faktor-faktor yang dianggap

signifikan mempengaruhi lama rawat inap pasien kanker serviks jika nilai selang kepercayaan 2,5 % hingga 97,5% tidak memuat nilai 0. Tabel 2 menunjukkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap lama rawat inap pasien kanker serviks di Kabupaten Tuban adalah Komplikasi (X_1). Tabel 2 kolom mean merupakan besaran parameter model sedangkan ketiga kolom berikutnya adalah besarnya nilai estimasi pada selang kepercayaan 97,5%. Parameter alpha signifikan terhadap pengaruh lama rawat inap pasien kanker serviks karena selang 2,5 % hingga 97,5% tidak memuat nilai 0 yang menunjukkan terdapat dependensi/error yang tidak terjelaskan dalam model regresi dummy.



Gambar 2. Series Plot

Gambar 2 menunjukkan grafik *series plot* parameter yang diestimasi, terlihat bahwa sampel parameter yang dibangkitkan dalam proses iterasi berada dalam satu area dan menunjukkan nilai acak dengan pola stasioner dan bersifat random dan konvergen. Berikut adalah model Regresi dummy :

$$Y = 2,17 + 1,11X_1 \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan regresi dapat disimpulkan bahwa pasien yang memiliki penyakit komplikasi mempunyai lama rawat inap 1,11 kali daripada pasien yang tidak memiliki penyakit komplikasi pada kasus penyakit kanker serviks di kabupaten Tuban dengan variabel lain konstan. Sama halnya variabel pendidikan dengan kategori rendah lama rawat inap pasien *kanker serviks* lebih besar 0,006 kali dari pada pasien yang memiliki pendidikan kategori tinggi dengan syarat variabel lain konstan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tingginya pasien kanker serviks secara epidemiologis menjadi penting dengan kaitannya program kesehatan yang

difokuskan pada masyarakat dengan pemantauan rutin melalui *screening* atau deteksi dini. Pemodelan regresi dummy mampu memberikan informasi untuk dijadikan bahan sosialisasi dalam penanganan penyakit Kanker serviks di Kabupaten Tuban.

4. Penutup

Hasil Pemodelan menunjukkan rata-rata lama rawat inap pasien kanker servik 4 hari dan paling banyak 12 hari pasien dinyatakan pulang. Kemudian hasil dari komputasi Bayesian regresi logistik menunjukkan faktor yang berpengaruh signifikan pada lama rawat inap pasien kanker serviks di kabupaten Tuban adalah Komplikasi (X_1) atau efek penyakit penyerta pasien. Parameter alpha menunjukkan dependensi error yang tidak terjelaskan dalam model regresi dummy ketika variabel lain yang diamati konstan. Regresi dummy pada komputasi bayesian mampu memberikan informasi terkait dengan penyebab lama rawat inap pasien kanker *serviks*.

Referensi

- [1] S. Wahyuni, "Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku deteksi dini kanker serviks di kecamatan ngampel kabupaten kendal jawa tengah," *Jurnal Keperawatan Maternitas*, vol. I, no. 1, pp. 55-60, 2013.
- [2] J. Wang, K. M. Elfström, B. Andrae and S. N. Kleppe, "Cervical cancer case-control audit: Results from routine evaluation of a nationwide cervical screening program," *International Journal of Cancer*, no. 146, p. 1230-1240, 2019.
- [3] R. M. Nugrahani and M. Salamah, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pap Test Kanker Serviks dengan Menggunakan Metode Regresi Logistik Ordinal," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, pp. 16-19, 2012.
- [4] S. N. Aulele, H. M. Patty and Trisnawaty, "ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPERNGARUHI KANKER LEHER RAHIM DI KOTA AMBON DENGAN MENGGUNAKAN

- REGRESI LOGISTIK BINER," *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 10, no. 1, p. 61–68, 2016].
- [5] F. s. insani, S. Af and L. Talangko, "Metode Bootstrap Aggregating Regresi Logistik untuk Peningkatan Ketepatan Klasifikasi Regresi Logistik Ordinal," *J. Stat. UNHAS*, pp. 1-9, 2015.
- [6] L. Fahrmeir, . T. Kneib, S. Lang and B. Marx, *Regression Models, Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [7] N. Wu, i. (. Song, R. Yao, . Q. Yu, . C. Tang and . S. Zhao, "A Bayesian sample selection model based on normal mixture to investigate household car ownership and usage behavior," *Travel Behaviour and Society*, pp. 36-50, 2020.
- [8] W. M. Bolstad and J. M. Curran, *Introduction to Bayesian Statistics*, Canada: John Wiley & Sons, 2017.
- [9] N. Han and . R. J. Ram, "Bayesian modeling and computation for analyte quantification in complex mixtures using Raman spectroscopy," *Computational Statistics and Data Analysis*, pp. 1-19, 2019.
- [10] Y. F. Aksari and H. . B. Notobroto, "Pemodelan Regresi Logistik Backward pada Faktor Risiko Kanker Serviks di Yayasan Kanker Wisnuwardhana Surabaya," *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, pp. 152-161, 2015.
- [11] Y. Fan, D. Nott, M. S. Smith and e.-L. Dortet-Bernadet, *Flexible Bayesian Regression Modelling*, USA: Academic Press, 2019.
- [12] P. Ismartini, "Pengembangan Model Linier Hirarki Dengan Pendekatan Bayesian Untuk Pemodelan Data Pengeluaran Data Pengeluaran Perkapita Rumah Tangga," *Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2013.
- [13] N. Mahmudah and H. Pramoedyo, "Spatial Modeling Weibull-3 Survival Parameters with Frailty Distributed Conditionally Autoregressive (CAR)," *Natural B, Journal of Health and Environmental Sciences*, vol. 1, no. 3, pp. 93-102, 2015.
- [14] N. Mahmudah and F. Anggraini, "Bayesian Survival Dagum 3 Parameter Link Function Models in the Suppression of Dengue Fever in Bojonegoro," *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, vol. 51, no. 3, pp. 1-7, 2021.
- [15] G. E. Box and G. C. Tiao, *Bayesian Inference in Statistical Analysis*, Reading, MA : Addison-wesley, 1973.
- [16] I. Ntzoufras, *Bayesian Modeling Using WinBUGS*, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2009.
- [17] D. Darmofal, "Bayesian Spatial Survival Models for Political Event Processes," *Department of Political, Science University of South Carolina. 350 Gambrell Hal. Columbia*, 2008.
- [18] N. Mahmudah, "Analisis Survival Weibull 3p Menggunakan Aplikasi Winbugs," *Jurnal Mahasiswa Statistik*, vol. 2, no. 3, pp. 237-240, 2014.
- [19] h. Yang and . S. J. Novick, *Bayesian Analysis with R for Drug Development: Concepts, Algorithms, and Case Studies*, New York: CRC Press, 2019.
- [20] N. Mahmudah, N. Iriawan and S. W. Purnami, "Bayesian Spatial Survival Models for HIV/AIDS Event Processes in East Java.," *Indian Journal of Public Health Research & Development*, vol. 9, no. 11, 2018.
- [21] B. L. D, *Bayesian analysis of time series*, USA: Chapman & Hall/CRC, 2019.
- [22] S. M. Lynch, *Introduction to Applied Bayesian Statistics and Estimation for Social Scientists*, New York: Springer, 2017.
- [23] J. V. Stone, *Bayes Rule with R A Tutorial Introduction to Bayesian Analysis*, New York: Sebtel Press, 2016.
- [24] J. Kruschke, *Doing Bayesian Data Analysis*, USA: Elsevier Science Academic Press, 2014.

- [25] S. Banerjee, M. M. Wall and B. P. Carlin, "Frailty modeling for spatially correlated survival data, with application to infant mortality in Minnesota," *Biostatistics*, pp. 123-142, 2003.
- [26] Z. Zhang, J. Zhang , J. Lu and J. Tao, "Bayesian Estimation of the DINA Model With Pólya-Gamma Gibbs Sampling," *Frontiers In Psychology*, vol. 11, no. 384, pp. 1-15, 2020.
- [27] N. Mahmudah and S. Sukono, "Bayesian Regresi Survival Pada Proses Kejadian HIV/AIDS Di Jawa Timur," *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi (JMST)*, vol. 21, no. 2, pp. 111-123, 2020.
- [28] B. Puza, *Bayesian Methods for Statistical Analysis*, Australia: ANU Press, 2017.



PERBANDINGAN HYBRID ALGORITMA GENETIKA DENGAN MULTILAYER PERCEPTRON DAN GEOMETRIC BROWNIAN MOTION UNTUK MEMPREDIKSI HARGA SAHAM

Muftyatul Azizah¹

Corresponding author: Muftyatul Azizah

¹Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia (STIESIA) Surabaya, muftyatulazizah@stiesia.ac.id

Received : 8 Juni 2022, Revised : 27 Juli 2022, Accepted : 4 Agustus 2022

Abstract

The stock is an investor ownership sign of their investment or the amount of fund invested in a company. The purpose of the company issuing stock is to obtain additional capital from each stock sold. The more stock owned by investors shows, the higher the level of company performance. Prediction results from stock price movements are very important for developing market trading strategies. Stock price predictions can anticipate investment losses and provide optimal returns for investors. In this study, Microsoft stock price predictions will be made using a hybrid genetic algorithm and multilayer perceptron, as well as a hybrid genetic algorithm and the geometric Brownian motion. The MAPE value generated by the hybrid genetic algorithm and geometric Brownian motion is 0.0057139, while the MAPE value generated by the hybrid genetic algorithm and multilayer perceptron is 0.05164. The MAPE value predicted using a hybrid genetic algorithm and geometric Brownian motion is better than the MAPE value predicted using a hybrid genetic algorithm and multilayer perceptron.

Keywords: Hybrid Genetic Algorithm and Multilayer Perceptron, Hybrid Genetic Algorithm and Geometric Brownian Motion, Stock

Abstrak

Saham didefinisikan sebagai tanda kepemilikan investor atas investasi mereka atau sejumlah dana yang diinvestasikan dalam suatu perusahaan. Tujuan perusahaan menerbitkan saham yakni untuk memperoleh tambahan modal dari setiap lembar yang terjual. Semakin banyak saham yang dimiliki oleh para investor maka menunjukkan semakin tinggi tingkat kinerja perusahaan. Hasil prediksi dari pergerakan harga saham sangat penting untuk mengembangkan strategi perdagangan pasar. Prediksi harga saham dapat mengantisipasi kerugian investasi dan memberikan keuntungan optimal bagi para investor. Pada penelitian ini, akan dilakukan prediksi harga saham perusahaan Microsoft menggunakan metode hybrid algoritma genetika dan multilayer perceptron, serta dengan metode hybrid algoritma genetika dan *geometric Brownian motion*. Nilai MAPE yang dihasilkan dari hybrid algoritma genetika dan *geometric Brownian motion* adalah sebesar 0.0057139, sedangkan nilai MAPE yang dihasilkan oleh hybrid algoritma genetika dan multilayer perceptron adalah sebesar 0.05164. Nilai MAPE hasil prediksi menggunakan hybrid algoritma genetika dan *geometric Brownian motion* lebih baik dibandingkan dengan nilai MAPE hasil prediksi menggunakan hybrid algoritma genetika dan multilayer perceptron.

Kata kunci: Hybrid Algoritma Genetika dan Multilayer Perceptron; Hybrid Algoritma Genetika dan Geometric Brownian Motion; Saham

1. Pendahuluan

Definisi dari saham yakni sebagai tanda kepemilikan investor atas investasi mereka atau sejumlah dana yang diinvestasikan dalam suatu perusahaan. Saham juga mempunyai makna sebagai suatu kertas yang dapat membuktikan keikutsertaan pemegangnya dalam penanaman modal di suatu perusahaan [1].

Tujuan suatu perusahaan menerbitkan saham adalah untuk mendapatkan penambahan modal dari setiap lembar yang terjual. Kinerja suatu perusahaan semakin meningkat jika semakin banyak saham yang dimiliki oleh pemegang saham atau investor. Demikian juga sebaliknya, jika terjadi penurunan minat investor untuk menginvestasikan dananya dalam bentuk saham pada suatu perusahaan maka mempunyai makna bahwa kinerja perusahaan mengalami penurunan [1].

Strategi perdagangan pasar membutuhkan adanya prediksi harga saham agar dapat berkembang secara efektif. Prediksi harga saham merupakan sebuah peramalan deret waktu yang cukup sulit dilakukan karena pergerakan harga saham cenderung non-linear dan non stasioner yang dipengaruhi oleh banyak kondisi. Selain itu, harga saham dipengaruhi oleh banyak faktor ekonomi makro seperti peristiwa politik, kebijakan perusahaan, kondisi ekonomi umum, harapan investor, pilihan investor institusi, pergerakan pasar saham lain, dan psikologi investor dan sebagainya. Prediksi harga saham dapat membantu investor untuk mengantisipasi resiko-resiko investasi dan mendapatkan keuntungan secara optimal [2]. Sepuluh perusahaan terbesar di dunia berdasarkan nilai pasar pada tahun 2018 (dalam miliar dolar AS) adalah sebagai berikut Apple, Amazon.com, Alphabet, Microsoft, Facebook, Alibaba, Berkshire Hathaway, Tencent Holdings dan JPMorgan Chase [3]. Berdasarkan data tersebut, Penulis ingin memprediksi harga saham Microsoft dikarenakan perusahaan Microsoft memiliki pengaruh besar pada dunia teknologi.

Terdapat beberapa proses untuk memprediksi harga saham. Pada tahun

2011, Kara dan rekannya memprediksi harga saham dengan mengambil sampel data saham di Istanbul [2]. Metode yang digunakan untuk memprediksi adalah *Support Vector Machines* dan *Artificial Neural Network*. Hasil prediksi dengan metode *Artificial Neural Network* menunjukkan hasil yang lebih signifikan dibandingkan dengan hasil prediksi dari metode *Support Vector Machines*. Pada tahun 2016, Qiu dan Song memprediksi pergerakan saham dengan *Artificial Neural Network* [4]. Pada tahun 2014, Masoud menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi pergerakan harga saham di Pasar Libya [5]. Jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah *backpropagation* dengan beberapa fungsi *error* yaitu *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian oleh Masoud diperoleh bahwa JST dapat digunakan sebagai cara alternatif yang lebih baik untuk memprediksi harga saham. Pada tahun 2014, Amin dan rekannya memprediksi harga saham di Tehran dengan menggunakan *Artificial Neural Network* dan *hybrid genetic algorithm* dengan *Artificial Neural Network* [6]. Dari penelitian tersebut, diperoleh bahwa metode *hybrid genetic algorithm* dengan *Artificial Neural Network* lebih efisien dibandingkan dengan metode *Artificial Neural Network*. Pada tahun 2016, Reddy dan Clinton memprediksi harga saham di Australia dengan menggunakan *Geometric Brownian Motion* (GBM) [7]. Hasilnya menunjukkan bahwa hasil prediksi dengan GBM hampir sama dengan data aslinya.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Azizah dan rekannya menggunakan *Geometric Brownian Motion* (GBM) serta Multilayer Perceptron untuk memprediksi harga saham menunjukkan bahwa hasil prediksi *Geometric Brownian Motion* lebih baik dibandingkan dengan Multilayer Perceptron [8]. Dari penelitian tersebut, Penulis tertarik untuk mengembangkan metode yang digunakan yakni menambahkan metode *hybrid* algoritma genetika pada masing-masing metode

sehingga pada penelitian ini akan menggunakan *hybrid* algoritma genetika dan multilayer perceptron serta *hybrid* algoritma genetika dan *geometric brownian motion* untuk memprediksi harga saham. Data yang digunakan tetap sama yakni data saham perhari pada perusahaan *Microsoft* dari 01 Oktober 2018 sampai 29 Maret 2019 yang diperoleh dari *yahoo finance* [9].

2. Metode

Model *geometrik Brownian motion* pertama kali diperkenalkan oleh Paul pada tahun 1965 untuk memodelkan harga saham. Berikut adalah model *geometrik Brownian motion*:

$$S(t) = S(t - 1)e^{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma\epsilon\sqrt{dt}} \quad (1)$$

Dengan:

$S(t)$: harga saham pada saat t
 $S(t - 1)$: harga saham pada saat $t-1$
 μ : *drift* (ekspektasi laju pergerakan harga saham)
 σ : volatilitas (tingkat pergerakan harga saham)
 ϵ : random normal

Model *geometrik Brownian motion* telah digunakan pada pemodelan dinamika harga komoditi di Indonesia yaitu minyak sawit dan emas [10]. Pengaplikasian metode *geometric Brownian motion* untuk memodelkan harga saham dapat digunakan jika nilai *return* dari suatu saham di masa lalu berdistribusi normal, sehingga harga saham di masa yang akan datang bisa diprediksi dengan *geometric Brownian motion* [11].

Struktur fungsional dari jaringan saraf biologi merupakan inspirasi dalam pembentukan model matematika atau model komputasi jaringan saraf tiruan [12]. Permasalahan yang kompleks diselesaikan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan. Jaringan saraf tiruan mempelajari pola-pola dari jumlah data yang banyak dengan menyaring data, mencari hubungan, membangun model, dan mengoreksi kesalahan model itu sendiri berkali-kali [13].

Jaringan saraf tiruan mempunyai beberapa metode pembelajaran yakni salah

satunya adalah *multilayer perceptron* (jaringan banyak lapis perceptron). *Multilayer perceptron* (MLP) adalah metode pembelajaran yang berjalan dengan cara memperbarui bobotnya dan membandingkannya dengan target sampai menghasilkan output yang mendekati target, sehingga dapat dikatakan bahwa model MLP merupakan metode yang belajar dari kesalahan [13].

Algoritma merupakan teknik penyusunan langkah-langkah penyelesaian masalah yang dirumuskan dengan baik, tersusun secara logis, sistematis, dan dalam jumlah yang berhingga. Algoritma genetika merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan berupa teknik optimasi dan pencarian berdasarkan pada prinsip genetika dan seleksi. Algoritma ini dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan dengan satu atau banyak variabel, baik permasalahan kontinu maupun diskrit, dan tidak hanya menyediakan solusi tunggal [14].

Pada penelitian ini menggunakan data saham perhari pada perusahaan *Microsoft* dari 01 Oktober 2018 sampai 29 Maret 2019 yang diperoleh dari *yahoo finance*. Persamaan yang digunakan untuk memprediksi harga saham *Microsoft* dengan *geometric Brownian motion* adalah sebagai berikut:

$$F(t) = F(t - 1)e^{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma\epsilon\sqrt{dt}} \quad (2)$$

Dengan:

$F(t)$: prediksi harga saham pada saat t
 $F(t - 1)$: prediksi harga saham pada saat $t-1$
 μ : *drift* (ekspektasi laju pergerakan harga saham)
 σ : volatilitas (tingkat pergerakan harga saham)
 ϵ : random normal

Data yang sudah diperoleh akan diproses untuk dihitung nilai *return* dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} \quad (3)$$

Dengan

$\frac{dS(t)}{S(t)}$: return harga saham
 S_{t+1} : harga saham pada saat t+1
 S_t : harga saham pada saat t

Selanjutnya nilai return dari hasil perhitungan harus diuji normalitasnya dengan menggunakan metode Kolmogorov Smirnov dengan hipotesis sebagai berikut [15]:
 H_0 : Data sampel berdistribusi normal
 H_1 : Data sampel tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$D_{hitung} = \max|F_t - F_s| \quad (4)$$

dengan:

D_{hitung} : deviasi minimum
 F_t : fungsi berdistribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal
 F_s : fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

Kriteria pengujian:

Jika $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 0.05$), maka H_0 diterima yang memiliki arti bahwa data sampel berdistribusi normal. Penggunaan *software* minitab untuk uji normalitas memutuskan untuk terima H_0 apabila nilai $P_{value} > 0.05$ dan data sampel dinyatakan berdistribusi normal.

Prosedur untuk menerapkan *hybrid* algoritma genetika dan *multilayer perceptron* dalam menyelesaikan permasalahan prediksi saham perusahaan Microsoft adalah sebagai berikut: (1) Pembuatan rancangan data yang akan digunakan sebagai input dalam *multilayer perceptron*. Ada dua hal yang perlu dilakukan dalam membuat rancangan data yaitu membagi data menjadi data *training* (pelatihan) dan data *testing* (validasi), dan melakukan normalisasi data. (2) Mendesain arsitektur jaringan yang terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*. (3) Menerapkan *hybrid multilayer perceptron* dan algoritma genetika untuk memperoleh bobot dan bias. (4) Melakukan uji validasi data dengan menggunakan nilai-nilai bobot dan bias yang sudah diperoleh dari hasil penelitian. (5) Proses denormalisasi yaitu

mengembalikan ukuran data yang telah dinormalisasi untuk mendapatkan data yang asli.

Langkah-langkah *hybrid multilayer perceptron* dan algoritma genetika adalah sebagai berikut: (1) Menentukan parameter-parameter AG dan MLP. Parameter AG adalah *pop size*, maksimum iterasi, probabilitas *crossover* (p_c), probabilitas mutasi (p_m). Parameter MLP adalah batas *error* dan laju pelatihan/*learning rate* (α). (2) Proses normalisasi data yang digunakan untuk mengubah data pada interval [0, 1]. (3) Membangkitkan populasi awal pada algoritma genetika. (4) Mengubah kromosom dalam algoritma genetika menjadi bobot dan bias dalam MLP. (5) Menghitung *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan proses MLP. (6) Mengubah bobot dan bias dalam MLP menjadi kromosom dalam algoritma genetika. (7) Menghitung nilai *fitness* tiap kromosom. (8) Cek apakah sudah memenuhi maksimum iterasi atau MAPE yang diperoleh telah kurang dari batas *error*. (9) Jika iterasi sudah mencapai maksimum iterasi atau MAPE yang diperoleh kurang dari batas *error*, maka kromosom dengan nilai *fitness* terbaik merupakan solusi untuk prediksi saham. (10) Jika iterasi belum mencapai maksimum iterasi atau MAPE yang diperoleh lebih dari batas *error*, maka akan dilanjutkan dengan proses AG.

Prosedur estimasi parameter dengan *hybrid* algoritma genetika dan *geometri Brownian motion* untuk menyelesaikan permasalahan prediksi saham perusahaan Microsoft adalah sebagai berikut: (1) Menentukan banyaknya generasi maksimum (n_{gen}), menentukan ukuran populasi (n_{pop}), probabilitas *crossover* (P_c), probabilitas mutasi (P_m). Probabilitas *crossover* menyatakan proporsi populasi pada generasi sekarang yang tetap dipertahankan pada generasi berikutnya. (2) Membangkitkan elemen kromosom yang berupa bilangan real antara nol sampai satu sebanyak jumlah parameter yang diestimasi, dan terus dibangkitkan sebanyak n_{pop} . Kromosom-kromosom yang terbentuk, dijadikan sebagai populasi awal.

(3) Melakukan evaluasi nilai fungsi tujuan untuk setiap kromosom pada populasi. (4) Menghitung nilai fungsi tujuan untuk masing-masing individu. (5) Melakukan seleksi sejumlah individu pada populasi untuk menjadi subpopulasi individu induk. (6) Memilih sejumlah pasangan yang diperoleh dari subpopulasi individu induk. Pemilihan pasangan menggunakan metode *Roulette Wheel*. (7) Melakukan proses *crossover* dengan mencari kromosom induk yang menghasilkan random dari 0 sampai 1. Dari kromosom induk tersebut dapat dihasilkan *offspring* (anak). (8) Melakukan proses mutasi secara acak pada sejumlah individu untuk pembagian variabel (gen) pada populasi. (9) Menghentikan proses algoritma setelah banyaknya generasi maksimal tercapai. Jika tidak, proses langkah d diulang.

3. Pembahasan

3.1 Prediksi Harga Saham Microsoft dengan Menggunakan Metode Hybrid Algoritma Genetika dan Multilayer Perceptron

Berdasarkan penelitian Amin beserta rekannya hasil prediksi dengan menggunakan *hybrid genetic algorithm* dengan *artificial neural network* lebih efisien dibandingkan dengan *artificial neural network* [6]. Dari gagasan penelitian tersebut, maka dalam penelitian ini akan menggunakan *hybrid genetic algorithm* dan *multilayer perceptron* untuk memprediksi harga saham Microsoft.

Prediksi dengan *hybrid* algoritma genetika dan *multilayer perceptron* diawali dengan proses inisialisasi parameter, yaitu menentukan nilai parameter yang akan dibutuhkan. Parameter yang dibutuhkan dalam algoritma genetika adalah banyaknya individu (*npop*), probabilitas *crossover* (*Pc*), probabilitas mutasi (*Pm*) dan maksimal iterasi. Dalam penelitian ini menggunakan *npop* = 100, *Pc* = 0.5 dan 0.7, *Pm* = 0.2 dan 0.4, serta maksimal iterasi adalah 25000. Sedangkan parameter yang dibutuhkan dalam *multilayer perceptron* adalah jumlah *neuron* pada *input*, *hidden* dan *output layer* serta *learning rate*. Untuk jumlah *neuron* pada *input layer* adalah 2

dan 3, jumlah *neuron* pada *hidden layer* adalah 2, 3 dan 4, jumlah *neuron* pada *output layer* adalah 1 serta *learning rate* adalah 0.2 dan 0.5.

Proses selanjutnya adalah normalisasi data yang sudah diperoleh pada proses sebelumnya. Kemudian proses *generate* populasi awal untuk menentukan *kromosom* yang merupakan bilangan *random* antara 0 sampai dengan 1. Nilai-nilai kromosom tersebut selanjutnya akan dijadikan bobot dan bias awal dari MLP. Bobot dan bias awal yang sudah dibentuk kemudian dimasukkan ke dalam proses MLP untuk diperbarui sehingga diperoleh bobot dan bias baru yang lebih baik. Setelah diperoleh bobot dan bias baru maka MAPE dari tiap kromosom dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t} 100\% \quad (5)$$

Dengan:

A_t : data aktual
 F_t : hasil prediksi
 n : banyak data

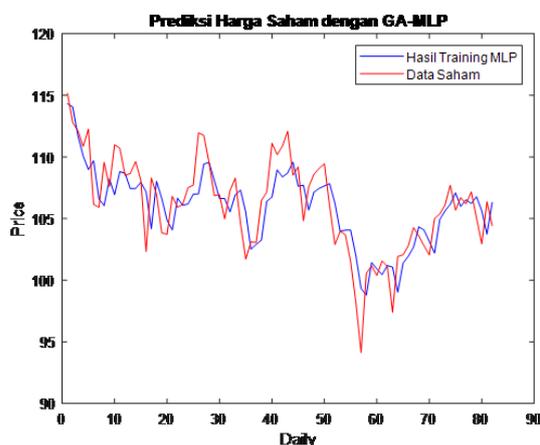
Bobot dan bias baru tersebut akan dijadikan kromosom dalam AG. Kemudian dihitung nilai *fitness* tiap kromosom, selanjutnya dilakukan proses seleksi menggunakan *Roulette Wheel*, proses *crossover* menggunakan (*intermediate*) dan proses mutasi menggunakan (*inverse*). Setelah proses tersebut, maka akan diperoleh populasi baru yaitu dengan cara menggabungkan kromosom dari populasi awal, anak hasil *crossover* dan anak hasil mutasi. Kemudian dihitung nilai *fitness* dan dipilih kromosom terbaik.

Prediksi harga saham dengan menggunakan *hybrid* algoritma genetika dan *multilayer perceptron* menggunakan bantuan *software* MATLAB. Pada proses prediksi dengan *hybrid* GA dan MLP, dilakukan *running* sebanyak lima kali untuk masing-masing *input* parameter dan dipilih MAPE terbaik. Berikut adalah hasil MAPE terbaik pada tiap *input* parameter dan rata-rata MAPE setiap kali *running*.

Tabel 1. Nilai MAPE dari Hasil Prediksi dengan Hybrid GA dan MLP

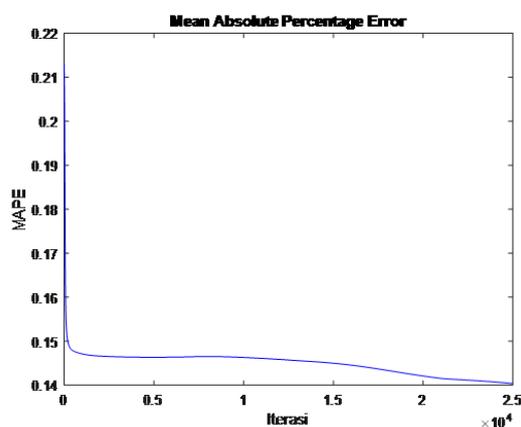
Neuron pada Input	Neuron pada Hidden	Pc	Pm	Alpha	MAPE Terbaik	Rata-rata MAPE		
2	2	0.5	0.2	0.2	0.05246	0.05323		
				0.5	0.05357	0.05363		
			0.4	0.2	0.05263	0.05322		
				0.5	0.05256	0.05259		
			0.7	0.2	0.05246	0.053286		
				0.5	0.05219	0.052206		
		0.2		0.05244	0.053448			
		0.4		0.05273	0.053028			
		2	3	0.5	0.2	0.2	0.05251	0.05238
						0.5	0.05191	0.052004
					0.4	0.2	0.05245	0.052254
						0.5	0.05287	0.053132
0.7	0.2				0.05249	0.053352		
	0.5				0.05287	0.053584		
	0.2			0.05267	0.053282			
	0.4			0.05283	0.052962			
2	4			0.5	0.2	0.0525	0.052376	
					0.5	0.05164	0.051812	
					0.4	0.05251	0.05331	
				0.7	0.4	0.05197	0.052314	
		0.2	0.05255		0.053266			
		0.5	0.05294		0.053774			
2	4	0.7	0.4	0.2	0.05261	0.05335		
				0.5	0.05183	0.052906		
			0.5	0.2	0.0537	0.05396		
				0.5	0.05437	0.05481		
				0.2	0.05366	0.05398		
				0.4	0.05435	0.0549512		
		3	2	0.7	0.2	0.05382	0.054206	
					0.5	0.05436	0.054992	
					0.4	0.05343	0.0542	
				0.5	0.4	0.05437	0.054966	
					0.2	0.05336	0.054262	
					0.5	0.0541	0.054756	
3	3	0.5	0.4	0.2	0.05385	0.05422		
				0.5	0.05417	0.054686		
			0.7	0.2	0.05375	0.054198		
				0.5	0.05412	0.0548		
				0.2	0.05361	0.054226		
				0.4	0.05398	0.054798		
		3	4	0.5	0.2	0.2	0.05389	0.054262
						0.5	0.0543	0.054706
					0.7	0.2	0.05346	0.054184
						0.4	0.05335	0.054036
						0.2	0.05378	0.054348
						0.5	0.05424	0.054792
0.7	0.2			0.05375	0.054206			
	0.4			0.05419	0.054902			

Dari Tabel 1, MAPE terbaik adalah 0.05164, yaitu ketika neuron pada input=2, neuron pada hidden=4, $P_c = 0.5$, $P_m = 0.2$ dan $\alpha = 0.5$. Berikut adalah grafik hasil *training*, grafik MAPE dari *training* dan grafik perbandingan antara data saham dan hasil prediksi dengan menggunakan *hybrid GA* dan *multilayer perceptron*.

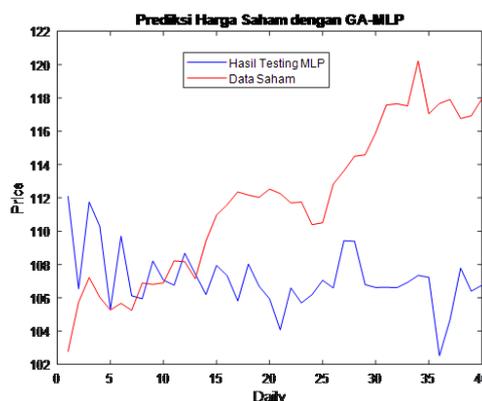


Gambar 1. Hasil Training

Pada Gambar 1 merupakan hasil *training* dengan metode *hybrid multilayer perceptron* dan algoritma genetika. Berdasarkan Gambar 1, hasil *training* tidak jauh berbeda dengan harga saham. Grafik hasil *training* dan harga saham menunjukkan pola yang hampir sama. Grafik nilai MAPE dari hasil *training* disajikan pada Gambar 2 Nilai MAPE yang dihasilkan akan selalu mengalami penurunan dan pada saat iterasi ke-24000 nilai MAPE mengalami penurunan yang tidak jauh berbeda.



Gambar 2. Hasil MAPE dari Training



Gambar 3. Perbandingan Harga Saham dan Hasil Prediksi

3.2 Prediksi Harga Saham Microsoft dengan Menggunakan Metode Hybrid Algoritma Genetika dan Geometri Brownian Motion

Penelitian Chen dan rekannya yaitu memprediksi harga opsi dengan *hybrid* algoritma genetika dan *Black Scholes* [16]. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa hasil prediksi harga opsi dengan menggunakan *hybrid* algoritma genetika dan *Black Scholes* lebih efisien dibandingkan dengan *Black Scholes*. Berdasarkan penelitian tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan prediksi harga saham menggunakan *hybrid* algoritma genetika dan *geometric Brownian motion*.

Di dalam model *geometric Brownian motion* terdapat nilai *random* yang mempengaruhi hasil prediksi, sehingga akan dilakukan pemilihan nilai *random* yang diharapkan dapat menghasilkan nilai MAPE lebih baik. Proses prediksi harga saham dengan *hybrid GA* dan GBM diawali dengan proses inialisasi parameter yang dibutuhkan yaitu banyak individu ($npop$), probabilitas *crossover* (P_c), probabilitas mutasi (P_m) dan maksimal iterasi. Dalam penelitian ini, nilai parameter yang digunakan yaitu $npop = 100$, $P_c = 0.5$ dan 0.7 , $P_m = 0.2$ dan 0.4 serta maksimal iterasi adalah 25000.

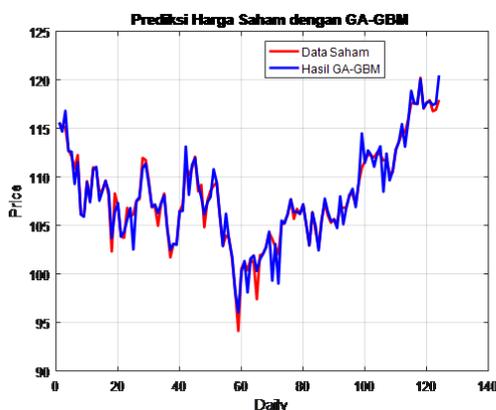
Proses selanjutnya adalah *generate* populasi awal untuk menentukan *kromosom* yang merupakan bilangan *random* berdistribusi normal. *Kromosom* tersebut akan dihitung fungsi tujuannya menggunakan model *geometric Brownian*

motion dan dihitung nilai MAPE dari setiap kromosom. Kemudian dihitung nilai *fitness* tiap kromosom dan selanjutnya akan dilakukan proses seleksi menggunakan *Roulette Wheel*, proses *crossover* menggunakan *uniform* dan proses mutasi menggunakan resiprokal. Dari proses tersebut, maka akan diperoleh populasi baru dan akan dihitung nilai MAPE untuk menentukan MAPE terbaik. Dalam penelitian ini dilakukan *running* sebanyak lima kali untuk setiap *input* parameter. Berikut adalah nilai MAPE terbaik dan rata-rata MAPE yang diperoleh dari lima kali *running*.

Tabel 2. Nilai MAPE dari Hasil Prediksi dengan Hybrid GA dan GBM

NO	Pc	Pm	MAPE Terbaik	Rata-rata MAPE
1	0.5	0.2	0.0061142	0.00658604
2		0.4	0.0062961	0.00785394
3	0.7	0.2	0.0068466	0.00860278
4		0.4	0.0057139	0.00654754

Dari tabel Tabel 2, terlihat bahwa MAPE terbaik adalah sebesar 0.0057139 yang diperoleh ketika $Pc = 0.7$ dan $Pm = 0.4$. Berikut adalah grafik dari perbandingan harga saham dan hasil prediksi. Berdasarkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil prediksi dengan *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika hampir sama dengan data saham. Grafik hasil prediksi dan data saham saling berhimpitan dan memiliki pola yang sama.



Gambar 4. Perbandingan Data Harga Saham Microsoft Dan Hasil Prediksi

3.3 Perbandingan Hasil Nilai MAPE

Prediksi harga saham menggunakan metode *hybrid multilayer perceptron* dengan algoritma genetika dan *hybrid geometric Brownian motion* dengan algoritma genetika menghasilkan nilai MAPE yang berbeda. Hasil perhitungan nilai MAPE dari kedua metode tersebut akan disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, nilai MAPE terkecil diperoleh ketika menggunakan metode *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika, karena dengan adanya *hybrid* dengan algoritma genetika maka dapat memilih lintasan terbaik.

Tabel 3. Nilai MAPE dari hybrid GA dan MLP dengan hybrid GA dan GBM

METODE	NILAI MAPE
Hybrid Multilayer Perceptron dan Algoritma Genetika	0.05164
Hybrid Geometric Brownian Motion dan Algoritma Genetika	0.0057139

4. Penutup

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan maka dapat disimpulkan: (1) Prediksi harga saham Microsoft dengan menggunakan *hybrid multilayer perceptron* dan algoritma genetika menghasilkan nilai MAPE sebesar 0.05164. Nilai MAPE diperoleh ketika neuron pada *input* =2, neuron pada *hidden*=4, $Pc = 0.5$, $Pm = 0.2$ dan $\alpha = 0.5$, dengan iterasi sebanyak 25000 dan *running* sebanyak 5 kali. (2) Prediksi harga saham Microsoft dengan menggunakan *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika menghasilkan nilai MAPE sebesar 0.0057139. Nilai MAPE diperoleh ketika $Pc = 0.7$ dan $Pm = 0.4$ dengan 25000 iterasi serta 5 kali *running*. (3) *Hybrid* algoritma genetika dan *multilayer perceptron* merupakan gabungan dari algoritma genetika dengan *multilayer perceptron*. Sedangkan *Hybrid* algoritma genetika dan *geometric Brownian motion* merupakan gabungan dari algoritma genetika dengan *geometric Brownian motion*. Prediksi harga saham Microsoft dengan menggunakan *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika menghasilkan nilai MAPE yang lebih bagus dibandingkan dengan hasil prediksi menggunakan *hybrid*

multilayer perceptron dan algoritma genetika. Pada proses prediksi dengan *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika, terdapat pemilihan lintasan terbaik dari hasil *geometric Brownian motion*. Oleh sebab itu, hasil prediksi dengan *hybrid geometric Brownian motion* dan algoritma genetika memiliki nilai MAPE yang lebih baik dibandingkan dengan *hybrid multilayer perceptron* dan algoritma genetika.

Referensi

- [1] M. Aziz, S. Mintari, and M. Nadir, *Manajemen Investasi*. Yogyakarta: Deepublish, 2015.
- [2] Y. Kara, M. A. Boyacioglu, and O. K. Baykan, "Predicting Direction of Stock Price Index Movement Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines: The Sample of The Istanbul Stock Exchange," *Expert Systems with Applications, Elsevier*, vol. 38, pp. 5311–5319, 2011.
- [3] M. Szmigiera, "https://www.statista.com/statistics/263264/top-companies-in-the-world-by-market-value/," 2019.
- [4] M. Qiu and Y. Song, "Predicting The Direction of Stock Market Index Movement Using an Optimized Artificial Neural Network," *Department of Systems Management, Fukuoka Institute of Technology*, vol. 11, no. 5, 2016.
- [5] N. Masoud, "Predicting Direction of Stock Prices Index Movement Using Artificial Neural Networks: The Case of Libyan Financial Market," *Journal of Economics Management & Trade*, vol. 4, no. 4, pp. 597–619, 2014.
- [6] V. Amin, S. H. Salehnezhad, M. Valipour, and S. Nasirli, "Predicting Direction of Stock Price Index Volatility Using Genetic Algorithms and Artificial Neural Network Models in Tehran Stock Exchange," *International Journal of Business and Technopreneurship*, vol. 4, no. 3, pp. 451–465, 2014.
- [7] K. Reddy and V. Clinton, "Simulating Stock Proses Using Geometric Brownian motion: Evidence from Australian Companies," *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, vol. 10, no. 3, pp. 23–47, 2016.
- [8] M. Azizah, M. I. Irawan, and E. R. M. Putri, "Comparison of stock price prediction using geometric Brownian motion and multilayer perceptron," in *AIP Conference Proceedings*, 2020, vol. 2242. doi: 10.1063/5.0008066.
- [9] Yahoo Finance, "https://finance.yahoo.com/quote/MSFT/history?p=MSFT/," 2019.
- [10] G. Paul, *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*. New York: Springer Science Business Media, 2003.
- [11] A. N. Borodin and P. Salminen, *Handbook of Brownian Motion Fact and Formulae*, Second Edition. Berlin: Springer, 2002.
- [12] M. I. Irawan, *Dasar - Dasar Jaringan Saraf Tiruan Algoritma, Pemrograman dan Contoh Aplikasinya*. Surabaya: ITS Press, 2013.
- [13] K. C. Laudon and J. P. Laudon, *Sistem Informasi Manajemen Mengelola Perusahaan Digital*, Edisi 10. Jakarta: Salemba Empat, 2008.
- [14] R. L. Haupt and S. E. Haupt, *Practical Genetic Algorithms*, Second Edition. Canada: John Wiley & Sons Inc, 2004.
- [15] F. J. Massey, "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit," *J Am Stat Assoc*, vol. 46, no. 253, pp. 68–78, 1951.
- [16] Y. C. Chen, S. L. Chang, and C. C. Wu, "A Dynamic Hybrid Option Pricing Model by Genetic Algorithm and Black-Scholes Model," *International journal of Economics and Management Engineering*, vol. 4, no. 9, 2010.



PENGARUH *PROBLEM-BASED LEARNING* BERBANTUAN LKPD TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI KELAS VII

Alya Kamila¹, Fadhilah Rahmawati², Aprilia Nurul Chasanah³

Corresponding author : Alya Kamila

¹Universitas Tidar, alyakamila512@gmail.com

²Universitas Tidar, fadhilahrahmawati@untidar.ac.id

³Universitas Tidar, aprilianurul@untidar.ac.id

Received : 27 Juni 2022, Revised : 26 Juli 2022, Accepted : 18 Agustus 2022

Abstract

The aims of this study were to 1) analyze higher-order thinking skills using PBL with the help of LKPD, which is better than direct learning, and 2) to analyze the improvement in higher-order thinking skills using PBL with the help of LKPD. This research uses a research design that is a quasi-experimental form of nonequivalent control group design. The sample in this study were students of class VII D and VII E of SMP Negeri 5 Magelang who were selected by random cluster sampling. Methods of data collection using tests and documentation. The result of this research is the calculation of the mann whitney test, the value of Z_{hitung} is 4,399 and Z_{tabel} is 1,960, so that $4,399 > 1,960$ means that H_1 is accepted. In addition, the mean value of N.Gain in the experimental class was 0,56 and the control class was 0,35. The conclusions of this study are 1) higher-order thinking skills using PBL assisted by LKPD are better than direct learning models, 2) there is an increase in higher-order thinking skills using PBL assisted by LKPD in the medium category.

Keywords: Problem-Based Learning, LKPD, higher-order thinking skills

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk 1) Menganalisis kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD lebih baik dari pada model pembelajaran langsung dan 2) Menganalisis adanya peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi menggunakan PBL berbantuan LKPD. Penelitian dengan menggunakan desain penelitian yaitu kuasi eksperimen bentuk nonequivalent control group design. Sampel dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas VII D dan VII E SMP Negeri 5 Magelang yang dipilih secara *cluster random sampling*. Metode pengumpulan data menggunakan tes dan dokumentasi. Hasil penelitian yaitu diperoleh perhitungan uji mann whitney dengan nilai Z_{hitung} sebesar 4,399 dan Z_{tabel} sebesar 1,960, sehingga $4,399 > 1,960$ artinya H_1 diterima. Selain itu, nilai rerata N.Gain kelas eksperimen diperoleh 0,56 dan kelas kontrol yaitu 0,35. Kesimpulan penelitian ini yaitu 1) kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD lebih baik dari model pembelajaran langsung, 2) ada peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi menggunakan PBL berbantuan LKPD dengan kategori sedang.

Kata kunci: Problem-Based Learning, LKPD, kemampuan berpikir tingkat tinggi

1. Pendahuluan

Pendidikan berupa proses pembelajaran terencana yang terus berkembang untuk meningkatkan kualitas dan taraf hidup manusia dapat mendorong mereka untuk berkembang secara optimal. Pendidikan juga

berperan sangat penting dalam perkembangan suatu bangsa atau negara. Pendidikan perlu terus berupaya meningkatkan mutu sehingga dapat menghasilkan penerus bangsa yang siap menghadapi persaingan dan perubahan, karena pendidikan dasar pondasi sumber daya

manusia [1]. Kemampuan berpikir tingkat tinggi (KBTT) itu sendiri atau bisa disebut dengan *Higher-Order Thinking Skills* (HOTS) merupakan termasuk bagian aspek penting dalam pendidikan [2].

Berpikir tingkat tinggi merupakan proses dimana peserta didik mengolah informasi dan ide-ide sehingga dapat memberikan mereka pemahaman baru [3]. Selain itu, KBTT melingkup kemampuan pemecahan masalah, berpikir kreatif, berpikir kritis, kemampuan berargumentasi serta kemampuan dalam pengambilan keputusan sesuai dengan fakta [4]. Selain itu, kemampuan peserta didik dapat diaplikasikan ke dalam kehidupan nyata di mana bukan hanya sekedar mengulang apa yang sudah dipelajari tetapi kemampuan yang ditransfer ke dalam konteks berbeda.

Hasil tes awal yang dilakukan di SMP Negeri 5 Magelang bulan Januari 2022 didapatkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dimiliki tergolong rendah dengan nilai rerata 34,62. Dalam mengatasi dan meningkatkan kognitif peserta didik ini, guru dapat melakukannya dengan menerapkan pembelajaran yang dapat membangun peserta didik agar lebih aktif saat belajar (*student centered*). *Problem Based Learning* (PBL) merupakan metode pengajaran yang difokuskan kepada peserta didik untuk keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran [5].

PBL adalah model pembelajaran yang menggunakan kecerdasan berpikir peserta didik dalam menyelesaikan suatu permasalahan pada materi pembelajaran yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari [6]. PBL memudahkan peserta didik untuk menentukan, menemukan masalah serta penyelesaiannya, dengan menerapkan strategi *student centered* [7]. Kelebihan dari model pembelajaran PBL yaitu bisa mengembangkan kegiatan belajar peserta didik; dapat membantu peserta didik dalam mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupan nyata; menumbuhkan pengetahuan baru dan bertanggung jawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan; serta memberikan kesempatan pada peserta didik untuk menerapkan pengetahuan yang mereka miliki dalam dunia nyata [8].

Dengan demikian peserta didik diarahkan untuk bisa mengkonstruksi pengetahuannya sendiri baik secara tidak berkelompok ataupun berkelompok. Hal ini tentu dapat memberikan peluang bagi siswa untuk meningkatkan KBTT agar bisa lebih optimal. Selain itu, PBL mampu memotivasi pelajar untuk menganalisis masalah dan menyampaikan argumennya mengenai permasalahan yang ada.

Hasil penelitian oleh [9] mengungkapkan bahwa model pembelajaran PBL dalam pengajaran matematika mampu mengembangkan tingkat pemahaman peserta didik, dan menggunakan kemampuan konsep dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, hasil penelitian [3] bahwa model PBL berpengaruh terdapat HOTS sehingga model PBL bisa sebagai alternatif model pembelajaran yang diterapkan di sekolah. Adapun hasil penelitian [10] menyimpulkan bahwa PBL harus dikembangkan di sekolah dan dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan untuk pelaksanaan pembelajaran matematika.

Pada penerapan model pembelajaran PBL, peserta didik berkelompok mengerjakan LKPD untuk memperoleh informasi serta konsep yang ada. LKPD adalah sumber belajar serta media yang bisa peserta didik maupun pendidik gunakan untuk membantu dalam proses pembelajaran. Selain itu sebagai panduan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran khususnya kelas eksperimen dan diskusi [11].

Pembelajaran matematika di SMP salah satunya yaitu memahami bangun geometri, unsur dan sifat-sifatnya, serta ukuran dan pengukurannya [12]. Di sekitar kita banyak ditemukan bangun-bangun atau benda-benda yang berbentuk segi empat dan segitiga yang merupakan bangun datar yang termasuk dalam geometri. Pada geometri konsep ini tidak hanya dengan mengetahui bangun tersebut, akan tapi memahami keterkaitan antar konsep-konsep geometri dengan pemahaman siswa.

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kemampuan berpikir tingkat tinggi dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD lebih baik dari pada model pembelajaran langsung dan menganalisis adanya peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi

menggunakan PBL berbantuan LKPD. Dari permasalahan yang ada, peneliti ingin melakukan penelitian yaitu “Pengaruh Model *Problem-Based Learning* Berbantuan LKPD Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat tinggi Kelas VII”.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif desain kuasi eksperimen dengan bentuk nonequivalent control group design. Penelitian ini dengan populasi yaitu peserta didik kelas 7 SMP Negeri 5 Magelang, kemudian sampel kelas 7-D sebanyak 32 siswa dan 7-E sebanyak 32 siswa. Teknik sampling yang digunakan dengan pengambilan sampel secara acak.

Pengumpulan data dilakukan dengan memberikan tes dalam bentuk uraian sebanyak enam soal. Teknik analisis data berupa uji analisis validitas, uji analisis reliabilitas, uji analisis tingkat kesukaran, dan uji analisis daya pembeda. Setelah itu dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai uji prasyarat. Hasil uji hipotesis menggunakan uji *mann whitney* dan uji N-Gain.

3. Pembahasan

Penelitian dengan menggunakan soal bentuk soal uraian. Soal tes diujicobakan terlebih dahulu sebelum digunakan saat penelitian. Kelas uji coba terdiri dari 27 peserta didik dengan soal tes 10 butir soal. Hasil uji analisis validitas; uji analisis reliabilitas; uji analisis tingkat kesukaran; dan uji analisis daya pembeda dapat disimpulkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 terdapat 10 soal yang telah diujicobakan, dengan hasil enam soal yang bisa digunakan dan empat soal yang tidak bisa digunakan. Hasil ini menjelaskan bahwa enam butir soal tersebut memuat indikator kemampuan beripikir tingkat tinggi berupa, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta.

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh bahwa rerata nilai tes pada kelas eksperimen lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Selanjutnya dilakukan uji-prasyarat berupa uji-normalitas dan uji-homogenitas. Hasil uji-normalitas dan uji-homogenitas ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Ringkasan Uji Coba Tes KBTT

No Butir	Validitas	Reliabilitas	Kesukaran	Daya Pembeda	Kesimpulan
1	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Digunakan
2	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Buruk	Tidak digunakan
3	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Tidak digunakan
4	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Digunakan
5	Data Tidak Valid	Data Reliabel	Tingkat Sukar	Tingkat Buruk	Tidak digunakan
6	Data Valid		Tingkat Mudah	Tingkat Cukup	Digunakan
7	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Baik	Digunakan
8	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Digunakan
9	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Tidak digunakan
10	Data Valid		Tingkat Sedang	Tingkat Cukup	Digunakan

Tabel 2. Data Nilai KBTT

Kelas	X_{maks}	X_{min}	Keputusan Uji		
			\bar{X}	R	s
Eksperimen	95	21,67	80,11	73,33	16,29
Kontrol	80	20	64,95	60	11,62

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas

Kelas	Nilai	L_{hitung}	L_{tabel}	Keterangan
Eksperimen	<i>Pretest</i>	0,17	0,16	H_0 ditolak
	<i>Posttest</i>	0,18		H_0 ditolak
Kontrol	<i>Pretest</i>	0,13		H_0 diterima
	<i>Posttest</i>	0,14		H_0 diterima

Hasil dari Tabel 3 menunjukkan uji normalitas dengan taraf signifikan 5%, kelas eksperimen dengan nilai *pretest* dan *posttest* dimana $L_{hitung} > L_{tabel}$, sehingga data tidak berdistribusi normal. Kemudian pada kelas kontrol memperoleh nilai *pretest* dan *posttest* didapatkan $L_{hitung} \leq L_{tabel}$, sehingga data berdistribusi normal. Uji normalitas dijadikan syarat utama dalam penelitian statistik parametrik. Berdasarkan hasil pada Tabel 3, maka diputuskan dalam menganalisis data menggunakan statistik non-parametrik.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas

Nilai	F_{hitung}	F_{tabel}	Keterangan
<i>Pretest</i>	1,4858	0,5450	H_0 ditolak
<i>Posttest</i>	1,9651		H_0 ditolak

Hasil Tabel 4 diperoleh pretest dan posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 ditolak artinya data pada tiap kelompok tidak-sama. Analisis data menggunakan uji non-parametrik berupa mann-whitney. Berikut hasil analisis uji mann-whitney.

Tabel 5. Hasil Uji Mann Whitney

Nilai	Z_{hitung}	Z_{tabel}	Keterangan
Posttest	4.399	1.960	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh nilai Z_{hitung} pada *posttest* sebesar 4,399 dan Z_{tabel} sebesar 1,960. Dalam pengambilan keputusan, nilai $4,399 > 1,960$ artinya H_1 diterima, dimana ada perbedaan rerata KBTT dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD dengan model pembelajaran langsung.

Selanjutnya untuk melihat peningkatan KBTT dengan menggunakan uji N.Gain dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Rerata Uji N.Gain

Kelas	Nilai N-Gain	Kategori
Eksperimen	0.56	Sedang
Kontrol	0.35	Sedang

Hasil Tabel 6 diketahui nilai rerata kelas eksperimen yaitu 0,56 dan kelas kontrol 0,35. Dengan demikian kemampuan berpikir tingkat tinggi kelas eksperimen lebih baik dari pada kelas kontrol. Hasil rerata N.Gain pada masing-masing kelas mengalami peningkatan sebagai berikut.

Tabel 7. Ringkasan Hasil Rerata Uji N.Gain

Kelas	Nilai N-Gain	Kategori	Jumlah Peserta Didik
Eksperimen	$g < 0,30$	Rendah	6
	$0,30 \leq g \leq 0,70$	Sedang	10
	$g > 0,70$	Tinggi	15
Kontrol	$g < 0,30$	Rendah	10
	$0,30 \leq g \leq 0,70$	Sedang	22
	$g > 0,70$	Tinggi	0

1) Hipotesis Pertama

Berdasarkan perhitungan uji *Mann Whitney* diperoleh bahwa $Z_{hitung} > Z_{tabel}$ artinya H_1 diterima, yang artinya KBTT yang diajarkan dengan PBL berbantuan LKPD

lebih baik dari model pembelajaran langsung. Hasil ini sejalan dengan penelitian [13] bahwa dengan menggunakan model pembelajaran PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Selain itu, aktivitas peserta didik pada kemampuan berpikir tingkat tinggi menggunakan model pembelajaran PBL adalah berdiskusi dengan kelompoknya dalam merencanakan strategi pemecahan masalah, mendengarkan contoh masalah yang diberikan oleh guru, dan pemecahan masalah pada lembar kerja peserta didik menggunakan strategi pemecahan masalah. Hasil yang diperoleh dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi dominan pada indikator kemampuan analisis [14].

2) Hipotesis Kedua

Berdasarkan perhitungan uji N-Gain diperoleh peningkatan KBTT yang diajarkan dengan PBL berbantuan LKPD sebesar 0,56. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik setelah diajar dengan model pembelajaran PBL secara signifikan lebih baik dibandingkan dengan model pembelajaran langsung [15]. Kemudian, dalam kelompok diskusi menggunakan model PBL menunjukkan peningkatan yang signifikan, dimana subjek sudah mulai mendapatkan pemahaman yang jelas tentang model PBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi [16].

4. Penutup

Hasil kesimpulan dari penelitian ini yaitu bahwa KBTT siswa dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD lebih baik dari model pembelajaran langsung. Selain itu, terdapat peningkatan KBTT dengan menggunakan PBL berbantuan LKPD dengan kategori sedang.

Adapun saran yaitu pendidik dapat mempraktikkan PBL berbantuan LKPD sebagai proses untuk menumbuhkan kognitif siswa salah satunya pada materi segi empat dan segitiga. Proses pembelajaran *Problem Based Learning* dibutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga diharapkan untuk mempersiapkan terlebih dahulu sebelum pembelajaran dimulai. Pembelajaran dengan berbantuan LKPD bisa diterapkan kembali

untuk membiasakan peserta didik agar memperoleh nilai yang lebih optimal. Perlu diterapkannya soal latihan kemampuan berpikir tingkat tinggi agar kemampuannya bisa lebih meningkat.

Referensi

- [1] A. Sa'adah, F. Z. Ningrum, and N. Farikha, "SCAFFOLDING DALAM PEMBELAJARAN TRIGONOMETRI BERBANTUAN SOAL HOTS UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI NUMERASI MATEMATIKA," *ProSANDIKA UNIKAL Pros. Semin. Nas. Pendidik. Mat. Univ. Pekalongan*, vol. 2, pp. 167–174, Jan. 2021.
- [2] B. Tanujaya, J. Mumu, and G. Margono, "The Relationship between Higher Order Thinking Skills and Academic Performance of Student in Mathematics Instruction," *Int. Educ. Stud.*, vol. 10, no. 11, p. 78, Oct. 2017, doi: 10.5539/ies.v10n11p78.
- [3] F. Royantoro, M. Mujasam, I. Yusuf, and S. W. Widyaningsih, "Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Higher Order Thinking Skills Peserta Didik," *Berk. Ilm. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 3, p. 371, Oct. 2018, doi: 10.20527/bipf.v6i3.5436.
- [4] T. Yulianto, I. Pramudya, and I. Slamet, "Effects of the 21st Century Learning Model and Problem-Based Models on Higher Order Thinking Skill," *Int. J. Educ. Res. Rev.*, vol. 4, pp. 749–755, Dec. 2019, doi: 10.24331/ijere.629084.
- [5] M. D. Pamungkas and Y. Franita, "Keefektifan problem based learning untuk meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa," *J. Penelit. Pendidik. Dan Pengajaran Mat.*, vol. 5, no. 2, Sep. 2019.
- [6] H. Masduriah, "Pengaruh penggunaan model pembelajaran PBL terhadap keterampilan HOTS siswa SD," *Prosiding Konferensi Ilmiah Dasar*, vol. 2, pp. 277–285, 2020.
- [7] R. T. A. Kurniasari, S. Koeshandayanto, and S. Akbar, "Perbedaan Higher Order Thinking Skills pada Model Problem Based Learning dan Model Konvensional," *J. Pendidik. Teori Penelit. Dan Pengemb.*, vol. 5, no. 2, p. 170, Jan. 2020, doi: 10.17977/jptpp.v5i2.13162.
- [8] Sutirman, "Media dan Model-model Pembelajaran Inovatif", Accessed: Jul. 26, 2022. [Online]. Available: https://www.academia.edu/7189369/Media_dan_Model_model_Pembelajaran_Inovatif
- [9] R. D. Padmavathy and K. Mareesh, "Effectiveness of Problem Based Learning In Mathematics," *Int. Multidiscip. E-J.*, vol. II, no. I, pp. 45–51, 2013.
- [10] R. Widyatiningtyas, Y. S. Kusumah, U. Sumarmo, and J. Sabandar, "THE IMPACT OF PROBLEM-BASED LEARNING APPROACH TO SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS' MATHEMATICS CRITICAL THINKING ABILITY," *J. Math. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 107–116, Jul. 2015, doi: 10.22342/jme.6.2.2165.107-116.
- [11] M. Mustika, E. Saptaningrum, and S. Susilawati, "Pengaruh Penggunaan LKS dengan Pendekatan Saintifik pada Materi Objek IPA dan Pengamatannya terhadap Hasil Belajar IPA Kelas VII MTs Negeri 1 Semarang," *J. Penelit. Pembelajaran Fis.*, vol. 7, no. 1, Nov. 2016, doi: 10.26877/jp2f.v7i1.1154.
- [12] S. Mawaddah and R. Maryanti, "Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP dalam Pembelajaran Menggunakan Model Penemuan Terbimbing (Discovery Learning)," *EDU-MAT J. Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 1, Apr. 2016, doi: 10.20527/edumat.v4i1.2292.
- [13] L. Widiawati, S. Joyoatmojo, and Sudiyanto, "Higher Order Thinking Skills as Effect of Problem Based Learning in the 21st Century Learning," *Int. J. Multicult. Multireligious Underst.*, vol. 5, no. 3, pp. 96–105, 2018.
- [14] N. S. Tama, N. Aisyah, B. Santoso, and E. Kurniadi, "Learning higher-order thinking skills using problem-based learning model," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1480, no. 1, p. 012008, Mar. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1480/1/012008.

- [15] Nurhayati, Wahyudi, and L. Angraeni, "The influence of problem based learning model and critical thinking ability on higher order thinking skills (HOTs) of physics prospective teachers students," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2104, no. 1, p. 012007, Nov. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2104/1/012007.
- [16] H. S. Setyaedhi, "Higher-Order Thinking Learning Outcomes through the Problem-Based Learning Model," Surabaya, Indonesia, 2019. doi: 10.2991/icei-19.2019.75.



PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN GENERATIF TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA KELAS X SMA NEGERI 1 DRIYOREJO

Bunga Lailatul Fajri¹, Restu Ria Wantika²

Corresponding author : Restu Ria Wantika

¹Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, bungalailatulfajri@gmail.com

²Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, restu@unipasby.ac.id

Received : 30 Juni 2022, Revised : 28 Juli 2022, Accepted : 21 Agustus 2022

Abstract

Renewal of learning is very important to be emphasized in schools so that knowledge is realized in life. The habit of teachers who play a dominant role causes students not to be interested in the material and creates new problems in learning activities. The need for renewal in the learning model is needed to create interest and ignite the hidden talents of students. Students can become active with the use of learning models that have been further developed. The purpose of this research is to describe the implementation of MPG in students' final results in SPLTV learning. This research uses a quantitative approach to describe the final results with numbers after several tests. Data collection uses tests in the form of pre-test and post-test. This research shows the influence of MPG on the final learning outcomes of students in SPLTV material.

Keywords: generative learning, mathematics, learning outcomes

Abstrak

Pembaharuan pembelajaran sangat penting ditekankan di sekolah agar ilmu itu direalisasikan pada kehidupan. Kebiasaan guru yang berperan dan bersifat dominan menyebabkan siswa tidak tertarik pada materi dan menimbulkan masalah baru dalam kegiatan pembelajaran. Perlunya pembaharuan dalam model pembelajaran sangat diperlukan untuk menciptakan minat serta memantik bakat terpendam anak didik. Dengan penggunaan model pembelajaran yang sudah dikembangkan lebih lanjut, anak didik dapat menjadi aktif. Tujuan dari riset ini ialah mendeskripsikan bagaimana penerapan MPG dalam hasil akhir anak didik dalam pembelajaran SPLTV. Riset ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan mendeskripsikan hasil akhir dengan angka-angka setelah mengalami beberapa pengujian. Pengumpulan data menggunakan tes yang berupa pre-test dan post-test. Riset ini menunjukkan adanya pengaruh MPG terhadap hasil akhir pembelajaran peserta didik dalam materi SPLTV.

Kata kunci: pembelajaran generatif, matematika, hasil belajar

1. Pendahuluan

Mata pelajaran matematika merupakan pelajaran penting dan harus ada dalam dunia pendidikan [1]. Dalam penerapannya mata pelajaran matematika harus ditekankan untuk memperoleh tujuan yang diinginkan [2]. Posisi guru pada pembelajaran matematika sangat dominan dan selalu dianggap berperan penting [2]. Rendahnya keaktifan peserta didik mengakibatkan kesulitan semakin

bertambah saat mengerjakan soal dalam pembelajaran matematika [3]. Dengan demikian hal ini berpengaruh pada tingkat pemahaman peserta didik. Nilai rendah juga dapat mempengaruhi pembelajaran dan mengakibatkan peserta didik menjadi putus asa [4]. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan pendidik menggunakan metode yang dapat meningkatkan keaktifan peserta didik.

Upaya-upaya terus dilakukan untuk menyelesaikan semua permasalahan dalam pembelajaran matematika termasuk mengubah pembelajaran konvensional ke pembelajaran dengan pendekatan konstruktivisme [5]. Model pembelajaran generatif termasuk dalam pendekatan konstruktivisme. Pemilihan model ini efektif meningkatkan pola berpikir peserta didik dalam memecahkan masalah.

SMA Negeri 1 Driyorejo dipilih sebagai lokasi dilaksanakannya penelitian ini. Berdasarkan informasi dari guru di sekolah tersebut, masalah utama yang terjadi yaitu KBM masih dominan pada guru sehingga menyebabkan hasil akhir peserta didik menjadi rendah. Peneliti ingin melakukan penelitian di jenjang SMA adapun penelitian sebelumnya yang relevan oleh Lusiana pada tahun 2009 [6] yang menganggap bahwa model pembelajaran generatif efektif bila diterapkan di jenjang SMA dengan ketuntasan belajar serta sikap siswa terhadap penerapan MPG adalah 76,32 % dengan kategori "Efektif", dengan rincian keaktifan siswa selama diterapkan MPG tergolong sangat tinggi dengan rata-rata persentase skor 81,8% dan ketuntasan belajar siswa secara klasikal mencapai 76,32%, serta sikap siswa terhadap penerapan MPG tergolong positif dengan rata-rata persentase skor 76,5%. Dari pandangan tersebut peneliti sangat tertarik untuk melakukan penelitian di jenjang SMA. Sementara itu, pokok bahasan pada riset ini yaitu SPLTV. Menurut penelitian Roslina dan M Mahdi pada tahun 2015 [7] materi SPLTV tergolong materi yang sulit untuk dimengerti siswa di sekolah. Pemilihan materi ini sebagai pokok bahasan juga dikarenakan pembelajaran generatif cocok diterapkan dengan SPLTV.

Tujuan riset ini ialah mendeskripsikan pengaruh model pembelajaran generatif terhadap hasil akhir siswa dalam pokok bahasan SPLTV. Diharapkan dari riset ini dapat memberikan manfaat salah satunya adalah meningkatnya hasil akhir pasca penerapan model pembelajaran generatif.

2. Metode

Riset ini memakai pendekatan kuantitatif dengan tujuan menunjukkan hasil penelitian dengan menggunakan angka-angka dari data yang telah dikelola melalui proses pengujian. Metode dalam riset ini ialah metode kuasi eksperimen. Populasi riset meliputi seluruh rombongan belajar X SMA Negeri 1 Driyorejo. Terpilih dua rombongan belajar ialah X IPS 2 dijadikan kelas kontrol kemudian X IPS 1 dijadikan kelas eksperimen, setiap kelas berisi 36 siswa. X IPS 2 menerima model pembelajaran langsung, sedangkan X IPS 1 menerima model pembelajaran generatif.

Variabel bebas pada riset ini ialah model pembelajaran yang telah ditetapkan di atas, dan variabel terikat merupakan hasil akhir siswa. Jenis instrumen yang dipilih yaitu pre-test dan post-test yang digunakan untuk mengukur peningkatan belajar dari model pembelajaran yang diterapkan. Soal pre-test terdiri dari tiga soal dan dua soal post-test. Pada riset ini pengumpulan data menggunakan tes. Analisis data menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, dan uji hipotesis.

3. Pembahasan

Dari metode penelitian yang telah ditentukan di atas menghasilkan perhitungan tentang hasil belajar pre-test dan post-test peserta didik. Hasil pre-test pada kelompok eksperimen memperoleh skor rata-rata sebesar 57,1. Sedangkan hasil pre-test kelompok kontrol memperoleh skor rata-rata yaitu 59,9. Pada hasil belajar post-test diperoleh skor rata-rata sebesar 90,2 pada kelompok eksperimen. Berbeda dengan kelompok kontrol yang memperoleh skor rata-rata yaitu 60,4. Setelah data diperoleh, kemudian dilakukan pengujian normalitas, homogenitas, dan uji hipotesis. Sebagai berikut.

Uji Normalitas

Pengujian ini dilakukan untuk menyatakan data hasil belajar kedua kelas berdistribusi normal. Pengujian ini menggunakan rumus chi-kuadrat [8].

$$\sum \chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (1)$$

Tabel 1. Rangkuman Hasil Uji Normalitas

Data	Kelas	X_{tabel}^2	X_{hitung}^2	Keterangan
Pre-test	Eksperimen	11,07	5,72	Berdistribusi normal
Pre-test	Kontrol	11,07	8,60	Berdistribusi normal
Post-test	Eksperimen	11,07	5,2	Berdistribusi normal
Post-test	Kontrol	11,07	9,01	Berdistribusi normal

Uji Homogenitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui varian yang sama atau tidak dari kedua kelompok tersebut. Rumus yang digunakan pada uji homogenitas [8] sebagai berikut.

$$F_{hitung} = \frac{\text{varians besar}}{\text{varians kecil}} \quad (2)$$

Tabel 2. Rangkuman Hasil Uji Homogenitas

Data	F_{tabel}	F_{hitung}	Keterangan
Pre-test	1,75714	2,08	Varians tidak homogen
Post-test	1,75714	1,03	Varians homogen

Uji Hipotesis

Uji Hipotesis Pre-test

Karena data berdistribusi normal namun variannya tidak homogen, maka untuk pengujian hipotesis menggunakan uji t' [9].

$$t' = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3)$$

$$t' = -1,84$$

$-1,84 < 1,68957$ maka H_0 ditolak. Artinya tidak terdapat perbedaan hasil belajar siswa dari kedua model pembelajaran generatif dan model pembelajaran langsung.

Uji Hipotesis Post-test

Untuk pengujian hipotesis post-test maka dilakukan dengan menggunakan uji t , karena data berdistribusi normal dan homogen [9].

$$t = \frac{Mx - My}{\sqrt{\frac{SDx^2}{\sqrt{N-1}} + \frac{SDy^2}{\sqrt{N-1}}}} \quad (4)$$

$$t = 17,84$$

Lokasi riset dilakukan di SMA Negeri 1 Driyorejo. Data riset ini didapatkan melalui pretest dan post-test. Setiap kelas diberikan 3 butir soal pretest dan soal post-test sebanyak 2 butir. Sebelum dilakukannya penelitian, instrumen yang akan digunakan diuji validitasnya terlebih dahulu. Peneliti menggunakan 2 validator, Sesudah pengujian validitas dengan bantuan guru dan dosen, kemudian soal tersebut diujikan kepada siswa selain subjek penelitian. Setelah kedua pengujian dilakukan diketahui bahwa butir-butir soal tersebut valid dan reliabel.

Setelah semua butir soal dianggap valid, kemudian soal-soal tersebut diujikan kepada kedua kelas. Untuk mengukur kemampuan awal kedua kelas diberikan pre-test. Selanjutnya, data pre-test yang telah diperoleh diuji normalitasnya menggunakan rumus chi kuadrat untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak. Hasil yang didapatkan setelah pengujian yaitu data berdistribusi normal. Pengujian membuktikan bahwa hasil tes memiliki varians yang homogen. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan bahwa nilai pre-test kedua kelas tersebut variannya tidak homogen. Tahap selanjutnya yaitu uji hipotesis dengan menggunakan rumus uji t , dengan tujuan mengetahui perbedaan dari kemampuan awal kedua kelas. Hasil dari pengujian hipotesis data pre-test menunjukkan kemampuan kedua kelas tidak ada perbedaan.

Dari penerapan model pembelajaran yang telah ditentukan, menghasilkan data nilai post-test kedua kelas yang harus diuji terlebih dahulu untuk menunjukkan data tersebut berdistribusi normal, kemudian perlu juga dilakukan uji homogenitas yang berguna dalam penentuan varian homogen. Pada uji hipotesis posttest kedua kelas didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan hasil belajar siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran generatif dan siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran langsung. Artinya, terdapat pengaruh model pembelajaran generatif terhadap hasil belajar

siswa. Hal ini sejalan dengan hasil beberapa penelitian yang mengatakan bahwa terdapat pengaruh model pembelajaran generatif terhadap hasil belajar matematika siswa [10][11][12]. Pengaruh tersebut, dapat dilihat juga dari meningkatnya hasil belajar siswa. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menyimpulkan bahwa model pembelajaran generatif dapat meningkatkan hasil belajar siswa [13][14][15].

4. Penutup

Riset ini memiliki simpulan ialah adanya pengaruh terhadap hasil belajar siswa yang berupa peningkatan hasil akhir pembelajaran matematika pada kelas eksperimen dengan materi SPLTV, dengan pemerolehan nilai pretes 57,1 dan nilai post-test sebesar 90,2.

Referensi

- [1] N. K. H. Kristianti, I. W. R. Sudhita, and P. N. Riastini, "Pengaruh Strategi React Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Kelas Iv Sd Gugus Xiv Kecamatan Buleleng," p. 10.
- [2] R. D. Praswati, "Penerapan Problem Based Learning Pada Siswa Kelas VII Dalam Upaya Peningkatan Hasil Belajar Matematika (PTK Pembelajaran Matematika di SMP Negeri 1 Bojong Pekalongan)," *Univ. Muhammadiyah Surak.*, p. 8, 2009.
- [3] N. W. Lasmini, "Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Melalui Model Pembelajaran Kooperatif pada Mata Pelajaran IPA di Kelas V SD Negeri 2 Tatura," vol. 4, no. 4, p. 14.
- [4] M. B. Umainsih and N. Kurniah, "Penerapan Model Pembelajaran Memori Untuk Meningkatkan Daya Ingat Dan Prestasi Belajar Matematika (Studi pada siswa kelas III SD Gugus II Kecamatan Ipuh)," p. 11, 2017.
- [5] A. R. Hakim, "Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika," p. 12, 2014.
- [6] Lusiana, Y. Hartono, and T. Saleh, "Penerapan Model Pembelajaran Generatif (MPG) Untuk Pelajaran Matematika di Kelas X SMA Negeri 8 Palembang," *J. Pendidik. Mat.*, vol. 3, 2009, doi: <https://doi.org/10.22342/jpm.3.2.324>.
- [7] Roslina and M. Mahdi, "Kemampuan Menguasai Materi Sistem Persamaan Linear Tiga Variabel Siswa SMA Negeri 14 Iskandar Muda Banda Aceh," *J. Ilm. Integritas*, vol. 1, pp. 43–52, 2015.
- [8] Sugiyono, *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D / Sugiyono*. Bandung: Alfabeta, 2013.
- [9] Sudjana, *Metoda Statistika*, 1st ed. Bandung: Tarsito, 2005.
- [10] I. Tsurayya, "Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Di SMP PGRI 11 Palembang." Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, 2017.
- [11] K. Khotimah and D.K. Wardani, "Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Lingkaran," *EPiC Exact Paper in Compilation*, vol. 2, no. 2, pp. 259264, 2020.
- [12] I. Maryanti and S. Panggabean, "Pengaruh Strategi Pembelajaran Generatif Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas VIII SMP Harapan Medan," *Nabla Dewantara: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol.3, no. 1, 2018.
- [13] S.S. Madio, "Model Pembelajaran Generatif Dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Matematika," *Mosharafa J. Pendidik. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–34, May 2012, doi: 10.31980/mosharafa.v1i1.169.
- [14] N. M. Widyanti, "Model Pembelajaran Generatif Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas IXA SMP Negeri 2 Tembuku Pada Semester 1 Tahun Pelajaran 2019/2020," Bali, 2019.
- [15] Warnida, "Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Melalui Model Pembelajaran Generatif Pada Siswa Sekolah Dasar," *Suara Guru: Jurnal Ilmu Pendidikan Sosial, Sains, dan Humaniora*, vol. 4, no. 1, pp. 46-54, 2018.



ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL MATEMATIKA BERDASARKAN TAHAPAN KASTOLAN DITINJAU DARI PERBEDAAN GENDER

Nikmatin¹, Silviana Maya Purwasih², Sri Rahayu³

Corresponding author : Silviana Maya Purwasih²

¹Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, nikmatin71@gmail.com

²Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, smaya@unipasby.ac.id

³Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, srirahayu@unipasby.ac.id

Received : 24 Juni 2022, Revised : 18 Juli 2022, Accepted : 18 Agustus 2022

Abstract

The type of this research is qualitative descriptive with the purpose of this research is to describe the types of errors and the factor that cause student errors in solving mathematics problems in Linear Program material based on Kastolan stages in terms of gender differences. The research subjects were students of class XI IPA 2 SMA Negeri 1 Taman, which consisted of 2 male and 2 female students based on the lowest score. The data collection process was carried out through written tests and semi-structured interviews, each conducted in two stages. The results showed that the ability to solve math problems of male subjects is superior to female subjects. However, these advantages are not too significant because male and female subjects made the same type of errors, namely conceptual, procedural, and technical errors. The male subject's conceptual error was wrong in determining the corner point caused by a lack of understanding in determining the corner point. In contrast, the female subject made an error in formulating a mathematical model caused by a lack of understanding of the prerequisite material. The procedural error of male and female subjects was missing several completion steps caused by a lack of practice working on the Linear Program story material. The technical error of male and female subjects is an error in performing calculation operations caused to minimize the processing time of the problem and the results of an error in the mathematical model.

Keywords: Error Analysis, Kastolan Stage, Linear Program

Abstrak

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menjabarkan jenis kesalahan dan faktor penyebab kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal matematika materi Program Linear berdasarkan tahapan Kastolan ditinjau dari perbedaan *gender*. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI IPA 2 SMA Negeri 1 Taman yang terdiri dari 2 siswa laki-laki dan 2 siswa perempuan berdasarkan nilai terendah. Proses pengumpulan data dilakukan melalui tes tertulis dan wawancara semi terstruktur yang masing-masing dilakukan dalam 2 tahap. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu kemampuan menyelesaikan soal matematika subjek laki-laki lebih unggul dibandingkan subjek perempuan. Akan tetapi, keunggulan tersebut tidak terlalu signifikan dikarenakan subjek laki-laki dan perempuan melakukan jenis kesalahan yang sejenis yaitu kesalahan konseptual, kesalahan prosedural dan kesalahan teknik. Kesalahan konseptual subjek laki-laki adalah salah dalam menentukan titik pojok dikarenakan kurangnya pemahaman dalam menentukan titik pojok, sedangkan subjek perempuan melakukan kesalahan dalam merumuskan model matematika dikarenakan kurangnya pemahaman terhadap materi prasyarat. Kesalahan prosedural subjek laki-laki dan perempuan adalah melewatkan beberapa langkah penyelesaian dikarenakan kurangnya latihan mengerjakan soal cerita materi Program Linear. Kesalahan teknik subjek laki-laki dan perempuan adalah kesalahan dalam melakukan operasi perhitungan dikarenakan untuk meminimalisir waktu pengerjaan soal serta akibat dari adanya kesalahan pada model matematika.

Kata kunci: Analisis Kesalahan, Tahapan Kastolan, Program Linear

1. Pendahuluan

Dalam praktiknya selama pembelajaran matematika, masih banyak siswa yang merasa kesulitan dalam memecahkan permasalahan matematika. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi jenjang pendidikan, materi pembelajaran matematika yang diterima akan semakin sulit karena terdapat berbagai konsep baru yang lebih kompleks yang harus dimengerti oleh siswa. Sehingga tidak menutup kemungkinan siswa cenderung melakukan kesalahan ketika menyelesaikan soal matematika yang dikaitkan dengan permasalahan sehari-hari seperti pada materi Program Linear. Sebagaimana yang diungkapkan dalam penelitian Andriyani dan Ratu [1] bahwa masih banyak siswa yang melakukan kesalahan dalam menyelesaikan soal cerita Program Linear. Kesalahan-kesalahan tersebut meliputi kesalahan dalam merumuskan model matematika, kesalahan dalam menggambar grafik penyelesaian, tidak menuliskan titik pojok, kesalahan pada perhitungan, serta tidak menuntaskan soal.

Materi Program Linear termasuk materi pembelajaran matematika yang membahas mengenai memaksimumkan atau meminimumkan suatu fungsi tujuan. Konsep materi Program Linear biasanya digunakan untuk mencari keuntungan maksimum yang diperoleh, biaya minimum yang harus dikeluarkan ataupun jumlah barang yang harus diproduksi ketika menjalankan suatu usaha. Akan tetapi, siswa kelas XI IPA 2 SMA Negeri 1 Taman ketika memecahkan soal materi Program Linear terkadang tetap melakukan kesalahan meskipun materi tersebut telah dipelajari. Informasi tersebut diperoleh dari hasil konsultasi dengan guru matematika yang mengajar kelas tersebut. Oleh karena itu, guna menghindarkan siswa melakukan kesalahan serupa di lain waktu, perlu dilakukannya analisis terhadap kesalahan-kesalahan siswa.

Menurut Miseriyati dan Syahril [2], analisis kesalahan adalah usaha untuk menemukan penyebab kesalahan siswa ketika memecahkan suatu permasalahan yang diberikan oleh guru. Metode yang dapat diterapkan untuk melakukan analisis kesalahan siswa ketika menyelesaikan soal

matematika yaitu didasarkan pada tahapan Kastolan yang mengkategorikan jenis kesalahan menjadi tiga yang meliputi kesalahan konseptual, kesalahan prosedural dan kesalahan teknik. Dalam kajian Lutfia dan Zanthi [3] disebutkan bahwa kesalahan konseptual (*conceptual errors*) merupakan kesalahan dalam penafsiran atau penggunaan suatu konsep, prinsip maupun istilah. Kesalahan prosedural (*procedural errors*) merupakan kesalahan ketika mencoba menjabarkan langkah penyelesaian secara terstruktur untuk memecahkan suatu masalah. Kesalahan teknik (*technical errors*) merupakan kesalahan akibat dari kekeliruan pada perhitungan.

Ada beberapa aspek yang menyebabkan siswa melakukan kesalahan ketika memecahkan permasalahan matematika, salah satunya adalah karena adanya pengaruh perbedaan *gender*. Seperti pendapat yang dikemukakan oleh Siswandi dan Sujadi [4] bahwa perbedaan *gender* dapat mengindikasikan berbagai kesulitan yang berbeda pada siswa perempuan dan laki-laki ketika memecahkan persoalan matematika. Selain itu, Indrawati dan Tasni [5] mengemukakan bahwa perbedaan perkembangan otak anak perempuan dan laki-laki menyebabkan perbedaan *gender* sangat berpengaruh dalam matematika. Ada pula pendapat lain yang dikemukakan oleh Nurfauziah dan Fitriani [6] bahwa perbedaan emosi, perilaku, cara berpikir, dan kecerdasan masing-masing perempuan atau laki-laki menyebabkan adanya perbedaan dalam memecahkan masalah matematika.

Pemaparan di atas melatarbelakangi dilakukannya penelitian mengenai jenis kesalahan dan faktor penyebab kesalahan siswa laki-laki dan perempuan dalam menyelesaikan soal matematika materi Program Linear berdasarkan tahapan Kastolan.

2. Metode

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kualitatif dengan subjek penelitian adalah siswa kelas XI IPA 2 SMA Negeri 1 Taman yang terdiri dari 2 siswa laki-laki dan 2 siswa perempuan berdasarkan nilai

terendah. Proses pengumpulan data dilakukan melalui tes tertulis dan wawancara semi terstruktur.

Pelaksanaan tes tahap I dan tes tahap II dilakukan kepada siswa dengan memberikan soal cerita yang berbeda untuk masing-masing tahap tetapi dengan level kognitif soal yang sama. Setelah diperoleh hasil analisis kesalahan pada tahap tes, penelitian kemudian melakukan wawancara kepada setiap subjek penelitian. Wawancara tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal.

Berikut beberapa indikator kesalahan menurut tahapan Kastolan pada materi Program Linear yang diadaptasi dari penelitian Irawati [7].

Tabel 1. Indikator Kesalahan Menurut Tahapan Kastolan pada Materi Program Linear

Jenis Kesalahan	Indikator
<i>Conceptual Errors</i>	a. Kesalahan dalam menuliskan informasi yang diketahui dan/atau ditanyakan b. Kesalahan dalam merumuskan model matematika c. Kesalahan dalam menggambarkan grafik penyelesaian d. Kesalahan dalam menentuka titik pojok
<i>Procedural Errors</i>	a. Kesalahan dalam menuliskan langkah penyelesaian b. Kesalahan dalam penarikan kesimpulan
<i>Technical Errors</i>	a. Kesalahan pada operasi perhitungan b. Kesalahan dalam menentukan koefisien, variabel dan konstanta

Pengolahan data penelitian ini dilakukan melalui 3 tahap yaitu reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan. Tahapan reduksi data yang dilakukan oleh peneliti antara lain: a) melaksanakan tes tahap I kepada 32 siswa kelas XI IPA 2; b) memilih subjek penelitian; c) melaksanakan wawancara tahap I kepada setiap subjek penelitian; d) melaksanakan tes tahap II; e) melaksanakan wawancara tahap II. Selanjutnya untuk tahapan penyajian data yang dilakukan oleh peneliti adalah menyajikan dan mendeskripsikan hasil analisis kesalahan subjek penelitian. Setelah

semua data hasil penelitian terkumpul, tereduksi dan tersusun secara sistematis, peneliti kemudian menarik kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Selanjutnya peneliti menggunakan triangulasi teknik dan triangulasi waktu untuk pengujian keabsahan data hasil penelitian.

3. Hasil Penelitian

Setelah proses pengambilan data penelitian melalui tahap tes dilakukan, peneliti kemudian megoreksi hasil pekerjaan siswa untuk mengetahui perolehan nilai siswa. Berikut hasil nilai rata-rata yang diperoleh subjek penelitian pada tes tahap I dan tahap II

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Subjek Penelitian

Subjek	Tes Tahap I	Tes Tahap II	Total
Laki-Laki (SL)	18,5	27	45,5
Perempuan (SP)	12	12,5	24,5

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa subjek laki-laki pada tes tahap I dan tahap II perolehan nilai rata-ratanya lebih baik dibandingkan subjek perempuan. Hal ini berarti kemampuan memecahkan persoalan matematika subjek laki-laki lebih unggul daripada subjek perempuan. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Siswandi dan Sujadi [4] serta penelitian Fathonah, dkk [8] yang memperoleh hasil yaitu subjek laki-laki lebih mampu dalam memecahkan masalah matematika daripada subjek perempuan. Begitu pula menurut pendapat Santrock [9] yang menerangkan bahwa jika dibandingkan dengan anak perempuan, kemampuan matematika anak laki-laki lebih baik.

3.1 Subjek Perempuan (SP)

$A + B = 5000$	$ \times 4$	$4A + 4B = 20000$
$8A + 4B = 7000$	$ -$	$8A + 4B = 7000$
		$8A = 13000$
		$A = 1.625$
$4(1.625) + B = 5000$		
$6.500 + B = 5000$		
$B = 5000 - 6.500$		
$B = -1500$		

Gambar 1. Hasil Pekerjaan SP pada Tes Tahap I

Keunggulan kemampuan subjek laki-laki dapat terlihat pula dari hasil analisis kesalahan ketika menyelesaikan soal. Untuk lebih

jelasan, berikut pemaparan hasil analisis kesalahan subjek penelitian.

Menurut hasil pekerjaan pada Gambar 1 dapat terlihat bahwa pada tes tahap I SP melakukan kesalahan konseptual yaitu salah dalam merumuskan model matematika. Kesalahan tersebut dikarenakan SP tidak menuliskan bentuk model matematika yang terdiri dari fungsi kendala dan fungsi objektif dari soal. Selain itu, SP juga melakukan kesalahan pada penulisan model matematika $4A+B=5000$ dan $8A+4B=7000$ yang digunakan pada proses eliminasi dan substitusi. Model matematika yang seharusnya digunakan yaitu $4A+8B=24$ dan $A+4B=8$. Faktor penyebab SP melakukan kesalahan tersebut dikarenakan pemahaman materi prasyarat SP masih kurang, sehingga lupa bagaimana cara untuk merumuskan model matematika.

Jadi pengeluaran minimum untuk pembelian suplemen per hari adalah Rp 27.000

Gambar 2. Hasil Pekerjaan SP pada Tes Tahap I

Berkaitan dengan kesalahan dalam merumuskan model matematika sebelumnya, SP melakukan kesalahan prosedural yaitu salah dalam penarikan kesimpulan. Selain itu, SP juga melakukan kesalahan pada penulisan langkah penyelesaian dikarenakan melewati beberapa langkah penyelesaian seperti tidak menuliskan cara untuk mencari titik perpotongan garis pertidaksamaan dengan sumbu koordinat, tidak menggambar grafik penyelesaian dan tidak menuliskan langkah uji titik pojok terhadap fungsi kendala dari soal sebagaimana terlihat pada Gambar 2 di atas. Faktor penyebab SP melakukan kesalahan tersebut dikarenakan tidak mempelajari kembali materi sebelum pelaksanaan tes.

$$\begin{array}{l} T = 16x + 5y = 2.000.000 \\ H = 8x + 10y = 3.000.000 \end{array} \left| \begin{array}{l} \times 2 \\ - \end{array} \right. \begin{array}{l} 32x + 10y = 4.000.000 \\ 8x + 10y = 3.000.000 \\ \hline 24x = 1.000.000 \\ x = 41.666,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} .8(41666,7) + 10y = 3000000 \\ 333333,6 + 10y = 3000000 \\ 10y = 3.000.000 - 333.333,6 \\ 10y = 2.666.667,6 \\ y = 266.666,76 \end{array}$$

Gambar 3. Hasil Pekerjaan SP pada Tes Tahap II

Pada tes tahap II, SP melakukan kesalahan konseptual yang sama seperti pada tes tahap I yaitu salah dalam merumuskan model matematika. Kesalahan tersebut dikarenakan SP tidak menuliskan bentuk model matematika yang terdiri dari fungsi kendala dan fungsi kendala dari soal. Selain itu, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3, model matematika $16x + 5y = 2000000$ dan $8x + 10y = 3000000$ yang digunakan pada proses eliminasi dan substitusi juga masih terdapat kesalahan. Model matematika yang digunakan seharusnya $16x + 8y = 96$ dan $5x + 10y = 90$.

$$\begin{array}{l} 10y = 3.000.000 - 333.333,6 \\ 10y = 2.666.667,6 \\ y = 266.666,76 \\ 96x + 90y \\ = 96(41.666,7) + 90(266.666,76) \\ = \end{array}$$

Gambar 4. Hasil Pekerjaan SP pada Tes Tahap II

Selain melakukan kesalahan konseptual, Pada Gambar 4 diketahui SP juga melakukan kesalahan teknik pada proses substitusi yaitu salah dalam melakukan perhitungan $10y = 3000000 - 333333,6$ yang seharusnya menghasilkan $10y = 2666666,4$. Akibat dari kesalahan konseptual dan kesalahan teknik, SP melakukan kesalahan prosedural pada penulisan langkah penyelesaian dikarenakan mengalami kesulitan ketika melakukan perhitungan pada proses eliminasi dan substitusi, sehingga tidak dapat menyelesaikan soal sampai tuntas.

3.2 Subjek Laki-Laki (SL)

	Tablet I	Tablet II	Kebutuhan
Vit-A	4	8	24
Vit-B	1	4	8

$$\begin{array}{l} 4x + 8y \geq 24 \\ x + 4y \geq 8 \\ x \geq 0 \\ y \geq 0 \end{array}$$

Gambar 5. Hasil Pekerjaan SL pada Tes Tahap I

Berdasarkan Gambar 5 di atas terlihat bahwa SL melakukan kesalahan konseptual dikarenakan tidak menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan pada soal. Faktor

penyebab kesalahan tersebut dikarenakan SL beranggapan bahwa membuat tabel matematika itu sama seperti menulis diketahui dan ditanyakan.

harga 5000x + 7000 y.
A (8,2)
40.000 + 14.000 = 54.000
B (4,1)
20.000 + 7000 = 27.000
C (6,3)
30.000 + 21.000 = 51.000

Gambar 6. Hasil Pekerjaan SL pada Tes Tahap I

Selain melakukan kesalahan konseptual dalam menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan, SL juga melakukan kesalahan konseptual dalam menentukan titik pojok. Kesalahan tersebut dapat terlihat pada Gambar 6 di atas. Koordinat titik pojok yang dituliskan pada proses uji titik pojok merupakan koordinat titik potong pertidaksamaan terhadap sumbu x dan y . Selain itu, SL juga melakukan kesalahan prosedural pada penulisan langkah penyelesaian. Faktor penyebab kesalahan tersebut dikarenakan SL tidak mempelajari materi yang berkaitan dengan soal cerita, sehingga tidak dapat menyelesaikan soal sampai tuntas.

② - Diket: - Makanan (x)
- Obat (y)

$F(x,y) = 2.000.000x + 3.000.000y$
Minimal 36 makanan dan 90 obat 2 M

	makanan	obat
(x) Tank	16	5
(y) Helikopter	8	10

$16x + 8y \geq 36$
 $2x + y \geq 12$

$5x + 10y \geq 90$
 $x + 2y \geq 18$

Gambar 7. Hasil Pekerjaan SL pada Tes Tahap II

Pada Gambar 7 di atas, terlihat SL melakukan kesalahan konseptual saat menyelesaikan Tes Tahap II. Kesalahan yang dilakukan adalah belum lengkap dalam menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan pada soal, seperti kurang lengkap dalam menuliskan fungsi kendala $x \geq 0$ dan $y \geq 0$ dari soal dan salah dalam menentukan titik pojok daerah penyelesaian.

Sementara kesalahan dalam menentukan titik pojok dapat terlihat pada proses uji titik pojok pada Gambar 8, dimana SL tidak hanya menguji koordinat titik pojok saja melainkan menguji semua koordinat titik potong garis.

Akibatnya, SL melakukan kesalahan prosedural yaitu salah dalam penarikan kesimpulan. Selain itu, SL juga melakukan kesalahan prosedural lain yaitu melewatkan langkah penyelesaian berupa proses eliminasi dan substitusi untuk mencari koordinat perpotongan dua garis.

$(0,12) = 2.000.000(0) + 3.000.000(12) = 36.000.000$
$(6,0) = 2.000.000(6) + 3.000.000(0) = 12.000.000$ ✓
$(2,8) = 2.000.000(2) + 3.000.000(8) = 4 + 24 = 28.000.000$
$(0,9) = 0 + 3.000.000(9) = 27.000.000$
$(18,0) = 2.000.000(18) + 0 = 36.000.000$

∴ jadi biaya minimum utk mengangkat bantuan logistik adalah Rp 28.000.000

Gambar 8. Hasil Pekerjaan SL pada Tes Tahap II

$(2,8) = 2.000.000(2) + 3.000.000(8) = 4 + 24 = 28.000.000$

Gambar 9. Hasil Pekerjaan SL pada Tes tahap II

Selanjutnya, pada Gambar 9 terlihat SL melakukan kesalahan teknik pada proses uji titik pojok yaitu salah dalam melakukan perhitungan. Kesalahan tersebut dikarenakan SL mempersingkat penulisan hasil perhitungan $2000000(2) + 3000000(8) = 4 + 24 = 28000000$. Kesalahan tersebut dikarenakan SL mempersingkat penulisan hasil perhitungan dengan tujuan untuk meminimalisir waktu pengerjaan soal tes.

4. Pembahasan

Berikut peneliti sajikan data jenis kesalahan subjek laki-laki dan perempuan berdasarkan hasil analisis kesalahan tahapan Kastolan.

Tabel 3. Rekap Kesalahan Subjek Penelitian

Jenis kesalahan	Tes Tahap I		Tes Tahap II	
	SL	SP	SL	SP
Conceptual Errors	✓	✓	✓	✓
Procedural Errors	✓	✓	✓	✓
Technical Errors	-	-	✓	✓

Berdasarkan tabel 3 di atas dapat diketahui bahwa subjek laki-laki dan perempuan melakukan jenis kesalahan yang sejenis pada tes tahap I maupun pada tes tahap

II. Hal tersebut selaras dengan penelitian Saputri, dkk [10] serta penelitian Amin, dkk [11] yang menyebutkan bahwa ketika memecahkan permasalahan matematika baik subjek laki-laki maupun subjek perempuan melakukan jenis kesalahan yang sama.

Meskipun menurut hasil analisis kesalahan menunjukkan bahwa jenis kesalahan subjek laki-laki dan perempuan sejenis. Akan tetapi, jika dilihat lebih saksama hasil pekerjaan di atas terlihat bahwa secara keseluruhan subjek laki-laki lebih lengkap dalam menuliskan langkah penyelesaian soal daripada subjek perempuan. Hal tersebut selaras dengan penelitian Jamiah [12] yang memperoleh hasil bahwa keterampilan penyelesaian masalah subjek laki-laki lebih unggul dibandingkan subjek perempuan dikarenakan prosedur penyelesaian masalah yang dituliskan subjek laki-laki lebih teliti dan lebih lengkap. Berikut pemaparan lebih lanjut mengenai letak kesalahan beserta faktor penyebab kesalahan subjek penelitian menurut tahapan Kastolan.

4.1 Kesalahan Konseptual

Letak kesalahan konseptual subjek laki-laki yang teridentifikasi adalah keliru dalam penulisan informasi yang diketahui dan ditanyakan, belum lengkap saat menuliskan fungsi kendala, dan salah dalam menentukan titik pojok. Sementara letak kesalahan konseptual yang dilakukan subjek perempuan adalah tidak menuliskan fungsi kendala dan fungsi tujuan dari soal. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Nikmah [13] yang memperoleh hasil yaitu ketika menyelesaikan soal Program Linear, subjek laki-laki melakukan kesalahan pada penulisan informasi yang diketahui dan ditanyakan serta tidak lengkap menuliskan fungsi kendala, sedangkan kesalahan subjek perempuan adalah tidak menuliskan fungsi kendala. Begitu pula pada penelitian Agnesti dan Amelia [14], salah satu letak kesalahan siswa laki-laki yaitu saat menuliskan diketahui dan ditanyakan dari soal.

Faktor penyebab subjek laki-laki melakukan kesalahan konseptual adalah tidak terbiasa menulis informasi yang diketahui dan ditanyakan pada soal serta kurangnya pemahaman untuk menentukan titik pojok.

Hal tersebut selaras dengan penelitian Ayuningsih, dkk [15] bahwa penyebab siswa melakukan kesalahan dalam menentukan titik pojok dikarenakan kurangnya pemahaman untuk menentukan titik pojok, sehingga menggunakan semua titik dari perpotongan garis ketika melakukan uji titik pojok. Sementara subjek perempuan melakukan kesalahan konseptual dikarenakan kurangnya pemahaman materi prasyarat. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Sardin dan Marunung [16] serta penelitian Buranda dan Bernard [17] bahwa kurangnya pemahaman terhadap materi dasar mengakibatkan siswa melakukan kesalahan ketika mengerjakan soal.

4.2 Kesalahan Prosedural

Letak kesalahan prosedural subjek laki-laki dan perempuan yang teridentifikasi adalah tidak menyelesaikan masalah yang diberikan hingga tuntas, melewatkan beberapa langkah penyelesaian serta salah dalam penarikan kesimpulan. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Nikmah [13] yang menyebutkan bahwa subjek laki-laki melewatkan atau tidak menuliskan langkah penyelesaian yang sesuai ketika menyelesaikan soal Program Linear. Begitu pula dengan hasil penelitian Suwandi [9] serta penelitian Saputri, dkk [10] bahwa kesalahan penarikan kesimpulan cenderung dilakukan oleh subjek perempuan.

Menurut hasil wawancara diketahui kesalahan prosedural di atas dikarenakan kurangnya latihan soal cerita materi Program Linear. Hal tersebut selaras dengan hasil penelitian Zaidy dan Lutfianto [18] serta penelitian Ayuningsih, dkk [15] bahwa kurangnya latihan mengerjakan soal-soal Program Linear yang bervariasi dapat menjadi penyebab kesalahan siswa ketika memecahkan soal.

4.3 Kesalahan Teknik

Kesalahan teknik subjek laki-laki terletak pada perhitungan pada proses uji titik pojok, sedangkan kesalahan yang dilakukan subjek perempuan adalah salah dalam melakukan perhitungan pada proses substitusi. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Nikmah [13] bahwa kesalahan dalam melakukan

perhitungan bentuk aljabar pada proses eliminasi dan substitusi dilakukan oleh siswa perempuan.

Faktor penyebab subjek laki-laki melakukan kesalahan teknik adalah untuk meminimalisir waktu pengerjaan soal. Sementara faktor penyebab subjek perempuan melakukan kesalahan dikarenakan model matematika yang dituliskan masih terdapat kesalahan. Hal ini selaras dengan penelitian Andriyani [1] bahwa kesalahan dalam merumuskan model matematika mengakibatkan siswa melakukan kesalahan pada langkah-langkah selanjutnya.

5. Penutup

Menurut hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kemampuan memecahkan persoalan matematika subjek laki-laki lebih unggul dibandingkan subjek perempuan. Akan tetapi, keunggulan tersebut tidak terlalu signifikan jika dilihat dari hasil analisis kesalahan yang membuktikan bahwa subjek laki-laki dan perempuan melakukan jenis kesalahan yang sejenis yaitu kesalahan konseptual, kesalahan prosedural dan kesalahan teknik. Kesalahan konseptual yang dilakukan subjek laki-laki adalah salah dalam menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan, belum lengkap dalam menuliskan fungsi kendala dan salah dalam menentukan titik pojok. Sedangkan kesalahan konseptual subjek perempuan adalah tidak menuliskan fungsi kendala dan fungsi kendala dari soal. Selanjutnya untuk kesalahan prosedural subjek laki-laki dan perempuan adalah tidak menyelesaikan soal sampai tuntas, melewatkan beberapa langkah penyelesaian serta salah dalam penarikan kesimpulan. Sementara kesalahan teknik subjek laki-laki dan perempuan adalah salah dalam melakukan operasi perhitungan.

Terdapat persamaan faktor penyebab subjek laki-laki dan perempuan melakukan kesalahan prosedural yaitu kurangnya latihan mengerjakan soal cerita materi Program Linear. Sementara kesalahan konseptual subjek laki-laki disebabkan karena tidak terbiasa menulis informasi yang diketahui dan ditanyakan pada soal serta kurangnya pemahaman dalam menentukan titik pojok, sedangkan kesalahan konseptual subjek

perempuan disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap materi prasyarat. Selanjutnya, subjek laki-laki melakukan kesalahan teknik untuk meminimalisir waktu pengerjaan soal, sedangkan kesalahan subjek perempuan dikarenakan adanya kesalahan pada model matematika.

Mengingat pentingnya melakukan analisis kesalahan terhadap kesalahan siswa dalam mengerjakan soal cerita pada materi Program Linear, maka hal ini dapat dijadikan acuan bagi guru agar kesalahan yang sama tidak terulang kembali dilakukan oleh siswa di lain waktu.

Referensi

- [1] A. Andriyani and N. Ratu, "Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Pada Materi Program Linear Ditinjau Dari Gaya Kognitif Siswa," *Pendek. J. Pendidik. Berkarakter*, vol. 1, no. 1, p. 16, 2018, doi: 10.31764/pendekar.v1i1.252.
- [2] Miseriyati and R. F. Syahril, "Analysis of Students' Mistakes in Solving Circle Problem in Class Xi Mipa 2 Sman 1 Bangkinang Kota," *J. Prinsip Pendidik. Mat.*, vol. 2, no. 2, pp. 51–60, 2020, doi: 10.33578/prinsip.v2i2.53.
- [3] L. Lutfia and L. S. Zanthly, "Analisis Kesalahan Menurut Tahapan Kastolan Dan Pemberian Scaffolding Dalam Menyelesaikan Soal Sistem Persamaan Linear Dua Variabel," *J. Educ.*, vol. 01, pp. 396–404, 2019, doi: 10.24252/auladuna.v5i1a9.2018.
- [4] E. Siswandi and I. Sujadi, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Kontekstual pada Materi Segiempat Berdasarkan analisis Newman Ditinjau dari Perbedaan Gender (Studi Kasus pada Siswa Kelas VII SMPN 20 Surakarta)," *J. Elektron. Pembelajaran Mat.*, vol. 4, no. 7, pp. 633–643, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/s2math/article/view/9169>.
- [5] N. Indrawati and N. Tasni, "Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Berdasarkan Tingkat Kompleksitas Masalah dan Perbedaan Gender," *Saintifik*, vol. 2, no. 1, pp. 16–25, 2017,

- doi: 10.31605/saintifik.v2i1.92.
- [6] D. A. Savitri and A. Yuliani, "Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Permasalahan Trigonometri Ditinjau Dari Gender Berdasarkan Newman," *JPMI (Jurnal Pembelajaran Mat. Inov.*, vol. 3, no. 5, pp. 463–474, 2020, doi: 10.22460/jpmi.v3i5.463-474.
- [7] S. Irawati, "Analisis Kesalahan Mahasiswa Calon Guru Matematika dalam Memecahkan Masalah Program Linear," *Sigma*, pp. 29–34, 2015, [Online]. Available: http://ejournal.unira.ac.id/index.php/jurnal_sigma/article/viewFile/110/94.
- [8] N. Fathonah, R. Juwita, and P. Jana, "Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linear dengan Menerapkan Teori Polya Ditinjau dari Perbedaan Gender," *J. Mercumatika*, vol. 2, no. 117, pp. 1–15, 2018, [Online]. Available: <http://repository.upy.ac.id/1817/>.
- [9] R. T. Suwandi, "Kesalahan dalam Menyelesaikan Soal Cerita Program Linear Ditinjau dari Perbedaan Gender," 2019, [Online]. Available: [http://eprints.ums.ac.id/75710/1/Naskah Publikasi Fix.pdf](http://eprints.ums.ac.id/75710/1/Naskah_Publikasi_Fix.pdf).
- [10] R. R. Saputri, T. Sugiarti, R. P. Martikusuma, D. Trapsilasiwi, and E. Yudianto, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Materi Fungsi Berdasarkan Kriteria Watson Ditinjau dari Perbedaan Gender Siswa SMP Kelas VIII," *Kadikma J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 9, pp. 59–68, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.19184/kdma.v9i2.9710>.
- [11] K. Amin, K. Kamid, and B. Hariyadi, "Analisis Kesalahan dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Kontekstual pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar Berdasarkan Newman Error Analysis Ditinjau dari Gender," *J. Cendekia J. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 2, pp. 2053–2064, 2021, doi: 10.31004/cendekia.v5i2.692.
- [12] P. W. C. Davita and H. Pujiastuti, "Anallisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Ditinjau Dari Gender," *Kreano, J. Mat. Kreat.*, vol. 11, no. 1, pp. 110–117, 2020, doi: 10.15294/kreano.v11i1.23601.
- [13] S. N. Nikmah, "Analisis kesalahan menyelesaikan soal cerita program linear ditinjau dari perbedaan jenis kelamin," *Primatika J. Pendidik. Mat.*, vol. 9, pp. 91–100, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30872/primatika.v9i2.259>.
- [14] Y. Agnesti and R. Amelia, "Analisis Kesalahan Siswa Kesalahan VIII SMP Di Kabupaten Bandung Barat Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Pada Materi Perbandingan Ditinjau Dari Gender," *J. Cendekia J. Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 1, pp. 151–162, 2020, doi: 10.31004/cendekia.v4i1.186.
- [15] R. Ayuningsih, R. D. Setyowati, and R. E. Utami, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Program Linear Berdasarkan Teori Kesalahan Kastolan," *Imajiner J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 2, no. 6, pp. 510–518, 2020, doi: 10.26877/imajiner.v2i6.6790.
- [16] F. N. Sardin and M. M. H. Manurung, "Analisis Kesalahan Jawaban Peserta Didik Dalam Menyelesaikan Soal-soal Program Linear di Kelas X Akuntansi SMK YPK Kotaraja Jayapura," *Ilm. Mat. dan Pembelajarannya*, vol. 3, no. 1, pp. 10–16, 2016, [Online]. Available: <https://smantibatam.sch.id/journal/index.php/JIMP/article/download/226/226-439-1-SM.pdf>.
- [17] M. S. Buranda and M. Bernard, "Matematik Materi Lingkaran Siswa Smp Berdasarkan Gender," vol. 1, no. 1, pp. 33–40, 2018.
- [18] F. Zaidy and M. Lutfianto, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linear Berdasarkan Newman's Error Analysis (NEA) Ditinjau dari Kemampuan Matematika," *Semin. Nas. Pendidik. Mat. Ahmad Dahlan*, vol., no., pp. 297–303, 2016, [Online]. Available: <http://www.seminar.uad.ac.id/index.php/sendikmad/article/view/392>.



IMPLEMENTASI ALAT PERAGA ABANG OLENG PADA PEMBELAJARAN PENGUKURAN BERAT TIDAK BAKU DI JENJANG SEKOLAH DASAR

Mevianda Cahya Resqueta¹, Ninik Mutianingsih²

Corresponding author : Ninik Mutianingsih

¹Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, resquetamevi@gmail.com

²Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, ninikmutia@unipasby.ac.id

Received : 9 Juli 2022, Revised : 3 Agustus 2022, Accepted : 7 September 2022

Abstract

Teaching aids are learning media that are learning materials to reduce the abstraction of mathematical concepts. This quantitative study aims to determine the implementation of Abang Olen's teaching aids on learning outcomes of elementary school mathematics in learning non-standard weight measurement. The research method used is True Experimental Design using pre-test and post-test. First grade students of SD Tunas Bhakti 26 Surabaya and SD Unggulan AI Multazam Surabaya were involved in this research. Data were collected through test techniques to obtain student learning outcomes, while the results were analyzed using SPSS. The results of the t-test calculation with SPSS obtained a significant value of 0,000, showing that the significance is smaller than 0,05, then H_1 is accepted. So it can be concluded that using abang olen on non-standard weight measurement subjects is suitable for use in elementary schools from student learning outcomes.

Keywords: Abang Olen's, Learning Outcomes, Non-Standard Weight Measurement

Abstrak

Alat peraga merupakan media pembelajaran yang sesuai dengan materi pembelajaran dengan tujuan mengurangi keabstrakan konsep matematika. Penelitian merupakan penelitian kuantitatif yang bertujuan mengetahui implementasi alat peraga abang olen terhadap hasil belajar matematika jenjang sekolah dasar pada pembelajaran pengukuran berat tidak baku. Metode penelitian yang digunakan adalah True Experimental Design menggunakan pre-test dan post-test. Siswa kelas I SD Tunas Bhakti 26 Surabaya dan SD Unggulan AI Multazam Surabaya terlibat dalam penelitian ini. Data dikumpulkan melalui teknik tes untuk mendapatkan hasil belajar siswa, sedangkan hasilnya dianalisis menggunakan SPSS. Hasil perhitungan uji-t dengan SPSS diperoleh nilai signifikan $0,000 < 0,05$, maka H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan menggunakan alat peraga abang olen pada mata pelajaran pengukuran berat tidak baku sangat baik digunakan di jenjang sekolah dasar ditinjau dari hasil belajar siswa.

Kata kunci: Alat Peraga Abang Olen, Hasil Belajar, Pengukuran Berat Tidak Baku

1. Pendahuluan

Kualitas sumber daya manusia senantiasa harus ditingkatkan, salah satunya melalui peningkatan mutu pendidikan [1]. Pendidikan merupakan usaha dalam menumbuhkan kembangkan sumber daya manusia dengan melakukan kegiatan pembelajaran [2].

Perkembangan pendidikan memiliki perhatian lebih di dalam aktivitas pembelajaran, dan aktivitas operasional kependidikan guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Hal tersebut dapat mewujudkan minat dan perhatian siswa dalam mempelajari ilmu, salah satunya yaitu ilmu Matematika.

Matematika memiliki peran yang esensial dalam membangun kemampuan pemecahan masalah, sehingga matematika wajib diajarkan di setiap jenjang pendidikan sekolah [3]. Matematika memiliki fungsi dalam mengembangkan penalaran melalui kegiatan investigasi, penemuan dan eksperimen sebagai alat bantu untuk memecahkan masalah melalui diagram, model berpikir matematis serta alat komunikasi dengan menggunakan simbol, tabel, bagan, diagram, dan menyampaikan ide pokok. Ada 3 fungsi matematika antara lain: (1) Matematika sebagai alat; (2) Matematika sebagai latihan berpikir; (3) Matematika sebagai ilmu [4].

Dalam menumbuhkan kecintaan dan kegemaran pada belajar matematika, maka pembelajaran dapat dilakukan secara bertahap dengan memulai diskusi, mengkomunikasikan ide dan gagasan, dan menghubungkan objek-objek terkait untuk memecahkan masalah dalam suasana yang menyenangkan dan bermakna. Hal ini diperlukan agar siswa merasa nyaman saat belajar di kelas [5].

Selain itu, pelajaran matematika perlu diperkuat untuk mempelajari konsep abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) yang baru saja dipahami siswa dan memudahkan siswa dalam memasukkannya ke dalam pola pikir dan perilakunya [6]. Dengan menggunakan alat peraga untuk media pembelajaran dengan ciri-ciri konsep yang dipelajari dapat menurunkan kabstrakan menjadi lebih konkrit dan mempermudah siswa memahami konsep pembelajaran [7].

Pengukuran berat tidak baku adalah satuan yang tidak standar dikatakan tidak baku karena tidak memiliki ukuran yang sama [8]. Materi pengukuran berat tidak baku adalah mata pelajaran yang harus ditempuh siswa kelas I SD di SD Tunas Bakti 26 Surabaya dan SD Unggulan Al-Multazam Surabaya. Berdasarkan pengamatan peneliti tentang materi pengukuran berat tidak baku diperoleh informasi dari hasil belajar siswa diperoleh nilai dibawah KKM yaitu 70 pada materi pengukuran berat tidak baku. Serta guru hanya menggunakan buku untuk menjelaskan materi pengukuran berat tidak baku tanpa menggunakan alat peraga yang

telah ditetapkan di buku yaitu “alat peraga gantungan baju”. Kurangnya efektivitas alat peraga menurut konsep materi pengukuran berat tidak baku dalam proses pembelajaran berimplikasi pada kurangnya pemahaman guru tentang cara penggunaan alat peraga dalam proses pembelajaran [7]

Kurangnya pemahaman siswa dalam mempelajari materi matematika dan matematika dianggap pelajaran yang sukar untuk dipahami merupakan permasalahan yang sering dialami siswa. Sehingga, hal tersebut dapat mempengaruhi prestasi belajar matematika siswa [9]. Untuk meningkatkan hasil belajar siswa, maka perlu diberi alat peraga dengan upaya seefektif mungkin untuk mengkonkritkan konsep matematika yang abstrak. Adanya peran guru dalam menyiapkan dan menyajikan alat pembelajaran berpengaruh terhadap keberhasilan pencapaian tujuan pembelajaran, yang artinya penggunaan alat peraga oleh guru dalam proses pembelajaran secara langsung dapat menentukan keberhasilan proses belajar [10].

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan alat peraga “abang oleng” dan alat peraga gantungan baju untuk mengetahui keberhasilan proses pembelajaran ditinjau dari hasil belajar siswa. Abang oleng adalah alat bantu belajar berupa “timbangan botol kelereng”. Alat peraga abang oleng adalah salah satu alat ajar matematika yang bisa digunakan guru untuk menjelaskan konsep atau pemahaman tentang berat benda pada satuan tidak baku. Pengukuran alat peraga abang oleng ini dengan cara diukur dengan menggunakan kelereng. Kegunaan kelereng pada alat peraga abang oleng yaitu untuk pengukur berat benda yang digunakan sebagai satuan ukur berat benda pada alat peraga “Abang Oleng”. Gambar 1 merupakan gambar alat peraga abang oleng.

Usaha guru untuk menciptakan pembelajaran matematika yang efektif, dengan memberikan alat peraga diharapkan mampu menumbuhkan pemahaman dan meningkatkan hasil belajar siswa. Alat peraga digunakan untuk penunjang proses pembelajaran karena dengan adanya alat pendidikan membantu siswa belajar dan memudahkan guru dalam memberikan materi

pembelajaran [5]. Dari uraian di atas, penelitian ini bertujuan mengetahui implementasi alat peraga abang oleng pada pembelajaran pengukuran berat tidak baku terhadap hasil belajar pada siswa kelas I Sekolah Dasar.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang termasuk dalam jenis eksperimen dengan rancangan True Experimental Design. Rancangan tersebut melibatkan kelompok kontrol dan eksperimen.



Gambar 1. Alat Peraga Abang Oleng

Populasi yang terlibat dalam penelitian ini yaitu seluruh siswa kelas I SD Unggulan Al-Multazam Surabaya berjumlah 17 siswa dan SD Tunas Bakti 26 Surabaya berjumlah 23 siswa. Sampelnya yaitu siswa kelas I SD Unggulan Al-Multazam Surabaya berjumlah 10 siswa sebagai kelas kontrol (menggunakan alat peraga gantungan baju) dan siswa kelas I SD Tunas Bakti 26 Surabaya berjumlah 10 siswa sebagai kelas eksperimen (menggunakan alat peraga abang oleng). Peneliti mengambil jumlah sampel berbeda dengan jumlah populasi karena di sekolah yang diuji memiliki perbedaan jumlah populasi, sehingga peneliti hanya menggunakan masing-masing 10 siswa di dua kelas sampel.

Teknik tes melibatkan soal *pretest* dan *posttest* berupa pilihan ganda sebanyak 10 soal, seperti pada link google form berikut (https://drive.google.com/drive/folders/1YC_AvWMVW9eySV_eXotFUhmDry31_laC?usp=sharing). Soal tersebut digunakan sebelum dan sesudah perlakuan kepada siswa dalam menggunakan alat peraga abang oleng (timbangan botol kelereng) dan alat peraga

gantungan baju. Sebelum dilakukan penelitian, peneliti melakukan uji validasi dan reliabilitas dengan teknik tes pada kelompok yang berbeda. Pengujian validitas soal dilakukan dengan menggunakan SPSS 20.0.

Data yang terkumpul, dianalisis oleh peneliti secara deskriptif. Analisis data dilakukan menggunakan bantuan SPSS 2.0 untuk menguji normalitas, homogenitas, dan hipotesis. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diteliti berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas data dilakukan dengan uji *kolmogorov-smirnov* yang menggunakan program analisis statistik SPSS 20.0. Uji homogenitas dilakukan dengan menguji data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesamaan antara dua populasi yang akan diteliti. Uji hipotesis digunakan untuk memudahkan perhitungan dan mengetahui implementasi alat peraga abang oleng terhadap hasil belajar siswa pada materi pengukuran tidak baku, dengan menggunakan aplikasi SPSS 20.0 for windows.

3. Pembahasan

Sebelum diberikan perlakuan, peneliti melakukan uji validitas pada soal tes yaitu soal *pretest* dengan jumlah 30 soal dan *posttest* dengan jumlah 30 soal berikut ini (https://drive.google.com/drive/folders/12hC_JqH7X0EXqdr17zMLkkOGpyWS5Fuc?usp=sharing). Soal tersebut diujikan kepada kelompok yang berbeda. Pengujian validitas soal dilakukan dengan menggunakan SPSS 20.0 for windows. Uji validitas pada soal *pretest* dan *posttest* diperoleh 12 soal yang valid.

Selanjutnya peneliti melakukan uji reliabilitas dengan SPSS 20.0 pada masing-masing soal. Pertama, peneliti menguji soal *pretest*, diperoleh hasil SPSS pada uji Reliabilitas adalah 0,843. Apabila dibandingkan dengan nilai *r* tabel pada signifikansi 0,05 dengan jumlah data sebanyak 20 maka didapatkan *r* tabel 0,444. Sehingga diperoleh *r* hitung 0,843 > 0,444, dapat disimpulkan butir soal tersebut reliabel. Kemudian, peneliti menguji soal *posttest* diperoleh hasil SPSS pada uji Reliabilitas adalah 0,869. Apabila dibandingkan dengan

nilai r tabel pada signifikansi 0,05 dengan jumlah data sebanyak 20 maka di dapatkan r tabel 0,444. Sehingga diperoleh r hitung 0,869 > 0,444, dapat disimpulkan butir soal tersebut reliabel. Dari hasil uji validitas dan reliabilitas soal, peneliti hanya mengambil 10 butir soal *pretest* dan 10 butir soal *posttest* untuk diujikan kepada siswa. Soal tes awal melibatkan 10 butir soal dengan alokasi waktu 45 menit. Hasil *pretest* dari kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Pretest*

Eksperimen		Kontrol	
Siswa	Nilai	Siswa	Nilai
FPK	80	AAA	20
GPR	70	AEDI	20
MH	90	FA 1	40
RAP	80	FA 2	70
SJ	90	FHA	40
SRF	60	MNYM	40
SIP	60	NR	60
WR	60	RDA A	90
WKNI	60	SAF	80
ZAA	70	SAN	20

Berdasarkan data pada Tabel 1. diketahui hasil dari *pretest* kelas eksperimen (alat peraga abang oleng) yang terdiri dari 10 siswa, diperoleh nilai terendah adalah 60 sebanyak empat siswa, dan nilai tertinggi yaitu 90 sebanyak dua siswa. Kemudian pada hasil *pretest* kelas kontrol (alat peraga gantungan baju) yang terdiri dari 10 siswa diperoleh nilai terendah adalah 20 sebanyak tiga siswa, dan nilai tertinggi yaitu 90 sebanyak satu siswa. Setelah menerima data *pretest*, kemudian diberikan perlakuan dan dilakukan *posttest* untuk mendapatkan data hasil belajar siswa, dengan hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *posttest*

Eksperimen		Kontrol	
Siswa	Nilai	Siswa	Nilai
FPK	100	AAA	60
GPR	90	AEDI	40
MH	100	FA 1	60
RAP	100	FA 2	70
SJ	100	FHA	60
SRF	80	MNYM	50
SIP	80	NR	80
WR	90	RDA A	80
WKNI	90	SAF	90
ZAA	80	SAN	60

Berdasarkan data pada Tabel 2. diketahui hasil *posttest* kelas Eksperimen (alat peraga abang oleng) yang terdiri dari 10 siswa, diperoleh nilai terendah adalah 80 sebanyak tiga siswa, dan nilai tertinggi yaitu 100 sebanyak empat siswa. Sedangkan, pada hasil *Posttest* kelas kontrol (alat peraga gantungan baju) yang terdiri dari 10 siswa diperoleh nilai terendah adalah 40 sebanyak satu siswa, dan nilai tertinggi yaitu 90 sebanyak satu siswa. Berdasarkan data yang diperoleh, peneliti melakukan uji descriptive statistics dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Descriptive Statistics

	N	Min	Max	Mean	Std. Dev
PreTest Eksperimen	10	60	90	72.00	12.293
PostTest Eksperimen	10	80	100	91.00	8.756
PreTest Kontrol	10	20	90	48.00	25.734
PostTest Kontrol	10	40	90	65.00	15.092
Valid N (listwise)	10				

Pada Tabel 3 dapat diketahui rata-rata nilai pretest kelas kontrol dan eksperimen masing-masing 48,00 dan 72,00. Sedangkan, rata-rata posttest dari kelas kontrol dan eksperimen masing-masing 65,00 dan 91,00.

Hasil dari Tabel 3 di atas, dapat dilakukan analisis data hasil belajar matematika siswa dengan menggunakan uji normalitas, homogenitas, dan uji t. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui kenormalan distribusi data. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan SPSS diperoleh data pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Normalitas

Kelas		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil Belajar Siswa	Pretest Eksperimen (Abang Oleng)	0,236	10	0,123	0,841	10	0,046
	Posttest Eksperimen (Abang Oleng)	0,248	10	0,082	0,805	10	0,017
Kontrol (Gantungan Baju)	Pretest Kontrol	0,222	10	0,177	0,896	10	0,197
	Posttest Kontrol (Gantungan Baju)	0,230	10	0,144	0,947	10	0,638

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan data pada Tabel 4. diperoleh nilai *posttest* dengan signifikansi $0,082 > 0,05$ di kelas eksperimen. Dapat dikatakan hasil belajar matematika kelompok siswa yang diajar dengan alat peraga abang oleng berdistribusi normal. Sedangkan, nilai *posttest* kelas kontrol diperoleh signifikansi $0,144 > 0,05$. Dapat dikatakan hasil belajar matematika siswa yang diajarkan dengan menggunakan alat peraga gantungan baju berdistribusi normal.

Setelah itu, peneliti melakukan uji homogenitas untuk melihat keseragaman sampel dari populasinya. Berdasarkan hasil uji *Tes of homogeneity of variance* menggunakan SPSS pada kelas eksperimen dan kontrol sebagai berikut :

Tabel 5. Uji Homogenitas (Test of Homogeneity of Variance)

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil Belajar Siswa	Based on Mean	2,653	1	18	0,121
	Based on Median	1,108	1	18	0,307
	Based on Median and with adjusted df	1,108	1	12,344	0,313
	Based on trimmed mean	2,639	1	18	0,122

Tabel 5 menjelaskan nilai signifikansi $0,121 > 0,05$ sehingga data berasal dari varians yang sama. Setelah melakukan uji homogenitas, peneliti melanjutkan uji hipotesis untuk mengetahui keefektifan implementasi alat peraga abang oleng pada pembelajaran pengukuran berat tidak baku di jenjang sekolah dasar. Sebagai berikut hasil uji hipotesis dengan SPSS:

Tabel 6. Uji Hipotesis (Independent Samples Test)

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									L	U
Hasil Belajar Matematika	Equal variances assumed	2,653	0,121	4,712	18	0,000	26,00	5,518	14,408	37,59
	Equal variances not assumed			4,712	14,4	0,000	26,00	5,518	14,200	37,80

Hasil perhitungan uji hipotesis didapatkan nilai signifikansi (2-tailed) yaitu $0,000 < 0,05$. Dapat dikatakan H_1 diterima dengan tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5%. Hal ini berarti implementasi alat peraga abang oleng untuk mengajarkan materi pengukuran berat tidak baku sangat baik digunakan di jenjang sekolah dasar ditinjau dari hasil belajar matematika siswa. Terdapat perbedaan dengan penelitian terdahulu terletak pada variabel, obyek, metode dan hasil penelitian itu sendiri. Berikut adalah penjelasan hasil dari penelitian terdahulu:

1. Pada penggunaan alat peraga Bloker Pemfaktoran menunjukkan bahwa guru telah mampu menggunakan alat peraga dengan tepat dan benar sehingga siswa dapat menyelesaikan soal matematika yang sederhana dengan bantuan alat peraga [11].
2. Implementasi model pembelajaran kooperatif tipe Think Pair Share berbantuan alat peraga dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa kelas VIII E SMP Negeri 1 Banjar tahun pelajaran 2018/2019 [12].
3. Penggunaan alat peraga pohon buah SARIPATI untuk materi akar pangkat tiga di kelas VI SDN Grujungan Lor 2 dapat meningkatkan hasil belajar siswa [13].
4. Penerapan model pembelajaran kooperatif tipe STAD dapat meningkatkan hasil belajar siswa tentang operasi penjumlahan pecahan campuran berpenyebut tidak sama [14].
5. Pembelajaran matematika dengan menggunakan media autograph dapat dijadikan sebagai alternatif untuk meningkatkan hasil belajar siswa khususnya pada materi integral [15].

Pada hasil penelitian terdahulu dengan penelitian ini terdapat kesamaan yaitu, adanya peningkatan hasil belajar siswa pada penggunaan alat peraga. Sehingga, pada implementasi alat peraga abang oleng sangat baik digunakan dalam mengajarkan materi pengukuran berat tidak baku di jenjang sekolah dasar ditinjau dari hasil belajar matematika siswa.

4. Penutup

Peneliti berhasil mencapai suatu kesimpulan yaitu: dari perhitungan dan analisa hasil belajar siswa diketahui pada implementasi alat peraga abang oleng sangat baik digunakan dalam mengajarkan materi pengukuran berat tidak baku di jenjang sekolah dasar ditinjau dari hasil belajar matematika siswa. Artinya, siswa akan lebih aktif dan dapat menerima pembelajaran yang bermakna dari alat abang oleng pada materi (pengukuran berat tidak baku). Penggunaan alat peraga abang oleng dapat membuat pembelajaran matematika di kelas tidak terlalu membosankan dan lebih beragam, karena dapat menjadi daya tarik siswa dan dapat meningkatkan hasil belajar matematika. Batasan pada penelitian ini yaitu implementasi Alat Peraga Abang Oleng untuk meningkatkan hasil belajar matematika materi pengukuran tidak baku di kelas I SD.

Saran yang dapat diberikan yaitu adanya penelitian lanjutan tentang alat peraga yang lain untuk mengajarkan materi pengukuran berat tidak baku di jenjang sekolah dasar. Peneliti dapat melakukan topik penelitian yang serupa, tetapi dengan bahan yang berbeda. Materi tersebut tidak hanya digunakan untuk materi pengukuran berat tidak baku, tetapi juga dapat digunakan untuk topik lainnya. Untuk memperoleh hasil yang dapat dipercaya, peneliti diharapkan menggunakan peralatan penelitian yang sesuai dengan situasi sekolah.

Referensi

- [1] S. Nursinah, I. Magdalena, and Sa'odah, "Implementasi Penggunaan Alat Peraga Karton Berpetak Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas III SDN Bojongrenged," *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 1–3, 2020.
- [2] I. Noervadila and S. Fatimah, "Pengaruh Penggunaan Alat Peraga Papan Persamaan Linier Satu Variabel (PLSV) Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Sistem Persamaan Linier Satu Variabel Di SMPN 2 Panji Tahun Pelajaran 2019/2020," *Jurnal ikatan alumni PGSD UNARS*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [3] M. Rismawati and R. Erni, "Peningkatan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas III Menggunakan Alat Peraga Dekak-Dekak," *J-PiMat*, vol. 3, no. 2, pp. 367–376, 2021.
- [4] S. P. Khalimatussakdiyah and M. P. Dhiya Ayu Tsamrotul Ihtiari, "Implementasi Alat Peraga Berbasis Metode Montessori Pada Pembelajaran Matematika Materi Perkalian Kelas II MI Guppi At-Taqwa Kaliwader," *STAINU PURWOREJO: Jurnal As Sibyan Jurnal Kajian Kritis Pendidikan Islam dan Manajemen Pendidikan Dasar*, vol. 4, no. 2, pp. 89–105, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.stainupwr.ac.id/>
- [5] M. Fauziah and A. Amaliyah, "Pengaruh Penggunaan Alat Peraga Dakota terhadap Hasil Belajar Siswa," *Journal of Primary Education*, vol. 1, no. 1, pp. 2–5, 2021.
- [6] T. Palupi, "Implementasi Penggunaan Alat Peraga Bola Kremes Sebagai Alternatif Meningkatkan Hasil Belajar Keterampilan Materi Guling Depan Dan Guling Belakang Senam Lantai Siswa Kelas VII E Semester Genap MTs Negeri 8 Kebumen Tahun Pelajaran 2019/2020," *Jurnal Cakrawala: Studi Manajemen Pendidikan Islam dan Studi Sosial*, vol. 4, no. 1, pp. 188–201, 2020.
- [7] A. Ipmawan and Kharisma, "Pengaruh Penggunaan Alat Peraga Gatotkaca Terbang Terhadap Hasil Belajar Matematika Pada Siswa Kelas III Sekolah Dasar," *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 3, no. 1, pp. 16–23, 2020.
- [8] Affiifi. Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, "pengukuran tidak baku," *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, pp. 9–30, 2014.
- [9] A. Arifuddin, S. Maufur, and F. Farida, "Pengaruh Penerapan Alat Peraga Puzzle dengan Menggunakan Metode Demonstrasi Terhadap Motivasi Belajar Siswa Pada Pembelajaran Matematika di SD/MI," *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, vol. 2, no. 1, p. 10, 2018, doi: 10.23887/jisd.v2i1.13721.

- [10] P. E. Juliana Jaya, "Implementasi Model Pembelajaran Menggunakan Alat Peraga Peta Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran IPS," *EKUITAS: Jurnal Pendidikan Ekonomi*, vol. 8, no. 1, pp. 62–70, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/EKU>
- [11] M. Zaki and Nofriani, "Penggunaan Alat Peraga Blok Geser Pemfaktoran (Bloker) Melalui Scientific Approach Dalam Implementasi Kurikulum 2013," *Journal of Basic Education Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 8–14, 2018.
- [12] N. K. Tri Yunita Dewi, I. M. Sugiarta, and N. N. Parwati, "Implementasi Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Pair Share (TPS) Berbantuan Alat Peraga untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Siswa," *Journal of Education Action Research*, vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [13] S. Priyogo, "Implementasi Peraga Saripati Pada Pembelajaran Matematika Sistem Akar Pangkat Tiga," *Jurnal Mitra Pendidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 86–105, 2020.
- [14] S. Hayun and N. Mahmud, "Implementasi Model Pembelajaran STAD untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Operasi Hitung Pecahan Pada Siswa Sekolah Dasar di Kabupaten Pulau Morotai," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 5, no. 4, pp. 71–87, 2019.
- [15] N. Litia, "Implementasi Media Pembelajaran Autograph Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Pembelajaran Matematika," *FORDETAK: Seminar Nasional Pendidikan*, pp. 73–82, 2022.



PENERAPAN TEORI BILANGAN DOMINASI JARAK DUA PADA PEMILIHAN LOKASI PANGKAL OJEK ONLINE

Reni Umilasari¹, Ilham Saifudin², Afkar Ayyasy³

Corresponding author : Reni Umilasari

¹Universitas Muhammadiyah Jember, reni.umilasari@unmuhjember.ac.id

²Universitas Muhammadiyah Jember, ilham.saifudin@unmuhjember.ac.id

³Universitas Muhammadiyah Jember, afkarayasy@gmail.com

Received : 9 Agustus 2022, Revised : 1 Oktober 2022, Accepted : 7 Oktober 2022

Abstract

Let G be a connected graph and S_2 is a dominating set of distance two of G . S_2 is defined as a subset of $V(G)$ such that the vertices of G which are not connected to S_2 have a maximum distance 2 towards S_2 . The minimum cardinality of S_2 is denoted by $\gamma_2(G)$ and called a dominating number. In this paper, we determined the dominating number of distance two of vertex and edge *shackle* product of the complete bipartite graph and the complete tripartite graph, they are *Shack* $(K_{m,n}, v, k)$ $m \geq 2, n \geq 3$, *Shack* $(K_{m,n}, e, k)$ $m \geq 2, n \geq 3$, *Shack* $(K_{m,n,r}, v, k)$ $m, n, r \geq 2$, and *Shack* $(K_{m,n,r}, e, k)$ $m, n, r \geq 2$. The implementation of this concept is used to determine the minimum number of ojek station in 3 sub-districts of Jember Regency. Summersari, Patrang and Kaliwates are represented into $(Sb - Graf)$, $(Pt - Graf)$ and $(Kl - Graf)$ graphs respectively with the rule that stalls, crossroads, and mosques are represented as vertices and the distance between these locations is described as edges. The final result of this study obtained a minimum number of ojek station, namely 8 posts (Summersari), 7 (Patrang), and 5 (Kaliwates) from 169 vertices spread across the three sub-districts. From those amount, it was implemented using the ARCGIS application based on GIS (Geographic Information System) of the three sub-districts.

Keywords: dominating number, dominating set, ojek, shackle, bipartite, tripartite

Abstrak

Misalkan G adalah graf terhubung dan S_2 merupakan himpunan dominasi jarak dua dari graf G . S_2 didefinisikan sebagai subset dari $V(G)$ yang sedemikian hingga titik-titik pada G yang tidak terhubung dengan S_2 memiliki jarak maksimal 2 terhadap S_2 . Kardinalitas minimum dari S_2 dinotasikan dengan $\gamma_2(G)$ dan disebut bilangan dominasi. Pada artikel ini, ditentukan bilangan dominasi jarak dua dari hasil operasi *shackle* titik dan sisi pada graf Bipartit lengkap dan graf Tripartit lengkap, yaitu *Shack* $(K_{m,n}, v, k)$ $m \geq 2, n \geq 3$, *Shack* $(K_{m,n}, e, k)$ $m \geq 2, n \geq 3$, *Shack* $(K_{m,n,r}, v, k)$ $m, n, r \geq 2$, dan *Shack* $(K_{m,n,r}, e, k)$ $m, n, r \geq 2$. Implementasi konsep ini digunakan untuk menentukan jumlah minimum pos pangkalan ojek di Kabupaten Jember. Summersari, Patrang dan Kaliwates masing-masing direpresentasikan ke dalam graf yaitu $(Sb - Graf)$, $(Pt - Graf)$ dan $(Kl - Graf)$ dengan ketentuan warung atau kedai, persimpangan jalan, dan masjid direpresentasikan sebagai titik dan jarak antar lokasi tersebut digambarkan sebagai sisi. Hasil akhir dari penelitian ini diperoleh jumlah minimum pos pangkalan ojek, yaitu 8 pos (Summersari), 7 (Patrang), dan 5 (Kaliwates) dari 169 titik yang tersebar di ketiga Kecamatan tersebut. Dari jumlah tersebut diimplementasikan menggunakan aplikasi ARCGIS yang berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) pada ketiga kecamatan tersebut.

Kata kunci: bilangan dominasi, himpunan dominasi, ojek, shackle, bipartit, tripartit

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini cukup pesat. Manusia dituntut untuk mengikuti dan menggunakan teknologi yang diciptakan dalam kehidupan sehari-hari. Sehingga dalam bidang pendidikan pun ilmu yang diberikan kepada peserta didik juga harus relevan dengan perkembangan zaman.

Salah satu cabang ilmu pengetahuan matematika yang dalam penerapannya juga berkaitan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, dalam bidang teori graf terdapat topik rute terpendek (*shortest path*) dan pewarnaan graf (*graph colouring*) digunakan untuk menentukan jadwal dan jalur penerbangan serta penjadwalan produksi pada suatu industri konveksi [1],[2]. Teori Graf secara khusus diartikan sebagai himpunan tidak kosong yang disebut titik dan himpunan boleh kosong yang disebut dengan sisi [3]. Dalam sejarah perkembangan ilmu matematika, topik dominasi mulai dikenal sejak tahun 1950 oleh Hedetniemi dan Laskar, selanjutnya Haynes dkk menjelaskan dalam tulisannya terdapat lebih dari 75 jenis dominasi dan topik-topik lanjutan dalam dominasi yang telah didefinisikan dan diobservasi oleh beberapa peneliti [4]. Contoh penerapan Bilangan Dominasi dari penelitian sebelumnya yaitu penempatan ATM di berbagai tempat supaya minimal tanpa mengurangi efesienya dan dapat dijangkau dengan mudah oleh masyarakat pada suatu wilayah [5]. Penerapan bilangan dominasi ini membuat penempatan ATM, CCTV, Pos polisi, dan mobil listrik akan lebih efisien dan meminimalisir jumlahnya. Penelitian sejenis terkait penerapan teori bilangan dominasi dapat dilihat pada penelitian [6], [7], [8], [9].

Topik dominasi dalam teori graf mengalami banyak perkembangan. Terdapat berbagai jenis dimoniasi yang menarik untuk diteliti, diantaranya dominasi terhubung (*connected domination*) [10], dominasi total (*total domination*) [11], *power domination* [12], dan lain sebagainya yang dapat dilihat pada [13]. Sejalan dengan topik dominasi, dalam

artikel ini diteliti bilangan dominasi jarak dua pada graf bipartit lengkap (*Complete Bipartite Graph*) dan graf tripartit lengkap (*Complete Tripartite Graph*) yang dioperasikan secara *shackle* titik dan *shackle* sisi. Graf hasil operasi *shackle* adalah graf yang terbentuk dari t salinan graf G dan dinotasikan dengan $Shack(G_1, G_2, \dots, G_k)$ dengan $k \geq 2$ dan k adalah bilangan bulat. Operasi ini didefinisikan pada tahun 2010 oleh Maryati, dkk dengan pemberian nama *shackle* karena terinspirasi oleh graf yang terbentuk seperti rangkaian rantai [14]. Himpunan dominasi jarak dua dinotasikan dengan S_2 yaitu subset dari $V(G)$ sedemikian titik pada G bukan elemen S_2 terhubung dan memiliki jarak maksimal 2 terhadap S_2 . Bilangan dominasi jarak dua dari suatu graf dinotasikan dengan $\gamma_2(G)$ yaitu kardinalitas minimum dari himpunan dominasi jarak dua [15]. Selain itu, poin penting yang dibahas dalam artikel ini berupa studi kasus untuk menentukan pos pangkalan ojek online menggunakan teori bilangan dominasi jarak dua. Data ojek online yang dipakai yaitu dari perusahaan Gojek sedangkan wilayah yang diteliti meliputi Kecamatan Sumpalsari, Kaliwates, dan Patrang di Kabupaten Jember.

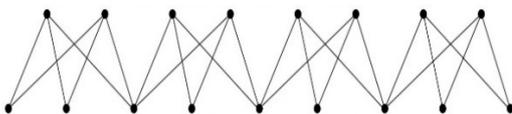
Masalah yang sering muncul pada setiap driver ojek adalah pesanan yang tidak menentu setiap harinya bahkan jumlah penumpang terkadang di bawah batas minimum yang diharapkan. Selain itu pemilihan lokasi mangkal terkadang kurang tepat sehingga sering menerima pesanan dengan jarak yang cukup jauh bahkan harus memutar balik menghampiri penumpang yang berbeda jalur. Maka dari itu peneliti mengambil judul Penerapan Teori Bilangan Dominasi Jarak Dua Pada Pemilihan Lokasi Pangkal Ojek Online, sehingga dalam artikel ini ditentukan titik yang berdekatan dengan area Perumahan, Lembaga Pendidikan, Pasar serta Swalayan, kemudian ditemukan titik pendominasi yang dipilih sebagai pos pangkalan ojek dengan jumlah yang minimal, akan tetapi efektif untuk dijadikan sebagai lokasi dalam menunggu pesanan pelanggan. Selanjutnya, titik pendominasi diimplementasikan menggunakan aplikasi ARCGIS yang memuat koordinat titik pendominasi dari

pos pangkalan ojek di ketiga Kecamatan tersebut.

2. Metode

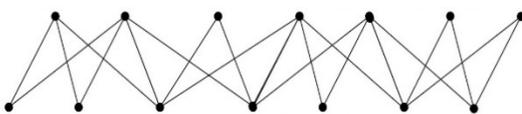
Penelitian ini menerapkan metode pendeteksian pola serta deduktif aksiomatik yang secara umum menghasilkan teorema dan dibuktikan secara matematis. Graf yang digunakan dalam penelitian ini merupakan graf hasil operasi *shackle*. Objek penelitian dalam artikel ini merupakan graf tunggal yang masing-masing dikenakan operasi *shackle* titik (*vertex shackle product*) dan operasi *shackle* sisi (*edge shackle product*). Operasi *shackle* titik dilambangkan $Shack(G, v, t)$ merupakan graf yang dibentuk dari t -copy graf G dengan dipilih sebarang titik v sebagai titik penghubung antar graf G . Sedangkan operasi *shackle* sisi dilambangkan $Shack(G, v, t)$ merupakan graf yang dibentuk dari t -copy graf G dengan dipilih sebarang sisi e sebagai sisi penghubung antar graf G . Berikut diberikan contoh-contoh graf dengan operasi *shackle* titik dan sisi yang diteliti dalam artikel ini.

- a. $Shack(K_{m,n}, v, k)$ merupakan graf operasi *shackle* titik pada graf bipartit lengkap $(K_{m,n})$ dengan titik (v) sebagai titik penghubung (*linkage vertex*) sebanyak k -salinan graf bipartite lengkap. Berikut contoh gambar graf operasi *shackle* titik pada graf bipartit lengkap $(K_{2,3}, v, 4)$.



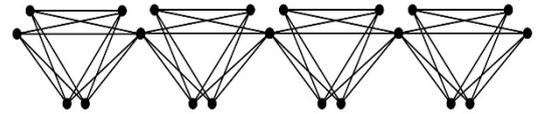
Gambar 1. Graf Shack Bipartit Lengkap $Shack(K_{2,3}, v, 4)$

- b. $Shack(K_{m,n}, e, k)$ merupakan graf operasi *shackle* sisi pada graf bipartit lengkap $(K_{m,n})$ dengan sisi (e) sebagai sisi penghubung (*linkage edge*) sebanyak k -copy graf bipartite lengkap. Berikut contoh gambar graf operasi *shackle* sisi pada graf bipartit lengkap $(K_{2,3}, e, 4)$.



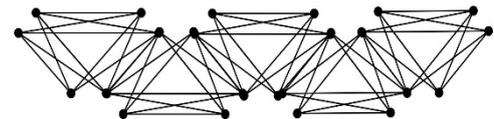
Gambar 2. Graf Shack Bipartit Lengkap $Shack(K_{2,3}, e, 4)$

- c. $Shack(K_{m,n,r}, v, k)$ merupakan graf operasi *shackle* titik pada graf tripartit lengkap $(K_{m,n,r})$ dengan titik (v) sebagai penghubung (*linkage vertex*) sebanyak k -salinan graf tipartit lengkap. Berikut contoh gambar graf operasi *shackle* titik pada graf tripartit lengkap $(K_{2,2,2}, v, 4)$.



Gambar 3. Graf Tripartit lengkap $Shack(K_{2,2,2}, v, 4)$

- d. $Shack(K_{m,n,r}, e, k)$ merupakan hasil dari graf operasi *shackle* pada graf kubus $(K_{m,n,r})$ dengan subgraf pada sisi (e) sebagai penghubung sebanyak k -salinan. Berikut contoh gambar graf operasi *shackle* sisi pada graf tripartit lengkap.



Gambar 3. Graf Tripartit Lengkap $Shack(K_{2,2,2}, e, 4)$

- e. Peta Kecamatan Summersari, Kaliwates, dan Patrang di Kabupaten Jember akan direpresentasikan sebagai graf dengan memetakan kedai atau warung, persimpangan jalan, dan masjid sebagai titik, dan jalan antara pos satu dan lainnya direpresentasikan sebagai sisi. Aplikasi bilangan dominasi jarak dua penentuan suatu titik sebagai posisi pos pangkalan ojek yang dapat mendominasi titik-titik di sekitarnya dengan jarak maksimal dua dan jumlah pos pangkalan ojek yang digunakan seminimal mungkin yang ditempatkan di tempat yang strategis untuk tempat mangkal bagi driver ojek.
- f. Setelah ditemukan titik pdominasinya selanjutnya akan diimplementasikan menggunakan aplikasi ARCGIS yang berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) yang mana aplikasi ini memuat deskripsi atau atribut seperti nama warung atau kedai, masjid serta koordinat.

3. Pembahasan

Berdasarkan uraian pada metode penelitian, sebelum membahas penerapan teori bilangan dominasi pada pemilihan pos pangkalan ojek, berikut dijelaskan bilangan dominasi jarak dua pada graf tipartit lengkap dan graf bipartit lengkap serta pembuktian masing-masing teorema secara matematis.

3.1 Graf Bipartit Lengkap

Teorema yang pertama menampilkan bilangan dominasi jarak dua pada graf bipartit yang dikenakan operasi *shackle* titik sebanyak k -copy.

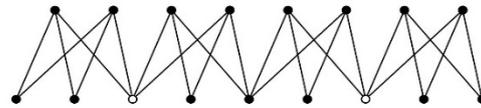
Teorema 1. *Jika $K_{m,n}$ adalah graf bipartit lengkap dengan order $m + n$, maka bilangan dominasi jarak dua pada graf hasil operasi Shackle titik sebanyak k salinan adalah*

$$\gamma_2 \text{ Shack}(K_{m,n}, v, k) = \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor, \quad m \geq 2, n \geq 3$$

Bukti. Graf $(K_{m,n})$ merupakan graf Bipartit lengkap dengan $m + n$ titik dan $\text{diam}(K_{m,n}) = 2$. $\text{Shack}(K_{m,n}, v_i, k)$ adalah graf operasi *shackle* titik dari graf bipartit lengkap $(K_{m,n})$ sebanyak k -copy dan v sebagai penyambung titik (*linkage vertex*). Sehingga untuk setiap dua copy graf $(K_{m,n})$ yang dikenakan operasi *shackle* titik diameternya adalah empat. Dengan demikian, $\gamma_2(K_{m,n}, v, 2) \leq 2$. Akan tetapi jika titik pendominasi elemen *linkage vertex* maka $\gamma_2(K_{m,n}, v, 2) \leq 1$. Sehingga S_2 akan minimal jika S_2 elemen *Linkage vertex*. Maka untuk setiap empat salinan graf $(K_{m,n})$ dibutuhkan 2 titik pendominasi, sehingga untuk k salinan $\text{Shack}(K_{m,n}, v_i, k)$ dibutuhkan $\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$ titik pendominasi atau $\gamma_2(K_{m,n}, v, k) \leq \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$.
Andai $\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$ bukan titik yang mendominasi dengan kardinalitas minimal, asumsikan $\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor - 1$ sebagai titik yang mendominasi dengan kardinalitas minimal maka banyaknya titik yang terdominasi adalah

$$2k \left(\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor - 1 \right) \leq 2k \left(\frac{k + 2k - 1}{2k} - 1 \right) = k - 1$$

Karena kardinalitas maksimum titik yang dapat didominasi hanya sejumlah $k - 1$ copy maka ada maksimal 1 salinan graf yang belum terdominasi. Oleh karena itu $\gamma_2(K_{m,n}, v, k) \geq \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor - 1$ karena $\gamma_2(K_{m,n}, v, k) \leq \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$ dan $\gamma_2(K_{m,n}, v, k) \geq \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$ maka terbukti $\gamma_2(K_{m,n}, v, k) = \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor$ □



Gambar 5. Graf Bipartit Lengkap dengan $\gamma_2(\text{Shack}(K_{2,3}, v_i, 4)) = 2$

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa dari 4 salinan graf bipartit lengkap yang dioperasikan *shackle* titik diperoleh 2 titik sebagai pendominasi jarak dua, yaitu titik-titik yang berwarna putih.

Selanjutnya untuk Teorema 2 berikut ini disajikan bilangan dominasi jarak dua pada graf bipartit lengkap yang dioperasikan *shackle* sisi sebanyak k salinan.

Teorema 2. *Jika $K_{m,n}$ adalah graf bipartit lengkap dengan order $m + n$, maka bilangan dominasi jarak dua pada graf hasil operasi Shackle sisi sebanyak k salinan adalah*

$$\gamma_2 \text{ Shack}(K_{m,n}, e, k) \left\lfloor \frac{k}{3} \right\rfloor + 1, \quad m \geq 2, n \geq 3$$

Bukti. Graf $(K_{m,n})$ merupakan graf Bipartit lengkap dengan $m + n$ titik dan $\text{diam}(K_{m,n}) = 2$, maka untuk setiap dua copy graf $(K_{m,n})$ yang dikenakan operasi *Shackle* sisi memiliki diameter yaitu empat. Dengan demikian, $\gamma_2(K_{m,n}, e, k) \leq 2$. Akan tetapi jika titik pendominasi elemen yang terhubung dengan *linkage edge* $\gamma_2(K_{m,n}, e, k) \leq 1$. Maka dari itu untuk setiap empat salinan graf $(K_{m,n})$ dibutuhkan 2 titik yang dapat mendominasi, maka untuk k copy graf $K_{m,n}$ atau Shack

$(K_{m,n}, e_i, k)$ dibutuhkan $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor + 1$ titik pendominasi.

Berdasarkan hasil observasi bilangan dominasi untuk masing-masing salinan graf bipartit *shackle* sisi yaitu sebagai berikut

$$k = 2 \rightarrow \gamma_2 = 1$$

$$k = 3 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$k = 4 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$k = 5 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$k = 6 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

$$k = 7 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

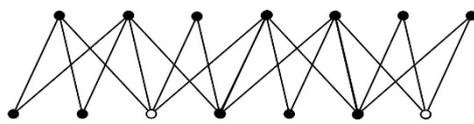
$$k = 8 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

Sehingga dari observasi di atas didapatkan nilai batas atas bilangan dominasi jarak dua pada graf bipartit yang dikenakan operasi *shackle* sisi yaitu $\gamma_2(K_{m,n}, e, k) \leq \lfloor \frac{k}{3} \rfloor + 1$.

Berikut akan ditunjukkan bahwa $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor + 1$ adalah titik pendominasi yang minimal. Misal $\gamma_2(K_{m,n}, e, k) = \lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ sehingga banyaknya titik yang dapat didominasi adalah.

$$3k \left(\left\lfloor \frac{k}{3} \right\rfloor \right) \leq 3k \left(\frac{k + 3k - 1}{3k} \right) = k$$

Dengan demikian $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ bukanlah titik pendominasi yang minimal karena $\gamma_2(K_{m,n}, e, k) \neq \lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ ($\gamma_2(K_{m,n}, e, k) \geq \lfloor \frac{k}{3} \rfloor + 1$ titik-titik pada graf yang terdominasi lebih dari sama dengan k). Maka $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor + 1$ adalah jumlah titik pendominasi yang minimal. \square



Gambar 6. Graf Bipartit Lengkap dengan $\gamma_2(Shack(K_{2,3}, e_i, 4)) = 2$

Gambar 6 menyajikan hasil untuk graf bipartit lengkap $K_{2,3}$ yang dioperasikan *shackle* sisi sebanyak 4 salinan memiliki titik pendominasi jarak dua yaitu 2 (titik yang berwarna putih).

3.2 Graf Tripartit Lengkap

Seperti halnya pada bagian 3.1, graf tripartit yang dibahas pada bagian ini juga dibagi menjadi 2 teorema. Karena graf yang dioperasikan secara *shackle* titik dan *shackle* sisi tentu menghasilkan dua graf yang berbeda sehingga masing-masing graf hasil operasi *shackle* titik dan *shackle* sisi dikaji bilangan dominasi jarak duanya.

Teorema 3. Jika $K_{m,n,r}$ adalah graf tripartit lengkap dengan order $m + n + r$, maka bilangan dominasi jarak dua pada graf hasil operasi *Shackle* titik sebanyak k salinan adalah

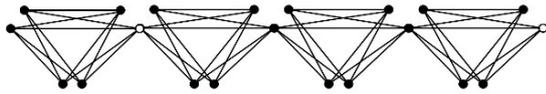
$$\gamma_2 Shack(K_{m,n,r}, v, k) = \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor, m, n, r \geq 2$$

Bukti. merupakan graf Tripartit lengkap dengan $m + n + r$ titik dan $diam(K_{m,n,r}) = 2$. Dengan demikian, untuk setiap dua *copy* graf $(K_{m,n})$ yang dioperasikan *Shackle* titik memiliki diameter yaitu tiga. Maka, $\gamma_2(K_{m,n,r}, v, k) \leq 2$. Akan tetapi jika titik pendominasi elemen *lingkage vertex* maka $\gamma_2(K_{m,n,r}, v, k) \leq 1$. Sehingga S_2 akan minimal jika S_2 elemen *Lingkage vertex*. Maka dari itu untuk setiap empat *copy* graf $K_{m,n,r}$ memerlukan 2 titik yang dapat mendominasi, sehingga untuk k *copy* graf $K_{m,n,r}$ atau *Shack* $(K_{m,n,r}, v_i, k)$ memerlukan $\lfloor \frac{k}{2} \rfloor$ titik sebagai elemen himpunan dominasi, dengan kata lain $\gamma_2(K_{m,n,r}, v, k) \leq \lfloor \frac{k}{2} \rfloor$. \square

Berikutnya akan dibuktikan bahwa $\lfloor \frac{k}{2} \rfloor$ adalah himpunan dominasi dengan kardinalitas minimal yang dapat mendominasi titik-titik pada *Shack* $((K_{m,n,r}, v_i, k)$ dengan $diam(K_{m,n,r}) = 1$. Andaikan $\gamma_2(Shack((K_{m,n,r}, v_i, k) \lfloor \frac{k}{2} \rfloor - 1)$, maka kardinalitas maksimal dari graf tersebut yang dapat didominasi sampai jarak dua yaitu

$$2k \left(\left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor - 1 \right) \leq 2k \left(\frac{k + 2k - 1}{2k} - 1 \right) = k - 1$$

Dengan demikian kardinalitas maksimal dari *copy*-an graf $K_{m,n,r}$ yang dapat didominasi adalah $k-1$ salinan. Maka dari itu, terdapat maksimal 1 salinan graf yang belum terdominasi, sehingga $\gamma_2(\text{Shack}((K_{m,n,r}, v_i, k))) \neq \lfloor \frac{k}{2} \rfloor - 1$ dan $\lfloor \frac{k}{2} \rfloor$ adalah jumlah titik pendominasi minimal yang mendominasi seluruh titik $\text{Shack}(K_{m,n,r}, v_i, k)$ $\gamma_2 \geq \lfloor \frac{k}{2} \rfloor$ Terbukti bahwa $\gamma_2(\text{Shack}(K_{m,n,r}, v_i, k)) = \lfloor \frac{k}{2} \rfloor$. \square



Gambar 7. Graf Tripartit Lengkap dengan $\gamma_2(\text{Shack}(K_{2,2,2}, v_i, 4)) = 2$

Gambar 7 menampilkan hasil untuk graf tripartit lengkap $K_{2,2,2}$ yang dioperasikan *shackle* titik sebanyak 4 salinan memiliki titik pendominasi jarak dua yaitu 2 (titik yang berwarna putih). Berikutnya diteliti pula bilangan dominasi jarak dua pada graf tripartit lengkap yang dioperasikan *shackle* sisi seperti yang disajikan pada Teorema 4 berikut ini.

Teorema 4. Jika $K_{m,n,r}$ adalah graf bipartit lengkap dengan order $m+n$, maka bilangan dominasi jarak dua pada graf hasil operasi *Shackle* sisi sebanyak k salinan adalah

$$\gamma_2 \text{ Shack}(K_{m,n,r}, e, k) = \lfloor \frac{k}{3} \rfloor, m, n, r \geq 2$$

Bukti. Masing-masing dua *copy* graf $(K_{m,n,r})$ yang dikenakan operasi *Shackle* sisi memiliki diameter yaitu dua.

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 1)) = 2 \rightarrow \gamma_2 = 1$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 2)) = 3 \rightarrow \gamma_2 = 1$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 3)) = 4 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 4)) = 5 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 5)) = 6 \rightarrow \gamma_2 = 2$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 6)) = 7 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 7)) = 8 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

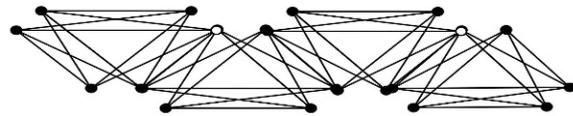
$$\text{diam}(\text{shackle}(K_{m,n,r}, e, 8)) = 9 \rightarrow \gamma_2 = 3$$

Sehingga, untuk setiap empat salinan graf $K_{m,n,r}$ dibutuhkan 2 titik pendominasi $\gamma_2 \leq \lfloor \frac{k}{3} \rfloor$, oleh karena itu untuk k salinan graf $(K_{m,n,r})$ *Shack* $(K_{m,n,r}, e_i, k)$ dibutuhkan $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ titik pendominasi.

Misalnya $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ bukan jumlah titik pendominasi yang minimal. Asumsikan $\gamma_2(\text{Shack}((K_{m,n,r}, e_i, k)) \lfloor \frac{k}{3} \rfloor - 1$ sebagai titik yang mendominasi dengan kardinalitas minimal. Maka kardinalitas titik yang terdominasi adalah

$$3k \left(\left\lfloor \frac{k}{3} \right\rfloor - 1 \right) \leq 3k \left(\frac{k + 3k - 1}{3k} - 1 \right) = k - 1$$

Karena banyaknya titik yang terdominasi hanya $k-1$ *copy*, maka dapat disimpulkan bahwa ada maksimal 1 *copy* graf yang belum terdominasi. Sehingga $\gamma_2(\text{Shack}(K_{m,n,r}, e_i, k)) \neq \lfloor \frac{k}{3} \rfloor - 1$. Maka dari itu, $\lfloor \frac{k}{3} \rfloor$ adalah titik pendominasi yang minimal. \square



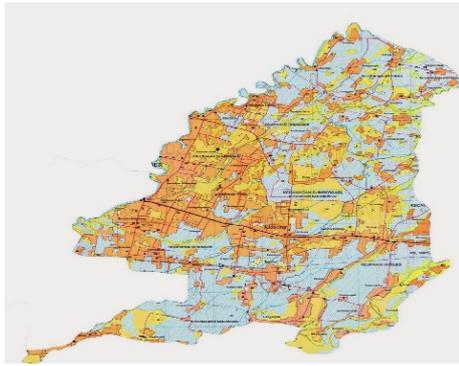
Gambar 8. Graf Tripartit Lengkap dengan $\gamma_2(\text{Shack}(K_{2,2,2}, e_i, 4)) = 2$

Graf tripartit lengkap $K_{2,2,2}$ dengan operasi *shackle* sisi sebanyak 4 salinan memiliki bilangan dominasi jarak dua yaitu 2 seperti yang ditampilkan pada Gambar 8, yaitu titik-titik yang berwarna putih adalah titik pendominasi jarak dua.

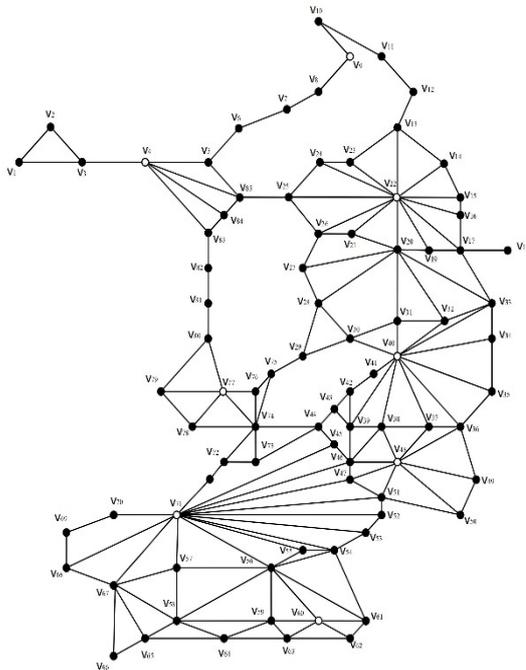
3.3 Studi Kasus Bilangan Dominasi Jarak Dua pada Pemilihan Lokasi Pangkal Ojek Online

Pada bagian ini dibahas mengenai bilangan dominasi jarak dua pada graf peta Kecamatan Sumpersari, Patrang, dan Kaliwates yang terletak di Kabupaten Jember. Peta ketiga Kecamatan dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 11 dan Gambar 13. Sedangkan masing representasi peta ke dalam bentuk graf dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 12 dan Gambar 14.

diperoleh berdasarkan teori seperti yang digunakan untuk mengamati bilangan dominasi jarak dua pada graf-graf yang diteliti pada poin 3.1 dan 3.2.



Gambar 9. Peta Kecamatan Summersari



Gambar 10. *Sb*-graf

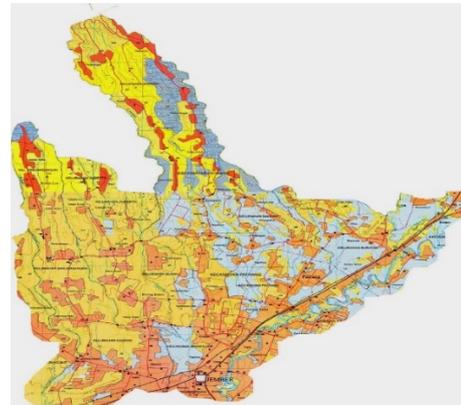
Penentuan titik dan sisi pada graf peta ketiga kecamatan tersebut berdasarkan aturan berikut ini.

- Titik merupakan kedai (warung), masjid, pasar dan persimpangan jalan.
- Sisi merupakan jalan yang menghubungkan antar lokasi yang terpilih sebagai titik.

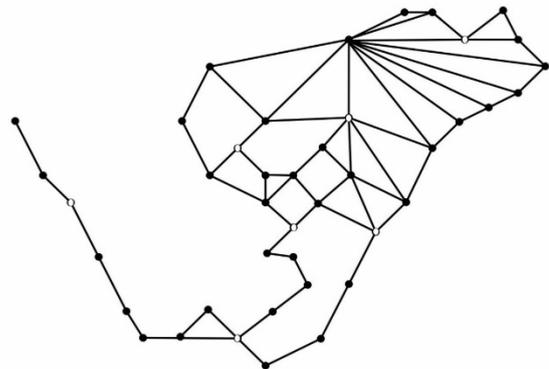
Untuk mempermudah penyebutan wilayah masing-masing kecamatan, maka diberikan nama-nama graf berikut:

- *Sb - Graf*: graf kecamatan Summersari
- *Pt - Graf*: graf kecamatan Patran
- *Kl - Graf*: graf kecamatan Kaliwates.

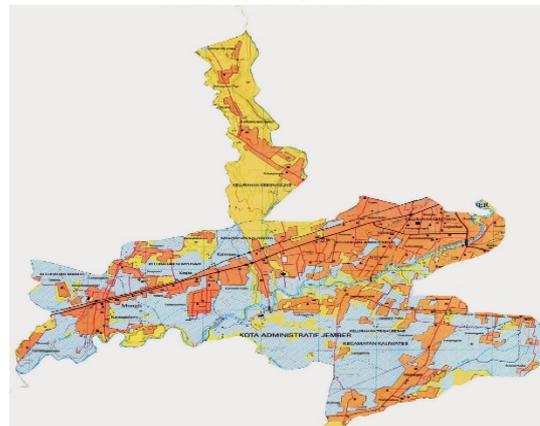
Selanjutnya dari masing-masing graf yang terbentuk diteliti jumlah himpunan dominasi jarak dua yang minimal yang ditunjuk sebagai lokasi pos pangkal ojek yang strategis. Bilangan dominasi jarak dua



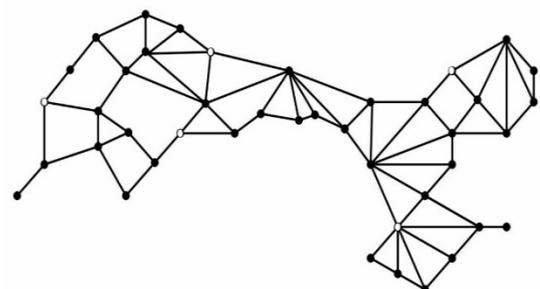
Gambar 11. Peta Kecamatan Patrang



Gambar 12. *Pt*-Graf



Gambar 13. Peta Kecamatan Kaliwates



Gambar 14. *Kl*-Graf

Berdasarkan analisis terhadap masing-masing graf diperoleh bilangan dominasi jarak dua untuk masing-masing graf adalah:

$$\gamma_2(Sb - Graf) = 8$$

$$\gamma_2(Pt - Graf) = 7$$

$$\gamma_2(Kl - Graf) = 3$$

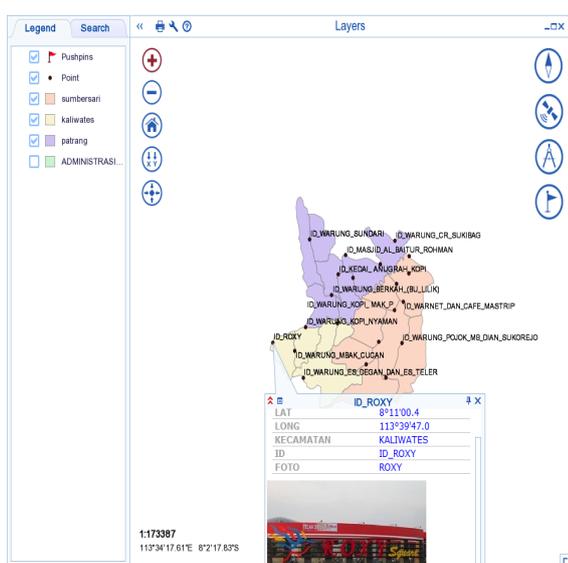
Sehingga total keseluruhan untuk 3 graf peta kecamatan adalah memiliki 20 bilangan dominasi jarak dua. Dengan kata lain pada ketiga kecamatan tersebut sebanyak 20 lokasi direkomendasikan sebagai pos pangkalan ojek yang strategis.

Pengamatan pada titik-titik yang dapat mendominasi titik lainnya yang terhubung dengan jarak maksimal dua. Titik-titik pendominasi merupakan titik yang berwarna putih yang dijadikan lokasi pos pangkal ojek online seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 12, dan Gambar 14.

Menurut [16] bahwa untuk menentukan batas bawah dan batas atas bilangan dominasi adalah dengan melihat batas berikut ini

$$\left\lfloor \frac{p}{1 + \Delta(G)} \right\rfloor \leq \gamma(G) \leq p - \Delta(G)$$

Pada graf Kecamatan Summersari, Patrang, dan Kaliwates terdapat 169 titik dengan derajat maksimal $\Delta(Sb - Graf, Pt - Graf, Kl - Graf)$ adalah 12. Oleh karena itu, bilangan dominasi jarak dua sesuai dengan batas tersebut yaitu $21 \leq \gamma_2(Sb - Graf, Pt - Graf, Kl - Graf) \leq 157$.



Gambar 15. Peta Kecamatan Summersari, Kaliwates, dan Patrang dengan titik pendominasi pada aplikasi ARCGIS

Implementasi hasil penelitian bilangan dominasi selanjutnya menggunakan aplikasi ARCGIS yang memuat sebuah peta, koordinat beserta nama pos pangkalan ojek yang terdapat di Kecamatan Summersari, Patrang, dan Kaliwates yang menjadi titik pendominasi, seperti pada Gambar 15.

4. Penutup

Berdasarkan pembahasan pada bagian sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

Bilangan dominasi jarak dua graf hasil operasi *shackle* titik dan *shackle* sisi pada graf bipartit lengkap adalah

$$\gamma_2(Shack(K_{m,n}, v, k)) = \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor, m \geq 2, n \geq 3$$

$$\gamma_2(Shack(K_{m,n}, e, k)) = \left\lfloor \frac{k}{3} \right\rfloor + 1, m \geq 2, n \geq 3$$

Bilangan dominasi jarak dua graf hasil operasi *shackle* titik dan *shackle* sisi pada graf tripartit lengkap adalah

$$\gamma_2(Shack(K_{m,n,r}, v, k)) = \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor, m, n, r \geq 2$$

$$\gamma_2(Shack(K_{m,n,r}, e, k)) = \left\lfloor \frac{k}{3} \right\rfloor, m, n, r \geq 2$$

Pada tiga kecamatan di kabupaten Jember diperoleh sebanyak 20 lokasi direkomendasikan sebagai pos pangkalan ojek yang strategis dengan rincian masing-masing bilangan dominasi jarak dua pada ketiga kecamatan tersebut yang telah direpresentasikan dalam graf adalah

$$\gamma_2(Sb - Graf) = 8, \gamma_2(Pt - Graf) = 7$$

$$\text{dan } \gamma_2(Kl - Graf) = 3.$$

Referensi

- [1] H. Ghassani and S. Teknik, "Aplikasi Graf pada Penentuan Jadwal dan Jalur Penerbangan," no. c, 2016.
- [2] A. Juniar, "Penerapan Algoritma Greedy pada Penjadwalan Produksi Single-Stage dengan Parallel Machine di Industri Konveksi," vol. 16, no. 2, pp. 175–184, 2015.
- [3] R. P. Adirasari, H. Suprajitno, and L. Susilowati, "The dominant metric dimension of corona product graphs," *Baghdad Sci. J.*, vol. 18, no. 2, pp. 349–356, 2021, doi: 10.21123/BSJ.2021.18.2.0349.
- [4] T. W. Haynes, S. Hedetniemi, and P. J.

- Slater, "Fundamentals of Domination in Graphs A Series of Monographs and Textbooks on Pure and Applied Mathematics." 1998.
- [5] I. Saifudin and R. Umilasari, "Penempatan Anjungan Tunai Mandiri (ATM) pada Kecamatan Summersari Kabupaten Jember Menggunakan Teori Bilangan Dominasi," *Justindo*, pp. 112–120, 2017.
- [6] R. Umilasari, I. Saifudin, and R. F. Azhar, "Optimasi Penempatan Petugas Keamanan Di Taman Safari Prigen Pasuruan Menggunakan Teori Himpunan Dominasi," *JUSTINDO (Jurnal Sist. dan Teknol. Inf. Indones.)*, vol. 4, no. 2, p. 36, 2019, doi: 10.32528/justindo.v4i2.2613.
- [7] R. Umilasari and I. Saifudin, "Determination of bulog regional sub-division in east java using connected domination number theory," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2157, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2157/1/012009.
- [8] T. B. Dominasi, "1 penempatan server center pada kabupaten jember menggunakan teori bilangan dominasi 1)," no. 1510651084, pp. 1–8.
- [9] S. Bahadir, "An algorithm to check the equality of total domination number and double of domination number in graphs," *Turkish J. Math.*, vol. 44, no. 5, 2020, doi: 10.3906/mat-2001-58.
- [10] W. Duckworth and B. Mans, "Connected domination of regular graphs \$," *Discrete Math.*, vol. 309, no. 8, pp. 2305–2322, 2009, doi: 10.1016/j.disc.2008.05.029.
- [11] B. Bresar *et al.*, "On Grundy Total Domination Number in Product Graphs," *Discuss. Math. - Graph Theory*, vol. 41, no. 1, 2021, doi: 10.7151/dmgt.2184.
- [12] K. M. Koh and K. W. Soh, "On the power domination number of the Cartesian product of graphs," *AKCE Int. J. Graphs Comb.*, vol. 16, no. 3, pp. 253–257, 2019, doi: 10.1016/j.akcej.2019.02.004.
- [13] L. Kang, "Variations of Dominating Set Problem," in *Handbook of Combinatorial Optimization*, P. M. Pardalos, D.-Z. Du, and R. L. Graham, Eds. New York, NY: Springer New York, 2013, pp. 3363–3394.
- [14] T. K. Maryati, A. N. M. Salman, E. T. Baskoro, and J. Ryan, "On H-supermagic labelings for certain shackles and amalgamations of a connected graph On H -supermagic labelings for certain shackles and amalgamations of a connected graph," no. November, 2010.
- [15] R. Umilasari and D. Darmaji, "Dominating number of distance two of corona products of graphs," *Indones. J. Comb.*, vol. 1, no. 1, p. 41, 2016, doi: 10.19184/ijc.2016.1.1.5.
- [16] 2014 Ika Hesti Agustin, "Abstrak Dan Executive Summary Penelitian Dosen Pemula Penerapan Teori Dominating Set Dalam Instalasi Client Hub Untuk Jaringan," 2014.



MULTIVARIATE ADAPTIVE GENERALIZED POISSON REGRESSION SPLINES UNTUK PENGEMBANGAN MODEL PREDIKSI PRODUKSI PADI DI KABUPATEN BOJONEGORO

Alif Yuanita Kartini¹, Muhammad Ishlahuddin²

Corresponding author : Alif Yuanita Kartini¹

¹Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, alifyuanita@unugiri.ac.id

²Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, muhammadishlahuddin00@gmail.com

Received : 31 Agustus 2022, Revised : 1 Oktober 2022, Accepted : 7 Oktober 2022

Abstract

Rice production in Bojonegoro district continues to decline due to flooding and pest attacks. Therefore, a study is needed to obtain variables that have a significant effect on rice production in Bojonegoro district and predict rice production for the future using the Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines (MAGPRS) method. In this study using the MAGPRS method because it is not clear the form of the relationship between the response variables to the predictor variables, and the response variable used is the number variable that is thought to have a Poisson distribution. The data used in the form of data in each sub-district in Bojonegoro district in 2021, namely the amount of rice production (Y), land area (X_1), number of farmer groups (X_2), amount of use of NPK fertilizer (X_3), amount of use of petroganic fertilizer (X_4), the amount of use of P-36 fertilizer (X_5), the amount of use of urea fertilizer (X_6), the amount of use of ZA fertilizer (X_7), and pest attack (X_8). The results of the analysis show that the best MAGPRS model is a model with a BF value of 16, an MI of 3 and an MO of 2 with a GCV of 0.33677 and R^2 of 0.980. Variable area of land contributed 100%, followed by variable amount of use of petroganic fertilizer, amount of use of NPK fertilizer, number of farmer groups, amount of use of urea fertilizer, number of pest attacks and amount of ZA fertilizer use. The MAGPRS model has an accuracy rate of 92.10% for predicting the amount of rice production in Bojonegoro district.

Keywords: Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines, rice production, prediction model

Abstrak

Produksi padi di kabupaten Bojonegoro terus mengalami penurunan yang disebabkan oleh banjir dan serangan hama. Sehingga diperlukan suatu penelitian untuk mendapatkan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap produksi padi di kabupaten Bojonegoro serta prediksi produksi padi untuk beberapa waktu mendatang menggunakan metode *Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines* (MAGPRS). Dalam penelitian ini menggunakan metode MAGPRS karena tidak jelasnya bentuk hubungan antara variabel respon terhadap variabel prediktor, serta variabel respon yang digunakan merupakan variabel jumlah yang diduga berdistribusi *poisson*. Data yang digunakan berupa data di setiap kecamatan di kabupaten Bojonegoro pada tahun 2021 yaitu jumlah produksi padi (Y), luas lahan (X_1), jumlah kelompok tani (X_2), jumlah penggunaan pupuk NPK (X_3), jumlah penggunaan pupuk petroganik (X_4), jumlah penggunaan pupuk P-36 (X_5), jumlah penggunaan pupuk urea (X_6), jumlah penggunaan pupuk ZA (X_7), dan serangan OPT (X_8). Hasil analisis menunjukkan bahwa model MAGPRS terbaik adalah model dengan nilai BF sebesar 16, MI sebesar 3 dan MO sebesar 2 dengan GCV bernilai 0,33677 dan R^2 bernilai 0,980. Variabel luas lahan memberikan kontribusi sebesar 100 %, diikuti dengan variabel jumlah penggunaan pupuk petroganik, jumlah penggunaan pupuk NPK, jumlah kelompok tani, jumlah penggunaan pupuk urea, jumlah serangan OPT dan jumlah penggunaan pupuk ZA. Model MAGPRS mempunyai tingkat akurasi sebesar 92,10 % untuk prediksi jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro.

Kata kunci: Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines, produksi padi, model prediksi

1. Pendahuluan

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu lumbung pangan nasional, dimana sebagian besar masyarakatnya hidup dan bergantung dari hasil pertanian. Sektor pertanian berperan sebagai penopang kegiatan ekonomi dan sumber pangan masyarakat setiap harinya. Oleh karena itu pemerintah kabupaten Bojonegoro berupaya untuk terus meningkatkan produksi pertanian khususnya padi, diantaranya dengan memberikan padi bibit unggul kepada para petani, membangun irigasi dan sumur bor untuk pengairan, serta membentuk Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SLPTT) untuk memberikan berbagai penyuluhan dan pelatihan kepada para petani. Akan tetapi produksi padi di kabupaten Bojonegoro terus mengalami penurunan, dimana produksi padi pada tahun 2021 sebanyak 690.084 ton turun menjadi 728.915 ton pada tahun 2020. Penurunan produksi padi ini disebabkan oleh banjir dan serangan hama atau Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) [1]. Hal tersebut cukup mendapatkan perhatian yang serius dari pemerintah kabupaten Bojonegoro karena akan mempengaruhi stabilitas ekonomi dan ketahanan pangan. Sehingga diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui faktor apa saja yang memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah produksi padi terutama di kabupaten Bojonegoro.

Banyak faktor yang memiliki pengaruh terhadap produksi padi diantaranya adalah luas lahan, benih, pupuk bersubsidi, dan tenaga kerja [2], [3], [4]. Selain itu produksi padi juga dipengaruhi oleh luas panen, tekstur tanah, curah hujan, ketinggian tempat, hari hujan dan jenis pengairan [5], [6].

Pada penelitian-penelitian terdahulu, analisis hanya dilakukan sebatas untuk mengetahui faktor yang memiliki pengaruh terhadap produksi padi dengan menggunakan metode regresi linear dan *generalized poisson regression* [7], [5], [8], [9]. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) yang merupakan metode regresi non parametrik dengan pendekatan multivariate [10]. MARS digunakan untuk mengatasi masalah data

dimensi tinggi, antar variabel mempunyai banyak interaksi, menghasilkan model dengan titik knot yang kontinu, serta mendapatkan prediksi yang akurat [11].

Beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa metode MARS mempunyai tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan prediksi maupun klasifikasi [12], [13], [14]. Pada penelitian terdahulu metode MARS juga diaplikasikan dalam menentukan variabel prediktor apa saja yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon [11], [15], [16]. Untuk itu pada penelitian ini memakai metode *Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines* (MAGPRS) yang merupakan pengembangan dari metode MARS dengan menggunakan estimator *generalized poisson* [17], [18].

Tidak jelasnya bentuk hubungan antara variabel respon yaitu jumlah produksi padi terhadap variabel prediktor yaitu faktor yang diduga memiliki pengaruh merupakan alasan digunakannya metode MAGPRS ini. Alasan yang lain yaitu karena variabel respon yang digunakan merupakan variabel jumlah (*count*) yang diduga berdistribusi *poisson*. Selain untuk mendapatkan variabel prediktor yang secara signifikan memiliki pengaruh terhadap produksi padi, model MAGPRS yang terbentuk dapat digunakan untuk memprediksi produksi padi pada beberapa waktu yang akan datang. Prediksi produksi padi merupakan hal yang penting, khususnya di sektor pertanian. Dengan adanya jumlah penduduk yang semakin banyak dan juga masyarakat yang semakin konsumtif, maka perencanaan produksi padi menjadi semakin strategis dan semakin dibutuhkan [19].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model prediksi jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro menggunakan metode *Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines* dan mendapatkan variabel prediktor yang secara signifikan memiliki pengaruh terhadap jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pemerintah kabupaten Bojonegoro dalam pengambilan kebijakan terkait dengan peningkatan produksi padi sebagai upaya peningkatan ketahanan pangan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian kabupaten Bojonegoro yang dipublikasikan di web satu data Bojonegoro. Data yang digunakan berupa data jumlah produksi padi beserta faktor yang diduga memiliki pengaruh di setiap kecamatan di kabupaten Bojonegoro pada tahun 2021.

Variabel yang digunakan adalah jumlah produksi padi (Y), luas lahan pertanian (X_1), jumlah kelompok tani (X_2), jumlah penggunaan pupuk NPK (X_3), jumlah penggunaan pupuk petrogenik (X_4), jumlah penggunaan pupuk P-36 (X_5), jumlah penggunaan pupuk urea (X_6), jumlah penggunaan pupuk ZA (X_7), dan jumlah serangan OPT (X_8).

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini yaitu :

- a. Mendapatkan nilai statistik deskriptif yang untuk mengetahui karakteristik dari jumlah produksi padi beserta variabel prediktor yang diduga mempengaruhinya.
- b. Melihat bentuk hubungan antara jumlah produksi padi dengan variabel prediktornya dengan membuat scatter plot. Apabila tidak memiliki bentuk hubungan yang jelas antara jumlah produksi padi dengan variabel prediktornya maka bisa dilanjutkan dengan menggunakan regresi non parametrik yaitu MAGPRS, namun apabila terdapat bentuk hubungan antara jumlah produksi padi dengan variabel prediktornya maka untuk analisisnya menggunakan metode regresi parametrik [17][18].
- c. Melakukan uji *equidispersion* untuk melihat apakah ada kesamaan antara rata-rata dengan varians pada variabel jumlah produksi padi. Apabila hasil pengujiannya terjadi *overdispersi* maka bisa dilanjutkan menggunakan metode MAGPRS, namun apabila hasil pengujiannya terjadi *equidispersi* maka analisisnya menggunakan metode regresi *poisson* [17].
- d. Melakukan pemodelan MAGPRS dengan melakukan *trial and error* terhadap besarnya Basis Fungsi (BF) yaitu 16, 24 dan 32, Maksimum Interaksi (MI) yaitu 1, 2, 3 serta Minimum Observasi (MO) yaitu 0, 1, 2, 3 [18].
- e. Melakukan penentuan model MAGPRS terbaik dengan melihat nilai GCV terkecil dan R^2 terbesar [17].
- f. Melakukan pengujian secara simultan dari model MAGPRS terbaik untuk mendapatkan variabel prediktor yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel respon secara serentak [17][18].
- g. Melakukan pengujian secara parsial terhadap model MAGPRS terbaik untuk melihat basis fungsi yang secara signifikan memiliki pengaruh terhadap model [17].
- h. Melakukan interpretasi model MAGPRS terbaik [18].
- i. Melakukan perhitungan besarnya tingkat kontribusi masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon berdasarkan nilai GCV [20].
- j. Melakukan prediksi produksi padi pada tahun 2022 untuk setiap kecamatan di kabupaten Bojonegoro, kemudian membandingkan hasil prediksi dengan data aktual dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan kabupaten Bojonegoro pada tahun 2022.
- k. Menghitung nilai akurasi dari hasil prediksi yang didapatkan.

3. Pembahasan

3.1 Karakteristik Jumlah Produksi Padi beserta Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Untuk mengetahui karakteristik dari jumlah produksi padi beserta variabel prediktor yang diduga mempengaruhinya yaitu dengan mendapatkan nilai statistik deskriptif dari variabel yang digunakan. Adapun unit penelitian yang digunakan adalah 28 kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro yaitu Balen, Baureno, Bojonegoro, Bubulan, Dander, Gayam, Gondang, Kalitidu, Kanor, Kapas, Kasiman, Kedewan, Kedungadem, Kapohbaru, Malo, Margomulyo, Ngambon, Ngasem, Ngraho, Padangan, Purwosari, Sekar, Sugihwars, Sukosewu, Sumberrejo, Tambakrejo, Temayang, dan Trucuk [21]. Hasil dari statistik deskriptif ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Untuk

**Jumlah Produksi Padi beserta Variabel
Prediktornya**

Nama Variabel	Mean	Varians	Nilai min	Nilai Maks
Jumlah Produksi padi	28.133	379.319.383	2.807	66.621
Luas lahan	2.947,64	3.283.923,64	578	7.418
Jumlah kelompok tani	63,36	904,39	13	140
Jumlah pupuk NPK	1.503,25	574.814,71	286	3.584
Jumlah pupuk petroganik	868,32	285.515,04	142	1.987
Jumlah pupuk P-36	97,29	69.775,84	0	1.168
Jumlah pupuk urea	2.090,14	1.087.128,57	495	4.475
Jumlah pupuk ZA	682,36	216.425,50	179	2.590
Serangan OPT	143,68	58.385,56	5	1.064

Berdasarkan Tabel 1 memberikan informasi bahwa jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro tahun 2021 mempunyai rata-rata sebesar 28.133 ton dan nilai varians sebesar 379.319.383 ton. Produksi padi paling rendah adalah sebesar 28,07 ton di kecamatan Kedewan, dan produksi padi paling besar adalah sebesar 666,21 ton di kecamatan Kalitidu. Sementara itu untuk luas lahan pertanian mempunyai rata-rata sebesar 2.947,64 Ha dan varians sebesar 3.283.923,64 Ha. Luas lahan paling rendah yaitu sebesar 578 Ha di kecamatan Ngambon serta luas lahan yang paling besar sebesar 7.418 Ha di kecamatan Kedungadem. Untuk jumlah kelompok tani di kabupaten Bojonegoro tahun 2021 mempunyai rata-rata sebesar 63 dan varians sebesar 904,39. Jumlah kelompok tani paling sedikit ada di kecamatan kedewan yaitu sebanyak 13 kelompok tani dan jumlah kelompok tani yang paling banyak ada di kecamatan Dander yaitu sebanyak 140 kelompok tani.

Selanjutnya nilai rata-rata untuk jumlah penggunaan pupuk NPK sebesar 1.503,25 ton dengan nilai varians yaitu sebesar 574.814,71 ton. Kecamatan Bojonegoro mempunyai jumlah penggunaan pupuk NPK paling sedikit yaitu sebesar 286 ton, sementara kecamatan

Ngasem mempunyai jumlah penggunaan pupuk NPK paling banyak yaitu sebesar 3.584 ton. Untuk jumlah penggunaan pupuk petroganik mempunyai rata-rata sebesar 868,32 ton dan nilai varians sebesar 285.515,04 ton. Penggunaan pupuk petroganik paling sedikit di kabupaten Bojonegoro yaitu sebanyak 142 ton di kecamatan Padangan, sementara penggunaan pupuk petroganik yang paling banyak yaitu sebesar 1.987 ton di kecamatan Temayang. Rata-rata penggunaan jumlah pupuk P-36 yaitu sebesar 97,29 ton dan untuk nilai variansnya sebesar 69.775,84 ton.

Penggunaan jumlah pupuk P-36 di kabupaten Bojonegoro paling sedikit yaitu sebesar 0 yang artinya tidak ada petani yang menggunakan pupuk P-36 yaitu di kecamatan Balen, Dander, Ngasem, Bojonegoro, Ngambon, Kapas, Bubulan, Gayam, Kasiman, Gondang, Kedewan, Sukosewu, Temayang, Malo, Margomulyo, Tambakrejo, dan kecamatan Trucuk. Dan untuk penggunaan pupuk P-36 yang paling banyak yaitu sebesar 1.168 ton di kecamatan kedungadem. Dalam hal ini banyak sekali petani di beberapa kecamatan yang tidak menggunakan pupuk P-36, hal ini dikarenakan pupuk P-36 merupakan salah satu jenis pupuk yang tidak lagi bersubsidi, olehkarena itu apabila para petani menggunakan pupuk jenis P-36 maka akan cukup memberatkan.

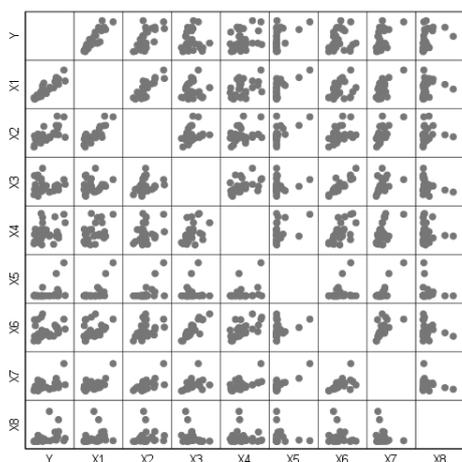
Untuk penggunaan jumlah pupuk urea mempunyai rata-rata sebesar 2.090,14 ton dan varians sebesar 1.087.128,57 ton. Penggunaan jumlah pupuk urea di kabupaten Bojonegoro paling sedikit yaitu sebesar 495 ton di kecamatan Kedewan dan penggunaan pupuk urea yang paling banyak yaitu sebesar 4.475 ton di kecamatan Ngasem. Selanjutnya penggunaan pupuk ZA mempunyai rata-rata sebesar 682,36 ton dengan varians yang cukup besar yaitu 216.425,50 ton. Kecamatan Bojonegoro sebagai pengguna jumlah pupuk ZA yang paling sedikit yaitu sebesar 179 ton dan penggunaan jumlah pupuk ZA yang paling banyak yaitu sebesar 2.590 ton di kecamatan Kedungadem.

Dan untuk variabel serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) mempunyai nilai rata-rata sebesar 143,68 dan nilai varians yang cukup tinggi yaitu sebesar 58.385,56.

Serangan OPT paling besar di kabupaten Bojonegoro pada tahun 2021 yaitu sebesar 1.064 di kecamatan Kapas dan serangan OPT yang paling rendah yaitu di kecamatan Kedewan sebesar 5.

3.2 Bentuk Hubungan antara Jumlah Produksi Padi dengan Variabel Prediktornya

Untuk mengetahui bentuk hubungan antara jumlah produksi padi dengan variabel prediktornya yaitu dengan membuat scatter plot. Adapun hasil dari scatter plot ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Scatter Plot Jumlah Produksi Padi dengan Variabel Prediktornya

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa antara variabel jumlah produksi padi dengan variabel prediktornya tidak terdapat bentuk hubungan yang jelas. Hal ini berarti bahwa tidak ada bentuk hubungan antara jumlah produksi padi dengan variabel prediktor yang diduga memiliki pengaruh. Karena informasi mengenai bentuk fungsi dan bentuk hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor yang terlalu sedikit, maka akan digunakan regresi nonparametrik untuk melakukan pemodelan yaitu metode MAGPRS.

3.3 Pengujian *Equidispersi*

Sebelum melakukan pemodelan MAGPRS, maka sebelumnya perlu dilakukan pengujian *equidispersi*. Pengujian *equidispersi* digunakan untuk menguji apakah pada variabel respon terdapat kesamaan antara rata-rata dengan varians. Apabila nilai rata-rata lebih kecil dari varians maka

dinamakan *overdispersi* dan bisa dilanjutkan menggunakan metode MAGPRS.

Untuk melakukan pengujian *equidispersi* yaitu menggunakan statistik uji *chi-square pearson* dengan H_0 adalah nilai rata-rata pada variabel respon sama dengan nilai varians dan H_1 adalah nilai rata-rata pada variabel respon tidak sama dengan nilai varians. Dengan bantuan package AER pada software R didapatkan nilai *p_value* sebesar 0,00000004122 yang mana nilai tersebut kurang dari α (0,05). Hal ini berarti H_0 ditolak yang artinya nilai rata-rata dari variabel respon tidak sama dengan nilai varians atau dengan kata lain data mengalami *overdispersi*.

3.4 *Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines*

Pemodelan menggunakan *Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Splines* antara jumlah produksi padi dengan luas lahan, jumlah kelompok tani, jumlah penggunaan pupuk NPK, jumlah penggunaan pupuk petroganik, jumlah penggunaan pupuk P-36, jumlah penggunaan pupuk urea, jumlah penggunaan pupuk ZA dan serangan OPT diawali dengan menentukan maksimum basis fungsi (BF), maksimum interaksi (MI) dan minimum observasi (MO). Untuk menentukan maksimum basis fungsi yaitu antara 2 sampai 4 jumlah variabel prediktor, dalam hal ini jumlah basis fungsi yang digunakan yaitu 16, 24 dan 32. Sementara untuk maksimum interaksi yaitu 1, 2, 3 serta untuk minimum observasi yaitu 0, 1, 2, 3.

Selanjutnya dengan melakukan *trial and error* terhadap kombinasi Basis Fungsi, Maksimum Interaksi, dan Minimum Observasi akan dilakukan pemodelan MAGPRS hingga didapatkan model terbaik, dimana model terbaiknya adalah model yang memiliki GCV minimum dan R^2 maksimum. Adapun hasil *trial and error* dari pemodelan MAGPRS ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa model MAGPRS terbaik adalah model dengan nilai Basis Fungsi sebesar 16, Maksimum Interaksi sebesar 3 dan Minimum Observasi sebesar 3 dengan nilai GCV sebesar 0,33677 dan R^2 sebesar 0,980. Selanjutnya dengan *backward stepwise* pada basis fungsi

didapatkan Sembilan basis fungsi pada model MAGPRS.

Tabel 2. Trial and Error Model MAGPRS

BF	MI	MO	GCV	R ²
16	1	0	0,63698	0,874
16	2	1	0,47699	0,953
16	3	2	0,33677	0,980
16	3	3	0,57148	0,932
24	1	0	0,63817	0,874
24	2	1	0,54245	0,973
24	2	2	0,53735	0,970
24	3	3	0,57148	0,932
32	1	0	0,63817	0,874
32	2	1	0,54245	0,973
32	2	2	0,53735	0,970
32	3	3	0,57148	0,932

Setelah didapatkan model MAGPRS terbaik, langkah berikutnya yaitu melakukan pengujian parameter model secara simultan dan secara parsial. Pengujian secara simultan digunakan untuk mendapatkan variabel prediktor yang memiliki pengaruh terhadap variabel respon secara bersama-sama menggunakan metode *Maximum Likelihood Ratio Test*. Adapun hipotesis untuk pengujian parameter model secara simultan yaitu $H_0: \alpha_1 = \dots = \alpha_M = 0$ dan H_1 : minimal ada satu $\alpha_m \neq 0, m = 1, 2, \dots, M$. Dari hasil analisis didapatkan nilai G^2 sebesar 726,149, dimana nilai tersebut dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,05;20)} = 31,4104$. Karena nilai G^2 lebih besar dari $\chi^2_{(0,05;20)}$ maka H_0 ditolak yang artinya minimal ada satu basis fungsi yang memuat variabel prediktor mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Berikutnya uji parsial digunakan untuk mendapatkan variabel prediktor yang secara signifikan memiliki pengaruh terhadap variabel respon untuk basis fungsi yang ada dalam model. Adapun hipotesis untuk pengujian parsial yaitu $H_0: \alpha_m = 0$ dan $H_1: \alpha_m \neq 0, m = 1, 2, \dots, M$. Hasil pengujian parameter secara parsial untuk model MAGPRS terbaik sebagaimana diunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan p_value untuk semua basis fungsi nilainya kurang dari α (0,05) sehingga kesimpulannya adalah terima H_1 yang artinya semua basis fungsi yang terpilih dalam model MAGPRS terbaik mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap variabel respon yaitu jumlah

produksi padi di kabupaten Bojonegoro tahun 2021.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parsial untuk Model MAGPRS Terbaik

Parameter	Estimate	S.E	T-Ratio	P-Value
Constant	4075,700	1272,6	3,20250	0,0049
BF ₁	14,16354	0,88	16,11939	0,0000
BF ₄	-0,01046	0,003	-3,35102	0,0036
BF ₆	-529,6065	116,38	-4,55067	0,0003
BF ₈	0,69725	0,22	3,15273	0,0055
BF ₁₀	1,33044	0,24	5,57764	0,0003
BF ₁₁	10,56431	3,24	3,25721	0,0044
BF ₁₃	-0,01607	0,003	-5,58762	0,0003
BF ₁₄	-0,04741	0,006	-7,74686	0,0000
BF ₁₆	-0,00015	0,00	-5,57519	0,0003

Sebagaimana pada pembahasan sebelumnya bahwa model MAGPRS terbaik didapatkan dengan nilai BF sebesar 16, MI sebesar 3 dan MO sebesar 2. Adapun model MAGPRS terbaik tersebut adalah sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\hat{\mu} = \exp \left[\begin{array}{l} 4075,74 + 14,1635 * BF_1 \\ -0,0104561 * BF_4 - 529,593 * BF_6 \\ +0,697221 * BF_8 + 1,33044 * BF_{10} \\ +10,5642 * BF_{11} - 0,0160675 * BF_{13} \\ -0,047409 * BF_{14} - 0,0001537 * BF_{16} \end{array} \right] \quad (1)$$

Dimana,

$$BF_1 = h(X_1 - 578)$$

$$BF_3 = h(92 - X_8) * BF_1$$

$$BF_4 = h(X_7 - 530) * BF_1$$

$$BF_6 = h(X_2 - 43)$$

$$BF_8 = h(X_7 - 179) * BF_6$$

$$BF_{10} = h(1284 - X_3) * BF_6$$

$$BF_{11} = h(X_4 - 694)$$

$$BF_{13} = h(X_3 - 1692) * BF_{11}$$

$$BF_{14} = h(1692 - X_3) * BF_{11}$$

$$BF_{16} = h(1878 - X_6) * BF_3$$

Interpretasi dari model MAGPRS terbaik diatas adalah sebagai berikut.

$$BF_1 = h(X_1 - 578)$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_1 \leq 578 \\ (X_1 - 578), & \text{jika } X_1 > 578 \end{cases} \quad (2)$$

Artinya apabila basis fungsi 1 (BF₁) mengalami kenaikan satu satuan, maka akan meningkatkan produksi padi sebesar $\exp(14,16354)$ hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro mempunyai luas lahan pertanian lebih besar dari 578 Ha, dengan basis fungsi yang lain konstan.

$$BF_4 = h(X_7 - 530) * BF_1$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_7 \leq 530; X_1 \leq 578 \\ (X_7 - 530), & \text{jika } X_7 > 530 \\ (X_1 - 578), & \text{jika } X_1 > 578 \end{cases} \quad (3)$$

Artinya apabila basis fungsi 4 (BF₄) mengalami kenaikan satu satuan, maka dapat menurunkan jumlah produksi padi sebesar exp(0,01046) hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk ZA lebih dari 530 ton dan mempunyai luas lahan pertanian lebih dari 578 Ha, dengan basis fungsi yang lain dianggap konstan.

$$BF_6 = h(X_2 - 43)$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_2 \leq 43 \\ (X_2 - 43), & \text{jika } X_2 > 43 \end{cases} \quad (4)$$

Artinya apabila basis fungsi 6 (BF₆) mengalami kenaikan satu satuan, maka dapat mengurangi produksi padi sebesar exp(529,60655) hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro mempunyai jumlah kelompok tani lebih dari 43, dengan basis fungsi yang lainnya dianggap konstan.

$$BF_8 = h(X_7 - 179) * BF_6$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_7 \leq 179; X_2 \leq 43 \\ (X_7 - 179), & \text{jika } X_7 > 179 \\ (X_2 - 43), & \text{jika } X_2 > 43 \end{cases} \quad (5)$$

Artinya apabila petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk ZA lebih dari 179 ton dan mempunyai jumlah kelompok tani lebih dari 43, maka untuk basis fungsi 8 (BF₈) yang naik satu satuan, dapat meningkatkan produksi padi sebesar exp(0,69725), dengan basis fungsi lain dianggap konstan.

$$BF_{10} = h(1284 - X_3) * BF_6$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_3 \geq 1284; X_2 \leq 43 \\ (1284 - X_3), & \text{jika } X_3 < 1284 \\ (X_2 - 43), & \text{jika } X_2 > 43 \end{cases} \quad (6)$$

Artinya apabila basis fungsi 10 (BF₁₀) mengalami kenaikan satu satuan, maka akan menaikkan produksi padi sebesar exp(1,33044), hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk NPK kurang dari 1284 ton dan mempunyai jumlah kelompok tani lebih dari 42, dengan basis fungsi yang lain dianggap konstan.

$$BF_{11} = h(X_4 - 694)$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_4 \leq 694 \\ (X_4 - 694), & \text{jika } X_4 > 694 \end{cases} \quad (7)$$

Artinya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk petroganik lebih dari 694 ton, maka untuk basis fungsi 11 (BF₁₁) yang naik satu satuan, akan menaikkan produksi padi sebesar exp(10,56431), dengan basis fungsi lain dianggap konstan.

$$BF_{13} = h(X_3 - 1692) * BF_{11}$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_3 \leq 1692; X_4 \leq 694 \\ (X_3 - 1692), & \text{jika } X_3 > 1692 \\ (X_4 - 694), & \text{jika } X_4 > 694 \end{cases} \quad (8)$$

Artinya apabila basis fungsi 13 (BF₁₃) mengalami kenaikan satu satuan, maka akan menurunkan produksi padi sebesar exp(0,01607), hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk NPK lebih dari 1692 ton dan menggunakan jumlah pupuk petroganik lebih dari 694 ton, dengan basis fungsi lain dianggap konstan.

$$BF_{14} = h(1692 - X_3) * BF_{11}$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_3 \geq 1692; X_4 \leq 694 \\ (1692 - X_3), & \text{jika } X_3 < 1692 \\ (X_4 - 694), & \text{jika } X_4 > 694 \end{cases} \quad (9)$$

Artinya apabila petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan pupuk NPK kurang dari 1692 ton dan menggunakan pupuk petroganik lebih dari 694 ton, maka basis fungsi 14 (BF₁₄) yang naik satu satuan, akan menurunkan produksi padi sebesar exp(0,04741), dengan basis fungsi lain dianggap konstan.

$$BF_{16} = h(1878 - X_6) * BF_3$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{jika } X_6 \geq 1878; X_8 \geq 92; X_1 \leq 578 \\ (1878 - X_6), & \text{jika } X_6 < 1878 \\ (92 - X_8), & \text{jika } X_8 < 92 \\ (X_1 - 578), & \text{jika } X_1 > 578 \end{cases} \quad (10)$$

Artinya apabila fungsi 16 (BF₁₆) mengalami kenaikan satu satuan, maka jumlah produksi padi akan berkurang sebesar exp(0,00015), hanya jika petani di kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro menggunakan jumlah pupuk urea kurang dari 1878 ton, jumlah serangan OPT kurang dari 92 dan luas lahan pertanian lebih dari 578 Ha, dengan basis fungsi yang lain dianggap konstan.

Selanjutnya dari model MAGPRS terbaik yang telah didapatkan, dapat dilihat bahwa ada tujuh variabel prediktor yang masuk dalam model MAGPRS yaitu luas lahan (X_1), jumlah kelompok tani (X_2), jumlah penggunaan pupuk NPK (X_3), jumlah penggunaan pupuk petrogranik (X_4), jumlah penggunaan pupuk urea (X_6), jumlah penggunaan pupuk ZA (X_7) dan serangan OPT (X_8). Untuk mendapatkan variabel yang masuk dalam model MAGPRS yaitu melalui tahap forward, dimana variabel yang akan dipilih pertama kali adalah yang mempunyai nilai GCV paling besar, yang kemudian akan diikuti variabel terbesar berikutnya. Demikian seterusnya hingga seluruh variabel prediktor yang memiliki kontribusi masuk kedalam model. Besarnya kontribusi untuk masing-masing variabel prediktor terhadap model MAGPRS yang diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Besarnya Kontribusi Masing-Masing Variabel Prediktor terhadap Variabel Respon

Variabel Prediktor	Besarnya Kontribusi
Luas lahan (X_1)	100 %
Jumlah pupuk petrogranik (X_4)	45,20627 %
Jumlah pupuk NPK (X_3)	42,90271 %
Jumlah kelompok tani (X_2)	40,32300 %
Jumlah pupuk urea (X_6)	35,93853 %
Jumlah serangan OPT (X_8)	35,93853 %
Jumlah pupuk ZA (X_7)	12,01225 %

Berdasarkan Tabel 4 variabel luas lahan memberikan kontribusi sebesar 100% artinya luas lahan berpengaruh kuat terhadap jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro, diikuti dengan variabel jumlah penggunaan pupuk petrogranik, jumlah penggunaan pupuk NPK, jumlah kelompok tani, jumlah penggunaan pupuk urea, jumlah serangan OPT dan jumlah penggunaan pupuk ZA yang masing-masing mempunyai kontribusi sebesar 45,20627 %, 42,90271 %, 40,323 %, 35,93853 %, 35,93853 % dan 12,01225 %.

3.5 Prediksi Jumlah Produksi Padi

Untuk evaluasi dan melihat tingkat kehandalan dari model MAGPRS yang terbentuk, dapat dilihat dari rata-rata tingkat kesalahan prediksi untuk jumlah produksi padi pada tahun 2022 untuk setiap kecamatan

di kabupaten Bojonegoro atau nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Tabel 5. Prediksi Jumlah Produksi Padi Tiap Kecamatan Tahun 2022

Kecamatan	Prediksi Jumlah Produksi Padi	Nilai Aktual Jumlah Produksi Padi	MAPE (%)
Trucuk	8.103	8.420	3,76
Temayang	16.891	17.502	3,49
Tambakrejo	26.704	27.076	1,37
Sumberrejo	6.121	5.886	3,99
Sukosewu	35.129	35.349	0,62
Sugihwaras	25.412	24.279	4,67
Sekar	2.209	2.750	19,67
Purwosari	21.141	22.133	4,48
Padangan	13.902	14.844	6,35
Ngraho	30.975	30.531	1,45
Ngasem	31.611	27.645	14,35
Ngambon	4.234	5.227	19
Margomulyo	6.478	5.460	18,64
Malo	17.667	18.654	5,29
Kepohbaru	89.893	87.821	2,36
Kedungadem	64.012	66.053	3,09
Kedewan	2.921	2.515	16,14
Kasiman	16.368	15.339	6,71
Kapas	21.221	20.206	5,02
Kanor	27.023	29.975	9,85
Kalitidu	25.217	27.019	6,67
Gondang	8.124	9.116	10,88
Gayam	22.154	21.133	4,83
Dander	41.213	45.135	8,69
Bubulan	3.920	4.513	13,14
Bojonegoro	7.110	6.218	14,35
Baureno	30.985	30.074	3,03
Balen	17.907	19.736	9,27
Rata-rata			7,90

Selanjutnya akan dianalisis prediksi jumlah produksi padi dari model MAGPRS yang dan nilainya akan dibandingkan dengan nilai aktual produksi padi yang dikeluarkan oleh Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan kabupaten Bojonegoro. Dari model MAGPRS terbaik yang telah didapatkan dari analisis sebelumnya dapat dihitung nilai prediksi jumlah produksi padi tiap kecamatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan tabel 5 didapatkan nilai rata-rata untuk MAPE sebesar 7,90 %. Artinya selisih rata-rata nilai prediksi dengan nilai sebenarnya adalah 7,90 %. Dengan kata lain model MAGPRS mempunyai akurasi yang tinggi untuk prediksi jumlah produksi padi di kabupaten Bojonegoro yaitu sebesar 92,10 %.

4. Kesimpulan

Model terbaik adalah model MAGPRS dengan nilai BF sebesar 16, MI sebesar 3 dan MO sebesar 2 dengan nilai GCV sebesar 0,33677 dan nilai R^2 sebesar 0,980. Model tersebut dapat digunakan untuk prediksi jumlah produksi padi dengan akurasi sebesar 92,10 %. Variabel luas lahan memberikan kontribusi sebesar 100 % artinya luas lahan mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap produksi padi di kabupaten Bojonegoro tahun 2021, diikuti dengan variabel jumlah penggunaan pupuk petroganik, jumlah penggunaan pupuk NPK, jumlah kelompok tani, jumlah penggunaan pupuk urea, jumlah serangan OPT dan jumlah penggunaan pupuk ZA yang masing-masing mempunyai kontribusi sebesar 45,20627 %, 42,90271 %, 40,323 %, 35,93853 %, 35,93853 % dan 12,01225 %.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistika, "Statistik Indonesia 2020 Statistical Yearbook of Indonesia 2020," *Stat. Yearb. Indones.*, no. April, p. 192, 2020.
- [2] R. Randika, M. Sidik, and Y. Peroza, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Sawah Di Desa Sepang Kecamatan Pampangan Kabupaten Oki," *Soc. J. Ilmu-Ilmu Agribisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 66–71, 2022.
- [3] A. Suarna and S. Hindarti, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Di Desa Poto Kecamatan Moyo Hilir Kabupaten Sumbawa," *JU-ke (Jurnal Ketahanan Pangan)*, vol. 5, no. 1, pp. 16–21, 2021.
- [4] E. D. Wilujeng and E. Fauziah, "Efisiensi Teknis Dan Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Di Kabupaten Lamongan," *Agriscience*, vol. 1, no. 3, 2021.
- [5] I. N. Azizah and P. R. Arum, "Pemodelan Generalized Poisson Regression untuk Mengetahui Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Kabupaten Blora Tahun 2020," in *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 2021, vol. 4.
- [6] M. Ishaq, A. T. Rumiati, and E. O. Permatasari, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi padi di Provinsi Jawa Timur menggunakan regresi semiparametrik spline," *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] A. G. Onibala and M. L. Sondakh, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi padi sawah di Kelurahan Koya, Kecamatan Tondano Selatan," *Agri-Sosioekonomi*, vol. 13, no. 2A, pp. 237–242, 2017.
- [8] R. B. Manggala and A. Boedirochminarni, "Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Desa Sumengko Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk," *J. Ilmu Ekon. JIE*, vol. 2, no. 3, pp. 441–452, 2018.
- [9] S. Hasyim and L. Fauzia, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi padi sawah (studi kasus: Desa Medang, Kecamatan Medang Deras, Kabupaten Batu Bara)," *J. Agric. Agribus. Socioecon.*, vol. 2, no. 4, p. 15053, 2013.
- [10] J. H. Friedman and C. B. Roosen, "An introduction to multivariate adaptive regression splines," *Stat. Methods Med. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 197–217, Sep. 1995, doi: 10.1177/096228029500400303.
- [11] A. Y. K. Kartini and L. N. Ummah, "Pemodelan Kejadian Balita Stunting di Kabupaten Bojonegoro dengan Metode Geographically Weighted Regression dan Multivariate Adaptive Regression Splines," *J Stat. J. Ilm. Teor. dan Apl. Stat.*, vol. 15, no. 1, 2022.
- [12] S. I. Oktora, "Analisis Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) pada Prediksi Ketertinggalan Kabupaten Tahun 2014," *J. Apl. Stat. Komputasi Stat.*, vol. 7, no. 2, p. 14, 2015.
- [13] E. Hayati, D. A. Novitasari, and R. Rosdiyati, "Analisis Diskriminan Dan Multivariate Adaptive Regression Spline (Mars) Untuk Memprediksi Financial Distress Pada Perusahaan Manufaktur Di BEI," *Media Mahard.*, vol. 17, no. 1, pp. 16–24, 2018.
- [14] Y. Matdoan, "Pemodelan Multivariate

- Adaptive Regression Spline (MARS) Pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Provinsi Maluku dan Maluku Utara,” *J Stat. J. Ilm. Teor. Dan Apl. Stat.*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2020.
- [15] C. A. K. Ningrum, “Pemodelan Kejadian Stunting Pada Balita Di Surabaya Dengan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Spline.” Universitas Airlangga, 2021.
- [16] A. Wibowo, “Multivariate Adaptive Regression Splines Modeling for Household Food Security in Central Borneo Province 2017,” *Glob. Sci. Educ. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–47, 2019.
- [17] E. P. Prastika, B. W. Otok, and P. Puhadi, “Pemodelan Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Spline pada Kasus Jumlah Kematian Ibu di Provinsi Jawa Timur,” *Inferensi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [18] B. W. Otok and S. Hidayati, “Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Spline (MAGPRS) on the number of acute respiratory infection infants,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1397, no. 1, p. 12062.
- [19] H. Sutanta, A. R. Gunawan, and Y. Wibisono, “Calculation of rice field embankment coefficient using high-resolution satellite imagery,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 500, no. 1, p. 12049.
- [20] J. H. Friedman, “Multivariate Adaptive Regression Splines,” *Ann. Stat.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–67, Mar. 1991, doi: 10.1214/aos/1176347963.
- [21] B. P. S. BPS, “Bojonegoro dalam angka 2016,” pp. 1–180, 2016.



IMPLEMENTASI MODEL INDEKS TUNGGAL DALAM PEMBENTUKAN PORTOFOLIO OPTIMAL PADA SAHAM SYARIAH MES BUMN 17 PERIODE *NEW NORMAL*

Syarif Abdullah¹, Miftahul Huda², Sri Istiyarti Uswatun Chasanah³, Himmatul Mursyidah⁴, Fajri Ikhsan⁵, Sidik Susilo⁶, Alfian Firmansyah⁷, Rizqi Fauzi⁸, Kevin Dion Valen Boy⁹

Corresponding author: Syarif Abdullah

¹Department of Mechanical Engineering Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, abdullahsyarifayis@untirta.ac.id

²Program Studi Statistika Universitas Bina Bangsa Serang, miftahulhuda.osima@gmail.com

³Department of Mathematics Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, sri.chasanah@uin-suka.ac.id

⁴Department of Informatics Universitas Muhammadiyah Banten, himmatul11@gmail.com

⁵Department of Metallurgy Engineering, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, fajri.ikhsan@untirta.ac.id

⁶Department of Mechanical Engineering Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, sidik@untirta.ac.id

⁷Department of Mechanical Engineering Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, alfianfirman50@gmail.com

⁸Department of Mechanical Engineering Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, fauzirizqi73@gmail.com

⁹Department of Mechanical Engineering Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 3331180050@untirta.ac.id

Received : 28 Agustus 2022, Revised : 2 Oktober 2022, Accepted : 14 Oktober 2022

Abstract

A capital market is a place for investing in stocks. The choice of stock indices in the capital market in Indonesia can be seen in the Bursa Efek Indonesia (BEI), where some of them have sharia principles. One of the stock indexes that has this principle is MES BUMN 17. During the new normal, it is undeniable that there will be the possibility of getting unexpected returns and risks in investing. This study aims to form an optimal portfolio of 17 stocks that are members of MES BUMN 17 during the new normal period. This study uses the Single Index Model. The data used in this study is in the new normal period, i.e., from December 2020 to November 2021. The research results show that in the new normal period, the MES BUMN 17 shares provide optimal profits. Of the 17 stocks contained in MES BUMN 17, there are 3 stocks obtained, i.e., BRIS (Bank Syariah Indonesia Tbk.) shares with a portfolio proportion of 67.093%, PTBA (Bukit Asam Tbk.) shares with a portfolio proportion of 21.481% and IPCC (Indonesia Kendaraan Terminal Tbk.) with a portfolio proportion of 11.426%. The optimal expected return for the portfolio is 0.82% per week, and the optimal portfolio risk is 0.35% per week. It means that the optimal portfolio scenario obtained in this analysis still benefits investors in the new normal period.

Keywords: Expected Return, MES BUMN 17, New Normal, Optimal Portfolio, Single Index Model, Risk

Abstrak

Pasar modal merupakan salah satu wadah dalam berinvestasi saham. Pilihan indeks saham dalam pasar modal di Indonesia dapat dilihat pada Bursa Efek Indonesia (BEI), dimana beberapa diantaranya memiliki prinsip syariah. Salah satu indeks saham yang memiliki prinsip tersebut adalah MES BUMN 17. Pada masa *new normal* tidak bisa dipungkiri bahwa dalam berinvestasi akan ada kemungkinan dalam mendapatkan imbal hasil dan risiko yang tidak terduga. Tujuan dalam penelitian ini adalah membentuk portofolio yang optimal pada 17 saham yang tergabung dalam MES BUMN 17 pada masa *new normal*. Penelitian ini menggunakan *Single Index Model*. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada periode *new normal*, yakni pada periode Desember 2020 s.d November 2021. Hasil penelitian didapatkan bahwa pada periode *new normal*, pada saham MES BUMN 17, memberikan keuntungan yang optimal. Dari 17 saham yang terdapat pada MES BUMN 17, didapatkan 3 saham yaitu saham BRIS (Bank Syariah Indonesia Tbk.) dengan proporsi portofolio 67.093%, saham PTBA (Bukit Asam Tbk.) dengan proporsi portofolio 21.481% dan saham IPCC (Indonesia Kendaraan Terminal Tbk.) dengan

proporsi portofolio 11.426%. *Expected return* portofolio optimal dan risiko portofolio optimal masing-masing sebesar 0.82% dan 0.35% per minggu. Artinya dalam skenario portofolio optimal yang diperoleh dalam analisis ini masih memberikan keuntungan bagi para investor pada periode *new normal*.

Kata kunci: Expected Return, MES BUMN 17, New Normal, Portofolio Optimal, Model Indeks Tunggal, Risiko

1. Pendahuluan

Kegiatan bisnis pada masa revolusi industri 4.0 mengalami peningkatan yang sangat cukup cepat. Salah satu alasannya adalah mudahnya masyarakat dalam mengakses hanya dengan perangkat genggam pintar. Kegiatan bisnis yang menjadi favorit generasi muda saat ini adalah kegiatan dalam berinvestasi (penanaman modal). Dalam berinvestasi atau penanaman modal dilakukan di dalam pasar modal, khususnya pada asset keuangan. Kegiatan berinvestasi atau penanaman modal biasanya dilakukan dalam jangka panjang. Karena alasan tersebut, maka dalam melakukan investasi haruslah dilakukan dengan penuh perhitungan agar mendapatkan *return* (imbal hasil) yang tinggi dengan risiko yang kecil. Imbal hasil dan risiko dalam investasi mempunyai hubungan yang searah, artinya imbal hasil yang tinggi akan menghasilkan risiko yang tinggi pula [1].

Terdapat banyak kegiatan yang dapat dilakukan dalam berinvestasi, salah satunya adalah melakukan pembelian saham-saham di pasar modal untuk memperoleh keuntungan. Aktifitas perdagangan yang meningkat di pasar modal mengakibatkan tuntutan akan tersedianya data dan informasi yang lengkap kepada para investor mengenai perkembangan bursa [2]. Untuk melihat data dan informasi terkait pergerakan harga saham secara *up to date*, dapat dipantau dan dilihat melalui perkembangan indeks harga saham. Terdapat beberapa indeks harga saham yang menerapkan prinsip syariah yaitu saham dengan karakteristik menurut syariat Islam. Pasar modal ini sama seperti pasar modal pada umumnya, hanya saja mekanisme transaksinya dalam pasar modal harus didasarkan oleh prinsip syariah. Terdapat beberapa indeks saham dengan prinsip syariah yang tergabung ke dalam Bursa Efek Indonesia (BEI), salah satunya adalah MES BUMN 17. Indeks tersebut merupakan gabungan dari 17 saham syariah Badan Usaha

Milik Negara yang juga terafiliasi dengan perkumpulan Masyarakat Ekonomi Syariah.

Penentuan *return* dan risiko dijadikan patokan untuk memilih kombinasi saham yang dipilih [3]. Dalam memilih kombinasi saham atau portofolio saham bertujuan untuk mendapatkan *return* dalam berinvestasi. Namun, pada masa *new normal* tidak bisa dipungkiri bahwa dalam berinvestasi akan ada kemungkinan dalam mendapatkan risiko yang tidak terduga. Dibandingkan sebelum pandemi, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mengalami tren menurun yang signifikan pada masa terjadinya pandemik COVID-19 [4]. Berdasarkan penjelasan tersebut, dalam membentuk portofolio saham yang optimal adalah salah satu solusi dalam menghadapi kondisi sekarang ini. Dalam membentuk portofolio saham yang optimal memiliki yaitu memperhatikan dalam memilih *expected return* (imbal hasil yang diharapkan) yang maksimal serta memiliki risiko (*risk*) risk yang minimal.

Salah satu metode dalam pembentukan portofolio optimal, dapat menggunakan metode Markowitz. Jika dibandingkan dengan Model Markowitz, Model Indeks Tunggal lebih memiliki perhitungan yang lebih sederhana dalam membentuk portofolio yang optimal [5]. Menurut Ramadhan *et al.* [6] dalam sari dan Suryawati [7], kelebihan Model Indeks Tunggal yaitu dengan membandingkan nilai rasio dari *Excess Return to Beta* (ERB) dengan nilai *cut off point* (C^*), sedangkan Model Markowitz menggunakan nilai *variance* untuk mencari tingkat ukuran risiko. Model Markowitz memiliki bentuk model non-linear secara matematis yang tergolong rumit dalam penyelesaiannya. Portofolio yang dihasilkan oleh Model Indeks Tunggal dibentuk oleh saham-saham dengan memperhatikan nilai $ERB \geq$ nilai ERB di *cut off point* (C^*) [8].

Mayoritas masyarakat Indonesia beragama Islam, sehingga objek saham syariah dipilih pada penelitian ini. Saham

syariah dipilih karena kemungkinan masyarakat Islam di Indonesia akan memilih investasi pada indeks saham yang menerapkan dasar-dasar syariah. Penelitian ini lebih khusus menggunakan saham-saham yang ikut dan tergabung dalam MES BUMN 17 sebagai sumber informasi dan data analisis portofolio optimal. Model yang dipilih pada penelitian ini yaitu Model Indeks Tunggal. Penggunaan model tersebut dikarenakan perhitungannya merupakan penyederhanaan dari Model Markowitz [8]. Sehingga tujuan penelitian ini yaitu membentuk portofolio optimal pada 17 saham yang konsisten dan tergabung dalam MES BUMN 17 pada masa *new normal* dan melakukan perbandingan antara tingkat *expected return* dengan tingkat risiko dari perolehan portofolio yang optimal untuk dapat merekomendasikan portofolio optimal tersebut kepada para investor sebagai pertimbangan dalam memutuskan saham syariah MES BUMN 17 mana saja yang akan dipilih untuk berinvestasi.

Penelitian terkait penggunaan Model Indeks Tunggal dalam pembentukan potofolio optimal sudah pernah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Pada masa pandemik Covid-19, penelitian pada [9][10] dan [11] telah melakukan penelitian dengan objek indeks saham *Jakarta Islamic Index (JII)*. Penelitian dengan objek indeks saham *JII* pada periode 2014 – 2018 diteliti pada [1]. Objek *JII* pada periode 2012 – 2015 diteliti pada [2]. Sedangkan pada penelitian dengan objek indeks saham LQ45 dan *JII* dilakukan pada [3]. Pada [7] melakukan penelitian dengan objek indeks saham *JII* pada periode 2015 – 2017. Terakhir pada periode *new normal* penentuan portofolio optimal pada saham syariah JII30 telah diteliti pada Huda *et al.* 2022 [12]. Fokus pada penelitian ini yaitu membentuk portofolio optimal pada saham yang konsisten dan tergabung dalam MES BUMN 17 pada masa *new normal*.

2. Metode Penelitian

Perolehan data sekunder pada penelitian ini didapatkan melalui beberapa situs website resmi dengan tujuan mendapatkan berbagai sumber data yang akurat. Beberapa situs atau laman website diantaranya dari situs

Indonesian Stock Exchange (IDX) [13], situs Bank Indonesia (BI) [14], dan situs Yahoo Finance [15]. Objek penelitian ini adalah 17 saham Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang tergabung ke dalam Masyarakat Ekonomi Syariah (MES BUMN 17) pada BEI. Data yang dianalisis merupakan data deret waktu pada periode 7 Desember 2020 s.d 29 November 2021. Dalam analisis perhitungan, penelitian ini menggunakan *software* Microsoft Excel 2019 dan Matlab 2011a. Tahapan-tahapan analisis Model Indeks Tunggal pada penelitian ini adalah sebagai berikut [8][16]:

1. Menghitung nilai *return* realisasi R_i , *expected return* $E(R_i)$ dan varian σ_i^2 dari setiap saham dengan rumus:

$$R_i = \frac{(P_t - P_{t-1}) + D_t}{P_{t-1}}, \quad (1)$$

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^n R_i}{n}, \text{ dan} \quad (2)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (R_i - E(R_i))^2}{n}. \quad (3)$$

Dengan P_t adalah Harga saham periode t , P_{t-1} adalah Harga saham periode $t - 1$ dan D_t adalah Dividen pada periode t .

2. Menghitung imbal hasil pasar (*return market*) R_M , harapan imbal hasil pasar (*expected return market*) $E(R_M)$, dan varian *market* σ_M^2 dengan formula:

$$R_M = \frac{\text{Saham Market}_t - \text{Saham Market}_{t-1}}{\text{Saham Market}_{t-1}}, \quad (4)$$

$$E(R_M) = \frac{\sum_{t=1}^n R_M}{n}, \text{ dan} \quad (5)$$

$$\sigma_M^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (R_M - E(R_M))^2}{n}. \quad (6)$$

3. Menghitung koragam antara saham dengan pasar menggunakan rumus:

$$\sigma_{i,M} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (R_i - E(R_i))(R_M - E(R_M))}{n}} \quad (7)$$

4. Menghitung RBR (*Return bebas risiko*). BI rate bulanan yang dikonversi ke mingguan untuk menentukan nilai tingkat *return* bebas risiko (RBR).

5. Menghitung nilai *beta* (β) dan *alpha* (α) setiap saham dengan rumus:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{i,M}}{\sigma_M^2}, \text{ dan} \quad (8)$$

$$\alpha_i = E(R_i) - (\beta_i E(R_M)). \quad (9)$$

6. Rumus berikut digunakan untuk menghitung risiko unik saham individu:

$$\sigma_{ei}^2 = \sigma_i^2 - (\beta_i^2 \sigma_M^2). \quad (10)$$

7. Rumus berikut digunakan untuk menghitung *excess return to beta* (ERB).

$$ERB_i = \frac{E(R_i) - RBR}{\beta_i}. \quad (11)$$

Setelah didapatkan ERB, kemudian ERB diurutkan setiap saham dari yang terbesar ke terkecil.

8. Menentukan nilai A_i dan B_i dari setiap sekuritas ke- i menggunakan formula:

$$A_i = \frac{(E(R_i) - RBR)\beta_i}{\sigma_{ei}^2}, \text{ dan} \quad (12)$$

$$B_i = \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2}. \quad (13)$$

9. Menentukan nilai C dari sekuritas ke- i dengan menggunakan penjumlahan nilai dari A_i dan nilai dari B_i dengan rumus:

$$C_i = \frac{\sigma_M^2 \sum_{j=1}^i A_j}{1 + \sigma_M^2 \sum_{j=1}^i B_j}. \quad (14)$$

10. Menentukan *cut-off point* (C^*). Dimana C^* adalah nilai maksimum dari C_i .

11. Menentukan besaran proporsi dana dengan formula:

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum_{j=1}^k Z_j}, \text{ dengan} \quad (15)$$

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2} (ERB_i - C^*). \quad (16)$$

12. Setelah didapatkan proporsi, maka selanjutnya menghitung alfa portofolio (α_p) serta beta portofolio (β_p) dengan formula:

$$\alpha_p = \sum_{i=1}^n W_i \alpha_i, \text{ dan} \quad (17)$$

$$\beta_p = \sum_{i=1}^n W_i \beta_i. \quad (18)$$

13. Menghitung nilai *expected retrun* portofolio dari terpilihnya kombinasi portofolio dengan formula:

$$E(R_p) = \alpha_p + \beta_p \cdot E(R_M). \quad (19)$$

14. Terakhir yaitu menghitung besaran nilai risiko portofolio yang didapatkan dari kombinasi portofolio dengan formula:

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \cdot \sigma_M^2 + \left(\sum_{i=1}^n W_i \sigma_{ei} \right)^2. \quad (20)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam analisis pada penelitian ini yaitu data dari 17 saham yang tergabung dalam Masyarakat Ekonomi Syariah Badan Usaha Milik Negara (MES-BUMN) pada BEI periode Agustus s.d. September 2021 dengan frekuensi mingguan. Dari 17 saham yang tergabung ke dalam MES-BUMN 17 memiliki *expected return* ($E(R_i)$) dan varian (σ_i^2) mingguan disajikan ke dalam Tabel 1.

Nilai positif dari *expected return* suatu saham memiliki arti bahwa saham tersebut memperoleh keuntungan. Tabel 1 menunjukkan beberapa saham yang memiliki nilai harapan imbal hasil (*expected return*) yang bernilai positif, yaitu: BRIS, IPCC, PTBA, TLKM dan ANTM. Nilai *expected return* positif terbesar yaitu pada ANTM.

Expected return dan varian pada portofolio pasar mingguan dihitung dengan menggunakan data IHSG dengan periode dan frekuensi yang sama, sehingga diperoleh *expected return* pasar atau $E(R_M)$ sebesar 0.0021 dan varian pasar atau σ_M^2 sebesar 0.0004. Nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai C_i sebagai acuan dalam menentukan *cut-off point*.

Selanjutnya menentukan nilai *Return Bebas Risiko* (RBR) sebagai syarat seleksi pemilihan saham untuk dianalisis ke tahap selanjutnya. Jika nilai *expected return* saham individu $E(R_i) > RBR$, maka saham individu tersebut dipilih untuk langkah analisis berikutnya. Nilai RBR dihitung dari BI rate bulanan yang dikonversi ke mingguan

menghasilkan nilai *RBR* rata-rata per minggu sebesar 0.0007. Tabel 2 berikut merupakan perhitungan untuk memilih calon saham portofolio optimal yang terpilih.

Tabel 1. Expected Return dan Varian Realisasi Saham Individu

No	Saham	Expected Return Mingguan $E(R_i)$	Varian Mingguan (σ_i^2)
1	BRIS	0.0056	0.0098
2	ELSA	-0.0029	0.0037
3	IPCC	0.0097	0.0114
4	KAEF	-0.0054	0.0083
5	PEHA	-0.0064	0.0042
6	PGAS	-0.0002	0.0037
7	PPRE	-0.0042	0.0034
8	PTBA	0.0008	0.0018
9	PTPP	-0.0047	0.0049
10	SMBR	-0.0093	0.0051
11	SMGR	-0.0056	0.0028
12	TLKM	0.0059	0.0014
13	WEGE	-0.0020	0.0030
14	WIKA	-0.0064	0.0049
15	WTON	-0.0049	0.0027
16	ANTM	0.0145	0.0107
17	ADHI	-0.0001	0.0075

Tabel 2. Calon Saham Portofolio Optimal

No	Saham	$E(R_i)$	Seleksi	Keterangan
1	BRIS	0,0056	$E(R_i) > RBR$	Terpilih
2	IPCC	0,0097	$E(R_i) > RBR$	Terpilih
3	PTBA	0,0008	$E(R_i) > RBR$	Terpilih
4	TLKM	0,0059	$E(R_i) > RBR$	Terpilih
5	ANTM	0,0145	$E(R_i) > RBR$	Terpilih

Masing-masing saham calon portofolio optimal selanjutnya dihitung nilai *Excess Return to Beta (ERB)*. Sedangkan dalam penentuan pemilihan portofolio optimal dapat ditentukan berdasarkan urutan dari nilai *ERB* yang tertinggi ke terendah seperti pada Tabel 3. Dalam pemilihan portofolio, tidak memasukkan saham dengan nilai *ERB* yang terlalu rendah. Oleh sebab itu, dibutuhkan *cut-off point* atau nilai C^* sebagai batas dalam penentuan portofolio yang optimal. Nilai C^* dihitung dari nilai maksimum *cut-off rate* (C_i) saham.

Tabel 3. Alpha Rate (α_i), Beta Rate (β_i) dan ERB

No	Saham	Beta-i (β_i)	Alpha-i (α_i)	ERB
1	BRIS	0.9449	0.0039	0.0055
2	IPCC	1.7073	0.0062	0.0053
3	PTBA	3.1368	0.0079	0.0044
4	TLKM	3.3620	-0.0014	0.0015
5	ANTM	0.9336	-0.0012	0.0001

Tabel 4. Cut-Off Rate (C_i)

No	Saham	Risiko Unik (σ_{ei}^2)	A_i	B_i	C_i
1	BRIS	0.0010	4.7913	868.2893	0.0014
2	IPCC	0.0102	1.5224	286.3713	0.0017
3	PTBA	0.0067	6.4695	1472.3111	0.0025
4	TLKM	0.0052	3.1667	2160.6216	0.0022
5	ANTM	0.0015	0.0721	595.5635	0.0020
Jumlah			16.0220	5383.1568	

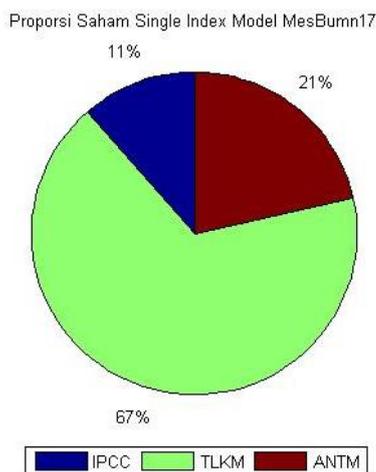
Berdasarkan Tabel 4, nilai C^* merupakan nilai maksimum dari C_i yaitu 0.0025. Terlihat dari 5 saham calon portofolio optimal, nilai *ERB* saham individu yang di atas C^* adalah saham BRIS, IPCC dan PTBA, sehingga 3 saham tersebut terpilih sebagai portofolio optimal. Artinya 2 saham lainnya yaitu TLKM dan ANTM tidak dipilih karena nilai *ERB* lebih rendah dari nilai C^* .

Setelah diperoleh portofolio optimal dengan terpilihnya 3 saham yaitu BRIS, IPCC dan PTBA, kemudian ditentukan besaran proporsi dana yang diinvestasikan di setiap saham dengan menghitung nilai dari W_i .

Tabel 5. Proporsi Dana Setiap Saham

No	Saham	Z_i	W_i	Proporsi (%)
1	BRIS	2.7676	0.6709	67.093
2	IPCC	0.4713	0.1143	11.426
3	PTBA	0.8861	0.2148	21.481
Jumlah		4.1250	1	100

Berdasarkan Tabel 5, terlihat komposisi terbesar adalah BRIS dengan proporsi sebanyak 67.093% diikuti oleh PTBA dengan proporsi sebanyak 21.481% dan terakhir IPCC dengan proporsi sebanyak 11.426%. Proporsi tersebut disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pie Proporsi Portofolio Optimal Model Indeks Tunggal MES-BUMN 17

Langkah selanjutnya melakukan perhitungan *expected return* dari pembentukan portofolio optimal berdasarkan nilai portofolio α dan portofolio β . Perhitungan nilai α_i dan W_i pada 3 saham portofolio optimal yang terpilih memperoleh nilai portofolio α (α_p) sebesar 0.005, sedangkan perhitungan nilai β_i dan W_i pada 3 saham portofolio optimal yang terpilih memperoleh nilai portofolio β (β_p) sebesar 1.5029. Dengan nilai $E(R_m) = 0.0021$ dan perolehan nilai α_p serta β_p tersebut dapat digunakan untuk menentukan perhitungan *return* portofolio optimal yaitu:

$$\begin{aligned} E(R_p) &= \alpha_p + \beta_p E(R_m) \\ &= 0.005 + (1.5029)(0.0021) \\ &= 0.0082. \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, nilai tingkat *expected return* portofolio berada di atas tingkat *expected return* pasar yaitu sebesar 0.21%. Sedangkan nilai *return* bebas risiko (RBR) rata-rata per minggu sebesar 0.067%. Dari perolehan tersebut menunjukkan bahwa *expected return* pembentukan portofolio dinilai menjanjikan. Setelah dihitung *return* di atas, kemudian dihitung risiko dengan data pada Tabel 6.

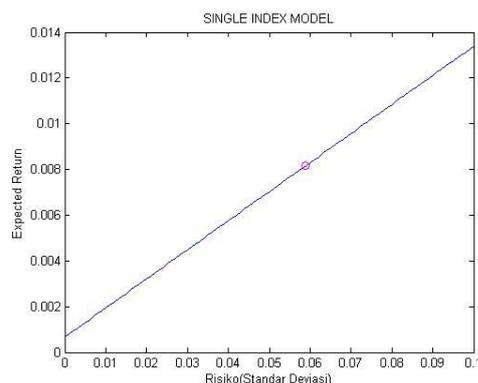
Tabel 6. Risiko Portofolio Optimal

No	Saham	σ_{ei}^2	σ_{ei}	W_i	$\sigma_{ei}W_i$
1	BRIS	0,0010	0,0321	0,6709	0,0215
2	IPCC	0,0102	0,1009	0,1143	0,0115
3	PTBA	0,0067	0,0817	0,2148	0,0176
Jumlah					0,0506

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan $\sum \sigma_{ei}W_i = 0.0506$. Dengan nilai risiko pasar σ_M^2 sebesar 0.0004 dan portofolio beta β_p sebesar 1.5029, maka didapatkan perhitungan risiko portofolio optimal yaitu:

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= \beta_p^2 \sigma_M^2 + \sigma_{eP}^2 \\ &= (1.5029)^2(0.0004) + (0.0506)^2 \\ &= 0.0035 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan risiko dari pembentukan portofolio optimal 0.0035 dan standar deviasi portofolio optimal 0.0589. Terbukti bahwa pembentukan portofolio yang optimal atau proses diversifikasi dapat mengurangi risiko investasi. Gambar 2 merupakan ilustrasi hasil kombinasi *expected return* dan risiko portofolio dari pembentukan portofolio dengan model yang telah digunakan terhadap saham-saham MES BUMN 17 pada periode *new normal* Desember 2020 – November 2021.



Gambar 2. Perbandingan *Expected Return* dan Risiko Portofolio Optimal Model Indeks Tunggal

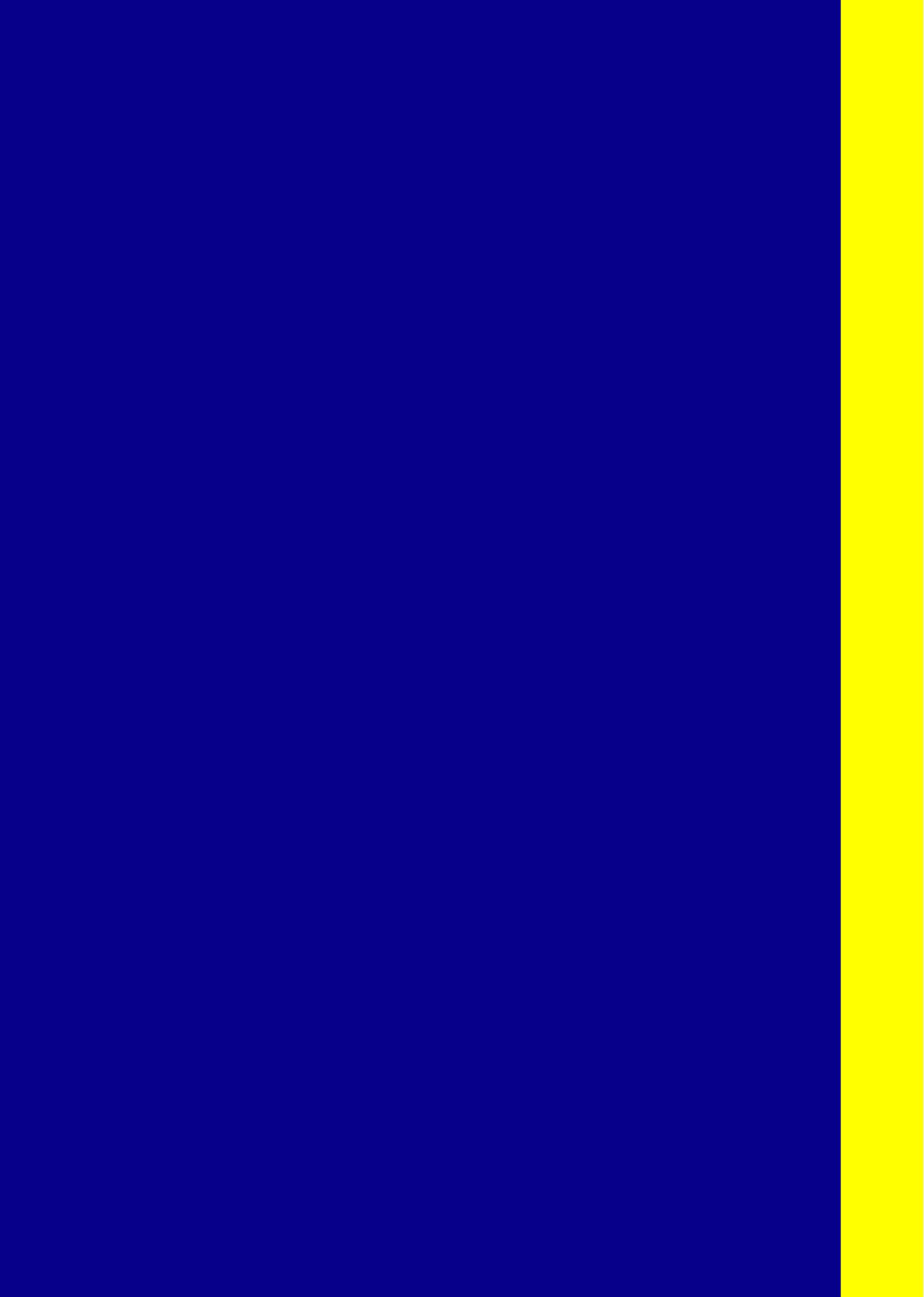
4. Penutup

Analisis perhitungan dari 17 saham yang terdaftar dalam MES BUMN 17 diperoleh pembentukan portofolio optimal yang terdiri dari 3 saham yaitu saham BRIS (Bank Syariah Indonesia Tbk.) dengan proporsi portofolio 67.093%, saham PTBA (Bukit Asam Tbk.) dengan proporsi portofolio 21.481% dan saham IPCC (Indonesia Kendaraan Terminal Tbk.) dengan proporsi portofolio 11.426%. Artinya jika memiliki dana Rp 100.000.000,- untuk diinvestasikan, maka Rp 67.093.000,- diinvestasikan ke dalam BRIS, Rp 21.481.000,- diinvestasikan ke dalam PTBA dan Rp. 11.426.000,- diinvestasikan ke dalam IPCC. Selain itu, dari pembentukan portofolio

optimal tersebut telah dianalisis perbandingan antara *expected return* dengan risikonya. *Expected return* dan risiko portofolio optimal berturut-turut sebesar 0.82% per minggu dan sebesar 0.35% per minggu. Artinya dalam skenario portofolio optimal yang diperoleh dalam analisis ini masih memberikan keuntungan bagi para investor.

Referensi

- [1] H. S. Nugroho, "Portofolio Optimal Saham Menggunakan Model Indeks Tunggal Studi Empirik pada Saham-Saham Jakarta Islamic Index (JII) Periode 2014-2018," *Liquidity: Jurnal Riset Akuntansi dan Manajemen*, vol. 9, no. 1, pp. 44-51, 2020.
- [2] L. H. Azizah, T. Topowijono, and S. Sulasmiyati, "Analisis Investasi Portofolio Optimal Saham Syariah dengan Menggunakan Model Markowitz dan Single Index Model (Studi Pada Saham Perusahaan yang Terdaftar di Jakarta Islamic Index (JII) Periode Desember 2012-Mei 2015)," *Jurnal Administrasi Bisnis*. vol. 42, no. 1, pp. 11-20, 2017.
- [3] B. N. Oktaviani, and A. Wijayanto, "Aplikasi Single Index Model dalam Pembentukan Portofolio Optimal Saham LQ45 dan Jakarta Islamic Index," *Management Analysis Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 189-202, 2015.
- [4] C. K., Dewi, and R. Masithoh, "JKSE and Trading Activities Before After Covid-19 Outbreak," *Research Journal of Accounting and Business Management (RJABM)*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, 2020.
- [5] T. Shah, "Constructing Optimal Portfolio: Sharpe's Single Index Model," *SSRN Electronic Journal (SSRN:2459417)*, 2014, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2459417>.
- [6] R. D. Ramadhan, M. G. Handayani, and M. G. W. Endang, "Analisis Pemilihan Portofolio Optimal Dengan Model Dan Pengembangan Dari Portofolio Markowitz (Studi pada indeks BISNIS-27 di Bursa Efek Indonesia periode 2011-2013)," *Jurnal Administrasi Bisnis*. vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2014.
- [7] D. P. Sari, and R. F. Suryawati, "Analisis Portofolio Optimal Saham Syariah Jakarta Islamic Index (JII) Periode 2015-2017," *JMO: Jurnal Manajemen dan Organisasi*, vol. 11, no. 1, pp. 8-21, 2020.
- [8] J. Hartono, "Teori Portofolio dan Analisis Investasi Ed Ke-11," Yogyakarta: BPFE, 2017.
- [9] S. I. U. Chasanah, *et al.*, "Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Saham-Saham Jakarta Islamic Index (JII) pada Masa Pandemi Covid-19," *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, vol. 3, no. 1, pp. 52-67, 2020.
- [10] M. S. Ashari, I. Geraldina, and P. Simorangkir, "Analysis of abnormal returns and financial performance during pandemic COVID-19: Jakarta Islamic Index (JII)," *Jurnal Al-Qardh*, vol. 6, no. 2, pp. 14-28, 2021.
- [11] A. R. Al Faruk, and A. D. Marsono, "Comparative analysis of sharia stock performance before and during covid-19 pandemic in Indonesia," *Perbanas Journal of Islamic Economics & Business*, vol. 2, no. 1, pp. 65-74, 2022.
- [12] M. Huda *et al.*, "Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Saham-Saham JII30 Dengan Model Indeks Tunggal Periode New-Normal," *Jurnal Derivat: Jurnal Natematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, pp. 32-46, 2022.
- [13] Bursa Efek Indonesia, "Indeks Saham Syariah," Retrieved February 15, 2022, from <https://www.idx.co.id/idx-syariah/indeks-saham-syariah/>.
- [14] Bank Indonesia, "Statistik indikator bi-7day," Retrieved February 15, 2022, from <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/bi-7day-rr.aspx>.
- [15] Yahoo Finance, "Harga Saham Indonesia," Retrieved February 15, 2022, from <https://finance.yahoo.com/>.
- [16] J. Hartono, "Teori dan Praktik Portofolio dengan Excel," Jakarta: Salemba Empat, 2014.



Journal of
Mathematics
Education
and Science

JAMES



9 772621 121006



9 772621 120009