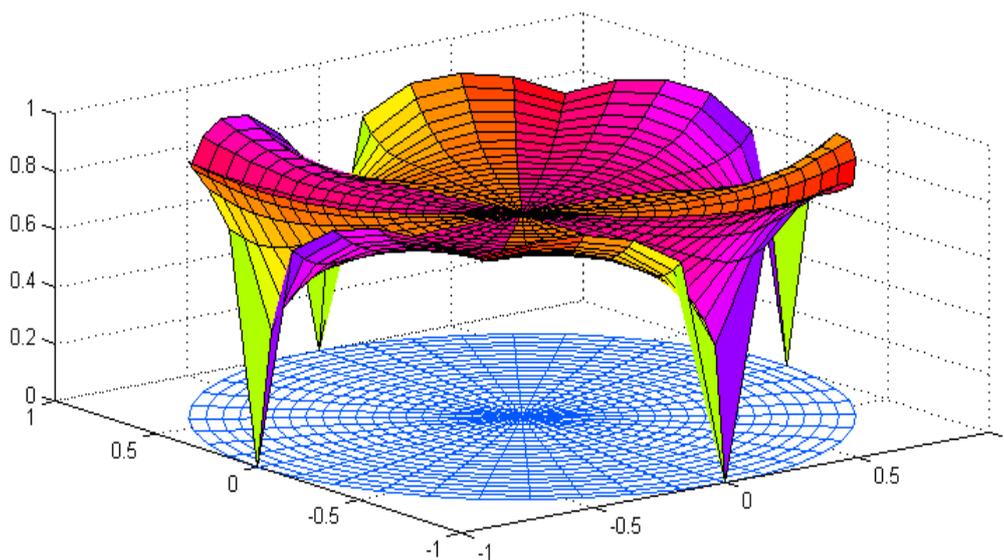


Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

p-ISSN 1978-7227 e-ISSN 2615-3017



Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

merupakan Jurnal Ilmu Matematika dan Terapannya sebagai suatu media informasi ilmiah yang menyajikan artikel (naskah) hasil penelitian meliputi bidang-bidang, sebagai berikut: matematika (analisis, aljabar & teori bilangan), matematika terapan, statistika, kontrol dan optimasi, matematika diskrit & kombinatorik, pemodelan & simulasi, fisika matematika, analisis numerikal, logika, geometri & topologi, pendidikan matematika dan matematika komputer. Jurnal ini diterbitkan tiga kali dalam setahun yaitu pada bulan Maret, Agustus dan Desember. Artikel atau naskah-naskah di dalam jurnal ini merupakan hasil-hasil penelitian pribadi ataupun kelompok yang belum pernah diterbitkan di jurnal-jurnal atau majalah ilmiah lainnya.

Diterbitkan oleh:

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Pattimura

Ambon

Desember 2018

Copyright © Jurusan Matematika FMIPA Unpatti 2018

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Jurusan Matematika
FMIPA - Universitas Pattimura

KETUA DEWAN REDAKSI

Yopi Andry Lesnussa, S.Si., M.Si

PENYUNTING AHLI

Prof. Dr. Thomas Pentury, M.Si. (Universitas Pattimura, Ambon)
Prof. Dr. Th. Laurens, M.Pd. (Universitas Pattimura, Ambon)
Prof. Dr. Basuki Widodo, M.Sc. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya)
Prof. Dr. Budi Nuraini, MS. (Universitas Padjajaran, Bandung)
Prof. Drs. Marjono, M.Phil., Ph.D. (Universitas Brawijaya, Malang)
Prof. Dr. T. G. Ratumanan, M.Pd. (Universitas Pattimura, Ambon)
Subchan, M.Sc., Ph.D. (Institut Teknologi Kalimantan (ITK), Balikpapan)
Dr. Atje Setiawan Abdullah, MS., M.Kom. (Universitas Padjajaran, Bandung)
Dr. Ikha Magdalena, M.Si. (Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung)
Dr. Rr. Kurnia Novita Sari, M.Si (Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung)
Dr. Sobri Abusini, MT. (Universitas Brawijaya (UB), Malang)
Dr. Fajar Adi Kusumo, M.Si. (Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta)
Dr. Sumardi, M.Si. (Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta)
Dr. Sutikno, S.Si., M.Si. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya)
Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom. (Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor)

PENYUNTING PELAKSANA

M. I. Tilukay, S.Si, M.Si.
B. P. Tomasouw, S.Si., M.Si.
Muh. Y. Matdoan, S.Si, M.Si
N. Lewaherilla, ST., M.Si.
J. E. T. Radjabaycolle, S.Si., M.Cs.

PENERBIT (PUBLISHER)

Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura Ambon

SEKRETARIAT DAN ALAMAT EDITOR (EDITORIAL ADDRESS)

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pattimura

Alamat : Kampus FMIPA Universitas Pattimura

Jln. Ir. M. Putuhena, Poka 97233, Ambon – Maluku, Indonesia

Website : <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/>

Email: barekeng.math@yahoo.com; Telp./HP.: 085243358669

Ucapan Terima Kasih bagi para Penyunting Pelaksana (Peer Reviewer) Volume 12 Nomor 2 Desember 2018

Redaksi BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, mengucapkan terima kasih kepada para penyunting (*reviewer*) yang telah menelaah dan menyunting naskah BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan pada terbitan Volume 12 Nomor 2, Edisi Desember 2018, berikut:

1. Dr. Fajar Adi Kusumo, M.Si. (Universitas Gadjah Mada)
Email: f_adikusumo@ugm.ac.id,
2. Sri Rejeki P. Wahyu Pramesthi, S.Si., M.Si. (IKIP Widya Darma Surabaya)
Email: purisrwp@gmail.com,
3. Dr. Sobri Abusini, M.T. (Universitas Brawijaya)
Email: Sobri@ub.ac.id,
4. Susi Setiawani, (Universitas Jember)
Email: susisetiawani.fkip@unej.ac.id,
5. Marlon Stivo Noya van Delsen, S.Si., M.Si. (Universitas Pattimura)
Email: marlonnv@gmail.com,
6. Alif Yuanita Kartini, M.Si. (Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri)
Email: yuaniaalif5@gmail.com,
7. Dr. Henry Junus Wattimanela, M.Si. (Universitas Pattimura)
Email: hwattimanela@yahoo.com,
8. Dr. Sifriyani, S.Pd., M.Si. (Universitas Mulawarman)
Email: sifri.stat.unmul@gmail.com,
9. Dr. Rr. Kurnia Novita Sari, (Institut Teknologi Bandung)
Email: kurnia@math.itb.ac.id,
10. Gabriela Haumahu, S.Si., M.Stat. (Universitas Pattimura)
Email: gbhaumahu@gmail.com,
11. Ulfasari Rafflesia, M.Si. (Universitas Bengkulu)
Email: chaul1981@gmail.com,
12. Jaka Permadi, M.Cs. (Politeknik Negeri Tanah Laut)
Email: jakapermadi.88@politala.ac.id,
13. Affaf, M.Si. (STKIP PGRI Bangkalan)
Email: mohaffaf@stkipgri-bkl.ac.id,
14. Nurwan, M.Si. (Universitas Negeri Gorontalo)
Email: nurwan@ung.ac.id,
15. Lusye Bakarbesy, S.Si., M.Sc. (Universitas Pattimura)
Email: bakarbesylusye@gmail.com,
16. Noriska Lewaherilla, ST. M.Si. (Universitas Pattimura)
Email: lewaherillanorisca@gmail.com,



PENELITIAN

- | | | |
|--|--|------------------|
| <p>PENINGKATAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE MAKE A MATCH (Suatu Kajian Pada Siswa Kelas VIII SMP Negeri 15 Ambon)
<i>The Improvement of Students' Mathematical Achievement through the Application of Cooperative Learning Type Make a Match (A Study on 8th Grade Students of SMP Negeri 15 Ambon)</i></p> | <p>Thasya Juliet Titahena
Maggy Gaspersz
Darma Andreas Ngilawajan</p> | <p>001 - 008</p> |
| <p>MODEL ARCH(1) DAN GARCH(1,1) PADA PERAMALAN HARGA SAHAM PT. COWELL DEVELOPMENT Tbk.
<i>Arch(1) and Garch(1,1) Model in Stock Price Forecasting of Cowell Development Corp.</i></p> | <p>Rosna Ningsih Bilondatu
Nurwan
Dewi Rahmawaty Isa</p> | <p>009 - 018</p> |
| <p>EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN TEAM ASSISTED INDIVIDUALIZATION (TAI) DAN GROUP INVESTIGATION (GI) TERHADAP PRESTASI BELAJAR MATEMATIKA DITINJAU DARI MOTIVASI BELAJAR SISWA
<i>Effectiveness of Team Assisted Individualization (TAI) and Group Investigation (GI) Learning Models on Mathematical Learning Achievement Viewed from Student Learning Motivation</i></p> | <p>Erny Untari
Ana Wahyuningrum</p> | <p>019 - 024</p> |
| <p>PEMILIHAN MODEL TERBAIK PADA ANALISIS REGRESI LINIER MULTIVARIAT DENGAN KRITERIA AIC
<i>Best Model Election on Multivariate Linear Regression Analysis with AIC Criterion</i></p> | <p>Marlon S. Noya van Delsen
Salmon N. Aulele
Henry W. M. Patty
Natalia Kelbulan</p> | <p>025 - 032</p> |
| <p>ANALISIS REGRESI LOGISTIK ORDINAL TERHADAP FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI WAKTU KELULUSAN MAHASISWA S1 DI FMIPA UNPATTI AMBON TAHUN 2016 DAN 2017
<i>Ordinal Logistic Regression Analysis of Factors Influencing Graduation Time for Students in FMIPA Unpatti Ambon on 2016 and 2017</i></p> | <p>Mozart Winston Talakua
Albertina Ratuanak
Venn Yan Ishak Ilwaru</p> | <p>033 - 038</p> |
| <p>JADWAL PELAYANAN SISTEM ANTREAN 5 SERVER DALAM ALJABAR MAX-PLUS INTERVAL
<i>Queue System Service Schedule for 5 Servers in Interval Max-Plus Algebra</i></p> | <p>Sri Rejeki P. W. Pramesthi
Fanny Adibah</p> | <p>039 - 046</p> |
| <p>PENERAPAN TEORI BILANGAN UNTUK MENENTUKAN KONGRUENSI PADA LAMPU LALU LINTAS
<i>Application of Number Theory to Determine Congruence in Traffic Lights</i></p> | <p>Rizal Dwi Wardani
Muh. Shobri Kurniawan</p> | <p>047 - 052</p> |
| <p>ESTIMASI KECEPATAN DAN PANJANG LARIAN LONGSOR BERDASARKAN PENDEKATAN LONGSOR ELM
<i>Estimates of Velocity and Slide Travel Distance using ELM Sliding Approach</i></p> | <p>Matheus Souisa
Sisca M. Sapulete
Sean O. Souisa</p> | <p>053 - 060</p> |

**BAREKENG: Jurnal ilmu matematika dan terapan,
telah terindeks:**

1. Google Scholar



2. Public Knowledge Project (PKP) index



3. One Search Indonesia



4. Crossref DOI



5. Index Copernicus



6. Bielefeld Academic Search Engine



7. GARUDA (Garba Rujukan Digital)



MODEL DEGRADASI *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* OLEH BAKTERI *ESCHERCHIA COLI*

Taufan Talib^{1*}

¹Departemen Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
Jalan Wari Raya, Tobelo, Indonesia

e-mail: ^{1*}taufan.talib@gmail.com

Corresponding Author *

Abstrak

Degradasi *Polyethylene Terephthalate* (PET) menggunakan bakteri *Escherchia Coli* (E-Coli) dalam sistem *whole cell biocatalys*. Bakteri E-Coli akan menghasilkan enzim *LC-Cutinase* dipermukaan sel dan digabungkan dengan PET, sehingga PET dapat terurai. Reaksi *LC-Cutinase* dan PET berlangsung selama tiga hari. Model yang terbentuk sudah dapat menjelaskan fenomena degradasi PET.

Kata Kunci: bakteri *e-coli*, degradasi, pet

DEGRADATION MODEL OF *POLYETHYLENE* *TEREPHTHALATE* BY *ESCHERCHIA COLI* BACTERIA

Abstract

Degradation of *Polyethylene Terephthalate* (PET) using *Escherchia Coli* (E-Coli) bacteria in a *whole cell biocatalys* system. E-Coli bacteria will produce *LC-Cutinase* enzyme surface of the cell and coupled with PET, so PET can decompose. *LC-Cutinase* reaction and PET lasts for three days. Models that are formed already can explain the phenomenon of PET degradation.

Keywords: *e-coli* bacteria, degradation, pet

1. PENDAHULUAN

Polyethylene terephthalate (PET) banyak digunakan terutama untuk memproduksi botol minuman (juga pakaian, karpet, dan produk lainnya), tetapi PET memiliki kelemahan resistensi terhadap degradasi. Botol dan benda lain yang terbuat dari PET membutuhkan setidaknya 800 tahun untuk terurai di tempat pembuangan sampah atau laut. Antara 4,8 miliar hingga 12,7 miliar kilogram plastik dibuang di lautan setiap tahun [1].

Dalam penelitian tim IGEM Indonesia, dirancang sebuah sistem degradasi limbah PET menggunakan bakteri *Escherchia Coli* (E-Coli) dalam sistem *whole cell biocatalys*. Bakteri akan menghasilkan enzim *LC-Cutinase* dipermukaan sel sehingga PET dapat terurai [2]. Adapun tujuan penulisan, yaitu mengetahui proses degradasi PET dan dinamika *LC-Cutinase* terhadap PET.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bakteri E-Coli

Bakteri E-Coli yang dipakai adalah bakteri E-Coli BL21 DE3. Tipe mikroba rekombinan BL21 yang diciptakan dari bakteri E-Coli tipe B dan secara khusus dibangun untuk ekspresi tingkat tinggi protein rekombinan. Tipe ini memiliki dua karakteristik penting yang membuat ideal untuk ekspresi protein, penanda genetik dan kemampuan ekspresi protein secara *inducible*. Penanda genetik yang paling penting membantu RNA rekombinan dan/atau protein menumpuk ke tingkat tinggi tanpa degradasi. *Inducibility* membantu untuk meminimalkan efek racun dari beberapa protein rekombinan. Pilihan bakteri E-Coli tipe ini karena sistem bakteri E-Coli didesain agar dapat memproduksi enzim terus menerus tanpa membutuhkan aktifator secara konstitutif [2].

2.2. Proses Degradasi PET

LC-Cutinase yang digabungkan dengan *outer membrane protein A* (*ompA*) untuk mendegradasi PET. *LC-Cutinase* sendiri adalah biokatalis yang mampu memecah ikatan ester pada struktur PET melalui enzim esterase. Enzim ini berada pada permukaan membran bakteri, sehingga enzim tidak bergerak dan lebih stabil terhadap panas. Di sisi lain, PET yang memiliki massa molekul tinggi dapat terdegradasi secara langsung tanpa perlu masuk ke dalam sel bakteri [3].

LC-Cutinase akan diproduksi terus menerus hingga bakteri mengalami stres. Saat kondisi stres, akan terjadi salah pelipatan protein sehingga menghasilkan *Inclusion Body*. *Inclusion Body* tidak dapat mendegradasi PET dan akan menumpuk di dalam sel, sehingga regulasi dirancang untuk memperbaiki atau memulihkan inefisiensi sistem biodegradasi. Ketika *Inclusion Body* muncul, *PibpAB* akan mengaktifasi produksi mRNA TetR dan menghasilkan TetR. Kemudian TetR akan menempel pada TetO dan menghentikan ekspresi *LC-Cutinase* dengan cara menekan produksi mRNA [3].

Produksi mRNA yang ditekan akan berkurang, sehingga mengakibatkan banyaknya konsentrasi mRNA yang ditranskripsi ikut berkurang. Hal ini berujung pada produksi *LC-Cutinase* dan penumpukan *Inclusion Body* turut berkurang. Proses ini akan terus berlangsung selama bakteri masih dalam kondisi stres. Setelah pulih, bakteri dapat kembali memproduksi *LC-Cutinase* [3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

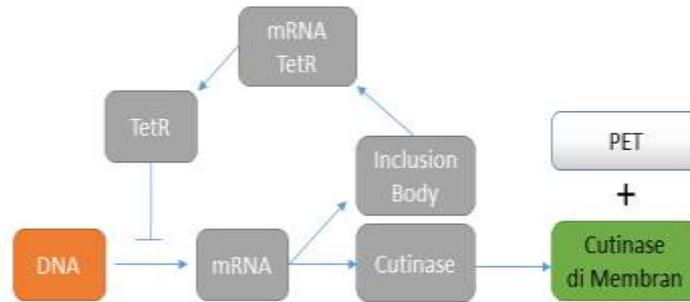
3.1. Model Matematika Degradasi PET

Asumsi yang digunakan dalam model degradasi, yaitu:

- Tidak ada perubahan suhu, pH, dan tekanan selama proses berlangsung
- Bakteri sudah mulai mengekspresikan *LC-Cutinase* dan *Inclusion Body* (dalam jumlah yang sangat kecil) sebelum direaksikan dengan PET
- Mekanisme *LC-Cutinase* dianggap sama untuk semua bakteri
- LC-Cutinase* di membran sel tidak mempengaruhi *LC-Cutinase* didalam sel

3.2. Model Matematika

Berikut interaksi antar komponen biokimia dalam mendesain bakteri tersebut pada proses degradasi PET.



Gambar 1. Proses degradasi PET

Gambar 1, menjelaskan bahwa mRNA (M) dihasilkan dari proses transkripsi DNA, setelah ditranslasikan menjadi enzim LC -Cutinase (C) atau $Inclusion\ Body$ (I). Misalkan sebanyak x mRNA (xM) ditranslasi menjadi LC -Cutinase, sedangkan sisanya $(1-x)$ mRNA ditranslasi menjadi $Inclusion\ Body$, dengan $0 < x < 1$. Model matematika untuk laju konsentrasi LC -Cutinase dan $Inclusion\ Body$ sebagai berikut.

$$\frac{dC}{dt} = \alpha_c xM - \gamma_c C \tag{1}$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha_i (1-x)M - \gamma_i I \tag{2}$$

Dalam hal ini, semakin banyak $Inclusion\ Body$ akan menyebabkan semakin sedikit LC -Cutinase. Dengan demikian dipilih

$$x = \frac{1}{1+I}$$

Substitusikan x ke persamaan (1) - (2), sehingga diperoleh model laju konsentrasi LC -Cutinase dan $Inclusion\ Body$.

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\alpha_c M}{1+I} - \gamma_c C \tag{3}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha_i MI}{1+I} - \gamma_i I \tag{4}$$

Berikutnya produksi mRNA TetR diaktivasi oleh $Inclusion\ Body$ yang selanjutnya ditranslasikan menjadi TetR. Enzim TetR ini akan menekan atau menghentikan proses transkripsi DNA. Sel akan berhenti memproduksi enzim LC -Cutinase maupun $Inclusion\ Body$, sehingga konsentrasi $Inclusion\ Body$ akan berkurang demikian pula dengan konsentrasi mRNA TetR dan TetR. Akibatnya proses transkripsi MRNA yang menghasilkan LC -Cutinase akan meningkat hingga pada suatu waktu tertentu mulai muncul $Inclusion\ Body$ dan siklus diatas berulang kembali.

Model matematika untuk laju konsentrasi mRNA mengikuti persamaan Hill dengan repressor (dalam hal ini yang berperan sebagai repressornya adalah TetR) dan laju konsentrasi mRNA TetR mengikuti persamaan Hill, sedangkan laju konsentrasi TetR menunjukkan produksi dan kematian secara alami (degradasi). Sehingga model matematika untuk laju konsentrasi mRNA, mRNA TetR, dan TetR sebagai berikut.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\alpha_m}{1 + \left(\frac{R}{K}\right)^n} - \gamma_m M \tag{5}$$

$$\frac{dMr}{dt} = \frac{\alpha_{mr}I}{K_{mr}^n + I^n} - \gamma_{mr}Mr \tag{6}$$

$$\frac{dR}{dt} = \alpha_r Mr - \gamma_r R \tag{7}$$

Pada *LC-Cutinase* di membran sel diperoleh dari transpor *LC-Cutinase* di dalam sel. Sementara itu terdapat *carrying capacity LC-Cutinase* di membran, sehingga terjadi persaingan *LC-Cutinase* di dalam sel terhadap produksi *LC-Cutinase* yang berada di membran sel. Model *LC-Cutinase* di membran mengikuti model logistik karena terdapat *carrying capacity*. Model PET mengikuti model Michaelis-Menten, karena Reaksi enzimatik adalah reaksi kimia yang melibatkan enzim. Reaksi tersebut membuat enzim mengikat substrat dan mengubahnya menjadi produk. Setiap reaksi enzimatik memiliki laju reaksi, yakni laju perubahan substrat menjadi produk [4], Lebih lanjut didapat model sebagai berikut:

$$\frac{dCmb}{dt} = \alpha_{mb}C\left(1 - \frac{Cmb}{L}\right) - \gamma_{mb}Cmb \tag{8}$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{k_2[Cmt][P]}{k_p + [P]}, Cmt = Cmb * tb \tag{9}$$

Selanjutnya variabel dan parameter yang digunakan dalam persamaan diatas, dengan nilai parameter yang telah di analisis [3].

Tabel 1. Variabel

Variabel	Deskripsi	Satuan
<i>M</i>	Konsentrasi mRNA	μM
<i>C</i>	Konsentrasi <i>LC-Cutinase</i>	μM
<i>I</i>	Konsentrasi <i>Inclusion Body</i>	μM
<i>Mr</i>	Konsentrasi mRNA TetR	μM
<i>R</i>	Konsentrasi mRNA TetR	μM
<i>Cmb</i>	Konsentrasi <i>LC-Cutinase</i> di membran	μM
<i>P</i>	Konsentrasi PET	<i>mg</i>

Tabel 2. Parameter

Parameter	Deskripsi	Nilai
<i>K</i>	Koefisien aktifasi untuk mRNA	1
<i>K_{mr}</i>	Koefisien aktifasi untuk mRNA TetR	0.7
<i>n</i>	Koefisien nilai Hill	3
α_m	Laju produksi mRNA	0.08
α_c	Laju produksi <i>LC-Cutinase</i>	0.001
α_i	Laju produksi <i>Inclusion Body</i>	0.005
α_{mr}	Laju produksi mRNA TetR	0.073
α_r	Laju produksi TetR	0.1
γ_m	Laju degradasi mRNA	0.005
γ_c	Laju degradasi <i>LC-Cutinase</i>	0.5
γ_i	Laju degradasi <i>Inclusion Body</i>	0.009
γ_{mr}	Laju degradasi mRNA TetR	0.03
γ_r	Laju degradasi mRNA TetR	0.03
α_{mb}	Laju produksi <i>LC-Cutinase</i> di membrane	$0.0001 m^{-1}$
γ_{mb}	Laju degradasi <i>LC-Cutinase</i> di membrane	$0.5 m^{-1}$

L	Carrying capacity <i>LC-Cutinase</i> di membrane	$0.08 \mu M$
k_2	Laju konstan konversi	$30.9 m^{-1}$
k_p	Konsentrasi untuk reaksi PET	$2100 \mu M$
tb	Total Bakteri tiap sel	$\frac{18000sel}{koloni} B(koloni)$

3.3. Analisis dan Simulasi Model

Analisis Model

Hasil Analisis dilakukan untuk mRNA, *Inclusion Body*, mRNA TetR dan TetR. Berikutnya untuk memperlihatkan perilaku osilasi. Sedangkan *LC-Cutinase* dan PET tidak dilibatkan dalam analisis karena tidak mempengaruhi hasil analisis tersebut.

Titik Tetap

Dari model matematika yang telah dibentuk pada di persamaan (4) - (7) didapat dua buah titik tetap berikut.

$$\left(I = 0, M = \frac{\alpha_m}{\gamma_m}, Mr = 0, R = 0 \right) \tag{10}$$

$$\left(I = \frac{\alpha_i M - \gamma_i}{\gamma_i}, M = \frac{\alpha_m}{\left(1 + \left(\frac{R}{K}\right)^n\right) \gamma_m}, Mr = \frac{\alpha_m I}{(K_{mr}^n + I^n) \gamma_{mr}}, R = \frac{\alpha_r Mr}{\gamma_r} \right) \tag{11}$$

Analisis titik tetap pertama (10) mudah dilakukan, tetapi tidak demikian dengan titik tetap yang kedua (11). Oleh karena itu agar lebih mudah menganalisis perilaku titik tetap yang kedua, nilai parameter pada Tabel 2 disubstitusikan pada model. Selanjutnya titik tetap yang dianalisis lebih lanjut adalah titik tetap yang **eksis**, yaitu berupa bilangan *real* dan non-negatif. Titik tetap yang diperoleh sebagai berikut.

- a. $\{I = 0, M = 16, Mr = 0, R = 0\}$
- b. $\{I = 0.081849, M = 1.947328, Mr = 0.579733, R = 1.932442\}$
- c. $\{I = 2.659325, M = 6.586785, Mr = 0.3379165, R = 1.126388\}$
- d. $\{I = 7.868997, M = 15.96419, Mr = 0.039270, R = 0.130898\}$

Analisis Kestabilan

Uji kestabilan dari titik tetap yang **eksis**, dilakukan dengan menggunakan matriks *Jacobian* berikut.

$$J = \begin{vmatrix} -\gamma_m & 0 & 0 & -\frac{\alpha_m \left(\frac{R}{K}\right)^n n}{\left(1 + \left(\frac{R}{K}\right)^n\right)^2} R \\ \frac{\alpha_i I}{1+I} & \frac{\alpha_i M}{1+I} - \frac{\alpha_i I M}{(1+I)^2} - \gamma_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_{mr} & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_r & -\gamma_r \end{vmatrix} \tag{12}$$

Untuk mendapatkan nilai eigen pada titik tetap pertama (10), substitusikan titik tetap pertama (10) ke matriks J (12), sehingga diperoleh:

$$\lambda_1 = -\gamma_m, \lambda_2 = \frac{\alpha_i \alpha_m - \gamma_i \gamma_m}{\gamma_m}, \lambda_3 = -\gamma_{mr}, \lambda_4 = -\gamma_r$$

Nilai eigen pertama, ketiga dan keempat sudah bernilai negatif, sedangkan untuk nilai eigen kedua belum diketahui. Akibatnya didapat syarat pada titik tetap pertama ini, yaitu

- a. $\alpha_i \alpha_m \leq \gamma_i \gamma_m$, mengakibatkan titik tetap tersebut stabil
- b. $\alpha_i \alpha_m > \gamma_i \gamma_m$, mengakibatkan titik tetap tersebut tidak stabil

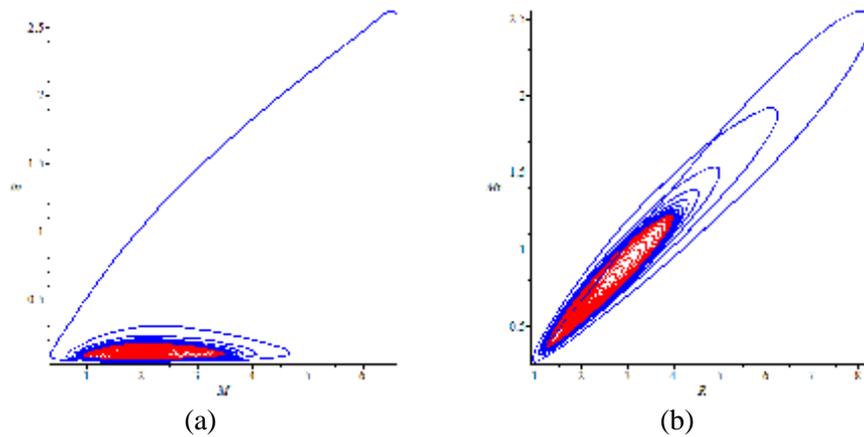
Untuk titik tetap yang bernilai real dan **eksis** diatas, diperoleh nilai eigen seperti pada Tabel 3:

Tabel 3. Kestabilan titik tetap

No	Titik Tetap	Nilai Eigen	Kestabilan
1	$I = 0, M = 16$ $Mr = 0, R = 0$	-0.005, -0.03 -0.03, 0.071	Tidak stabil
2	$\{I = 0.081849, M = 1.947328,$ $Mr = 0.579733, R = 1.932442\}$	0.000314 ± 0.009561 -0.033154 ± 0.0097561	Tidak stabil
3	$\{I = 2.659325, M = 6.586785,$ $Mr = 0.3379165, R = 1.126388\}$	$0.004934, -0.040685$ -0.017895 ± 0.0150391	Tidak stabil
4	$\{I = 7.868997, M = 15.96419,$ $Mr = 0.039270, R = 0.130898\}$	$-0.004738, -0.008332$ $-0.02896, -0.030955$	Stabil

Perilaku Dinamik

Berikut diperlihatkan trajektori pada bidang fase untuk nilai awal di sekitar titik tetap 2.



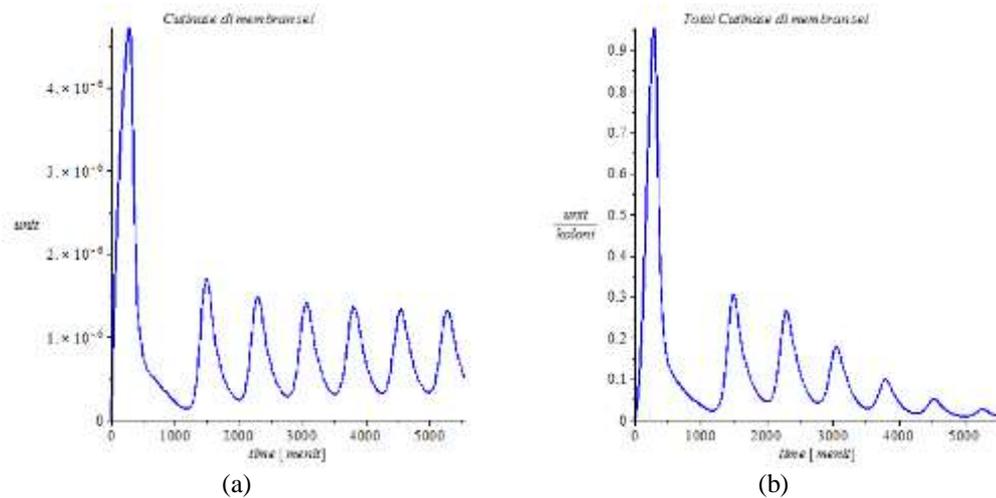
Gambar 2. Bidang Fase (a) antara *Inclusion Body* dengan mRNA, (b) antara mRNA TetR dengan TetR

Gambar 2(a), memperlihatkan perilaku antara *Inclusion Body* dengan mRNA, dimana simulasi dengan nilai awal disekitar titik tetap 3 menghasilkan solusi periodik berbentuk spiral yang bergerak ke dalam. Akan tetapi jika nilai awal yang dipakai adalah disekitar titik tetap 2, diperoleh trajektori yang beresilasi dengan bentuk spiral yang bergerak keluar, tetapi tidak pernah melewati daerah trajektori biru. Demikian juga Gambar 2(b), untuk perilaku antara mRNA TetR dan TetR memperlihatkan keadaan yang sama. Hal ini menunjukkan perilaku dinamik sistem beresilasi dengan amplitudo dan periode yang menuju nilai yang sama. Ini menunjukkan eksistensi dari *limit cycle*.

Simulasi Model

Hasil simulasi numerik dengan nilai parameter pada Tabel 2 dan nilai awal yang diberikan sesuai keadaan biologi dimana konsentrasi awal bernilai nol (kecuali *Inclusion Body* dalam jumlah yang sedikit), dikarenakan DNA belum mentranskripsi mRNA. Hasil simulasi diperoleh dengan nilai awal ($I = 0.00001, C = 0, M = 0, Mr = 0, R = 0, Cmb = 0$).

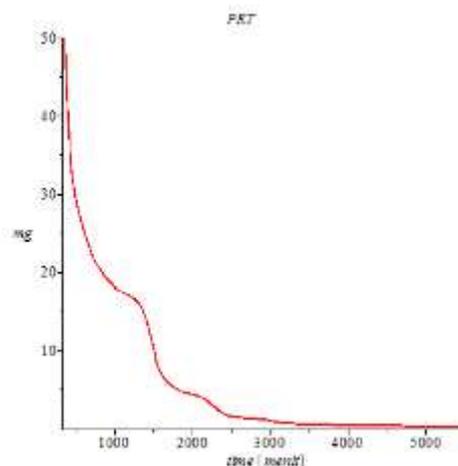
Bakteri memproduksi *LC-Cutinase* didalam sel, yang selanjutnya di transport ke membran sel. *LC-Cutinase* yang berada di membran sel nantinya akan bereaksi dengan PET. Berikut hasil simulasi untuk *LC-Cutinase* dan *LC-Cutinase* total di membran sel.



Gambar 3. Hasil simulasi (a) *LC-Cutinase* di membran, dan (b) total *LC-Cutinase* di membran

Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil simulasi *LC-Cutinase* di membran mengikuti pola hasil simulasi *LC-Cutinase* di dalam sel yang berhasil. Namun banyaknya konsentrasi *LC-Cutinase* di membran tidak sebanyak *LC-Cutinase* di dalam sel, dikarenakan *LC-Cutinase* di membran dibatasi oleh *carrying capacity*-nya. Sedangkan asumsi *LC-Cutinase* di membran itu sama untuk tiap sel bakteri, didapat hasil simulasi total *LC-Cutinase* di membran yang dipengaruhi oleh banyaknya pertumbuhan bakteri.

Selanjutnya pada menit ke 360 PET dimasukkan sebanyak 50 mg. Saat PET dimasukkan langsung terjadi proses degradasi, yang mengakibatkan PET terurai. PET yang terurai ini melibatkan total *LC-Cutinase* di membran. Hasil degradasi PET oleh total *LC-Cutinase* di membran bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Hasil simulasi degradasi PET

Gambar 4 terlihat bahwa proses degradasi PET terjadi dengan cepat, hal ini disebabkan karena konsentrasi total *LC-Cutinase* di membran mencapai puncak di menit ke 360. Pada menit tersebut juga PET dimasukkan, sehingga proses degradasi langsung terjadi dan menguraikan PET dengan cepat. Namun di menit ke 2000 proses degradasi menjadi lambat, dikarenakan konsentrasi total *LC-Cutinase* di membran mengalami penurunan konsentrasi. Terjadinya proses degradasi PET berlangsung selama 3 hari

4. KESIMPULAN

Degradasi PET terjadi begitu cepat pada saat bereaksi dengan *LC-Cutinase*. Proses terurainya PET selama tiga hari, model yang telah dibentuk sudah merepresentasikan fenomena biologi yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] S. Paulo, "Research Enhances Enzyme That Degrades Plastic," www.eurekalert.org. [Online] 2018. Available: https://www.eurekalert.org/pub_release/2018-05/fda-ree052818.php
- [2] IGEM,ITB, "ColiPlaster," 2014.igem.org [Online] 2018. Available: http://2014.igem.org/Team:ITB_Indonesia.
- [3] T. Talib, "Model Regulasi Pada Biodegradasi Polyethylene Terephthalate (PET)," *Jurnal Berekeng FMIPA Unpatti*, vol. 10, no. 2, 107-115, 2016.
- [4] E.Klipp, R.Herwig,A.Kowald,C.Wierling,H.Lehrach. System Biology in Practice Part II: Standar Model and Approaches in System biology, Michaelis-Menten kinetics, 144-148. Wiley-vch, 2013.
- [5] F. Brauer, C. Castillo-Chaves, *Mathematical Model in Population Biology and Epidemiology*, 2nd s.l : Springer, 2010.

PENJADWALAN WAKTU PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH DENGAN MENGGUNAKAN CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Tinggal di Desa Amahusu Kota Ambon)

Venn Y. I. Ilwaru^{1*}, Dorteus L. Rahakbauw², Jeky Tetimelay³

^{1,2,3} Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia
e-mail: ^{1*} vennilwaru007@gmail.com ; ² lodewyik@gmail.com ; ³ jeky_tetimelay@yahoo.com

*Corresponding Author **

Abstrak

Penjadwalan proyek merupakan bagian yang paling penting dari sebuah perencanaan proyek, yaitu untuk menentukan kapan sebuah proyek dilaksanakan berdasarkan urutan tertentu dari awal sampai akhir proyek. CPM (*Critical Path Method*) merupakan salah satu metode yang di gunakan dalam menganalisis penjadwalan waktu kerja sebuah proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jalur kritis yang di dalamnya terdapat aktivitas-aktivitas kritis dan membandingkan penjadwalan waktu antara waktu kerja yang di jadwalkan pemilik proyek dan waktu kerja yang di jadwalkan dengan metode CPM, pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 84 ukuran 7m x 12m di desa Amahusu Kota Ambon. Dalam penelitian ini data yang di ambil adalah data primer, yang di peroleh langsung dari hasil wawancara antara pemilik proyek dan peneliti. Hasil pembahasan penelitian ini menunjukkan bahwa jalur kritis yang diperoleh jaringan kerja proyek pembangunan rumah ini adalah jalur A, B, E, J, N, O, Q yang meliputi aktivitas galian pondasi, pasang pondasi, pekerjaan (kusen, pintu, jendela), pemasangan gordena, pemasangan instalasi listrik, pengecatan, dan *finishing*. Sehingga waktu yang diperlukan untuk penjadwalan penyelesaian proyek tersebut berdasarkan hasil analisis CPM adalah 136 hari waktu normal dan 95 hari waktu cepat untuk penyelesaian proyek tersebut.

Kata Kunci: *Critical path method, Penjadwalan waktu, Proyek pembangunan rumah*

TIME SCHEDULE PROJECT OF HOUSING DEVELOPMENT USING CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) (Study Case: Residential Development in Amahusu Village, Ambon City)

Abstract

Project scheduling is the most important part of a project plan, which is to determine when a project is executed in a certain order from start to finish. CPM (*Critical Path Method*) is one of the methods used in analyzing the scheduling of a project's working time. The purpose of this research is to know the critical path in which there are critical activities and compare the scheduling of time between work time scheduled by project owner and work time scheduled by CPM method, on project of residential type 84 building size 7m x 12m in the Amahusu village of Ambon City. In this study the data taken is the primary data, which is obtained directly from the results of interviews between project owners and researchers. The results of this study indicate that the critical paths obtained by the network of the house-building project are the A, B, E, J, N, O, Q lines that include foundation excavation activities, foundation pairs, work (frames, doors, windows), installation of curtains, installation of electrical installation, painting, and finishing. So the time required for scheduling the completion of the project based on CPM analysis results is 136 days of normal time and 95 days of fast time for completion of the project.

Keywords: *CPM, Critical Path, Timing Scheduling*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan Ekonomi dan tuntutan pembangunan di berbagai sektor berkembang sangat pesat, sehingga dampaknya semakin dirasakan pada daerah-daerah yang sedang berkembang terutama pada belahan bumi Indonesia ini. Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mempunyai saat awal, akan dilaksanakan serta diselesaikan dalam jangka waktu tertentu untuk mencapai suatu tujuan [1]. Banyak pihak swasta dan pemerintah berlomba untuk melakukan pembangunan, baik itu pembangunan pribadi maupun pembangunan demi kesejahteraan daerahnya. Kegiatan pembangunan ini dapat berupa proyek, misalnya proyek pembangunan gedung perkantoran, proyek pembangunan jalan tol, proyek pembangunan jembatan penyebrangan, proyek pembangunan rumah dan lain sebagainya.

Pelaksanaan sebuah proyek akan membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian waktu kegiatan proyek yang baik. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi berjalannya sebuah proyek pembangunan antara lain sumber daya yang baik, ketersediaan alat dan bahan yang dapat memenuhi standar pekerjaan proyek tersebut maupun kondisi alam yang tidak memungkinkan ketika proyek ini di jalankan. Faktor-faktor tersebut juga dapat menyebabkan keterlambatan waktu kerja, karena tidak sesuai dengan perencanaan waktu yang sebenarnya. Sebuah proyek telah dirancang proses pengerjaannya dan harus terselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan serta hasil proyek harus sesuai dengan yang sudah direncanakan. Keberhasilan sebuah proyek dapat dilihat dari kesesuaian serta ketepatan waktu dalam penyelesaian proyek tersebut.

Penjadwalan proyek dapat membantu untuk memperlihatkan hubungan antar aktivitas yang di lakukan proyek tersebut. Penjadwalan ini juga berfungsi untuk mendahulukan proses perjalanan sebuah aktivitas terdahulu sebelum aktivitas berikutnya di jalankan. Salah satu metode penjadwalan yang dapat di gunakan adalah CPM (*Critical Path Method*). Menurut Adedeji dan Bello dalam [2] keuntungan CPM yaitu cocok untuk penjadwalan, formulasi, dan mengolah berbagai kegiatan di semua pekerjaan kontruksi, karena menyediakan waktu yang dibangun berdasarkan pengalaman, serta pengamatan yang telah dilakukan. Proyek rumah ini dibangun atas dasar permintaan pemilik yang harus segera dipenuhi. Kebutuhan rumah sederhana ini akan sangat membantu pemilik rumah dalam urusan tempat tinggal, sehingga akan terasa nyaman saat di huni. Dengan mempertimbangkan kualitas, biaya, dan waktu maka diharapkan pemilik rumah akan merasa puas dengan bangunan rumah yang akan diperoleh.

Jaringan kerja merupakan suatu metode yang dianggap mampu memberikan teknik dasar dalam menentukan urutan dan durasi kegiatan unsur proyek sehingga dapat digunakan memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan [3]. *Gantt Chart* adalah suatu alat yang bernilai khususnya untuk proyek-proyek dengan jumlah anggota tim yang sedikit, proyek mendekati penyelesaian dan beberapa kendala proyek. *Gantt Chart* merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dana lokasi waktu [4]. *Gantt Chart* adalah contoh teknik non-matematis yang banyak digunakan dan sangat populer dikalangan para manajer karena sederhana dan mudah dibaca. *Gantt Chart* dapat membantu penggunaanya untuk memastikan bahwa semua kegiatan telah direncanakan, urutan kerja telah diperhitungkan, perkiraan waktu kegiatan telah tercatat, dan keseluruhan waktu proyek telah dibuat [4].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tipe penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif terhadap data-data yang bersifat kuantitatif, seperti data waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas proyek. Data yang di gunakan dalam penelitian ini adalah data primer, yang diperoleh langsung dari hasil wawancara antara pemilik proyek dan peneliti. Data primer dari penelitian ini berupa :

- a. Data nama aktivitas proyek
- b. Urutan aktivitas proyek
- c. Data waktu yang digunakan pada proyek pembangunan rumah tersebut.

Teknik analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan CPM untuk menentukan jalur kritis dalam pembangunan proyek rumah tersebut. Jalur kritis merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama [3].

Untuk mencari jalur kritis, ada 2 ukuran yang dihitung untuk setiap titik. Misalkan t_{ij} adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas dari titik i ke titik j maka perhitungannya sebagai berikut [5]:

1. ES_j (*Earliest Start* kegiatan j), yaitu waktu tercepat untuk memulai pekerjaan di titik j . Pekerjaan yang dimulai dari titik j , baru dapat dimulai apabila semua prasyaratnya sudah selesai.

$$ES_j = \max_i ES_i + t_{ij}$$

Perhitungan ES dimulai dari titik awal hingga titik akhir (perhitungan maju). Nilai ES untuk titik awal = 0. ES di titik- j dapat dihitung bila semua ES di titik prasyaratnya sudah diketahui.

2. LC_i (*=Latest Completion* kegiatan i) yaitu waktu terlama untuk memulai kegiatan di titik- i . Apabila ditunda lagi maka penyelesaian keseluruhan proyek akan mundur.

$$LC_i = \min_j LC_j - t_{ij}$$

Perhitungan LC dilakukan mundur, yaitu dari titik akhir ke titik awal. Nilai LC di titik akhir sama dengan nilai ES di titik tersebut. LC di titik- i dapat dihitung jika LC di semua titik penerusnya (titik-titik yang menggunakan titik- i sebagai prasyarat) sudah diketahui.

Waktu tercepat penyelesaian seluruh proyek adalah ES di titik akhirnya. Jalur kritis jaringan proyek adalah path dari titik awal ke titik akhir yang melalui semua titik dengan $ES=LC$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Proses Kegiatan Proyek

Pekerjaan pembangunan rumah ini dikerjakan sampai selesai selama 238 hari. Proyek pembangunan rumah ini dikerjakan oleh enam pekerja yang terdiri dari tiga pekerja tukang dan tiga pekerja kuli. Proyek pembangunan rumah ini ditangani oleh Pemilik Proyek yang bernama Bapak Henock Djami. Untuk persediaan material berupa bahan-bahan yaitu pasir, batu, semen, Kayu dan lain sebagainya sudah di sediakan langsung oleh pemilik rumah tersebut. Sedangkan sebagian alat-alat yang akan digunakan sudah di sediakan langsung oleh pemilik proyek. Dalam pembahasan ini data yang di gunakan adalah data primer yang diperoleh langsung dari hasil wawancara antara peneliti dan pemilik proyek. Data tersebut dapat berupa urutan nama aktivitas pekerjaan, aktivitas lanjutan, data durasi waktu tercepat dan data durasi waktu normal.

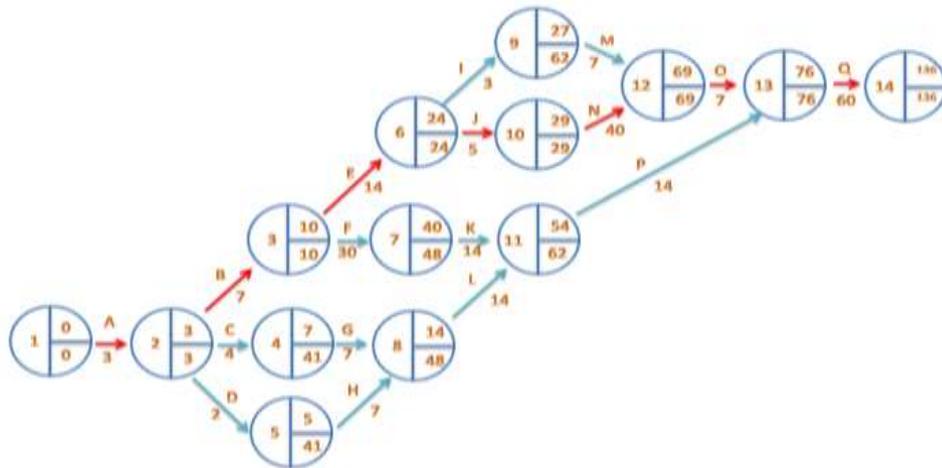
Tabel 1. Rekapitulasi Aktivitas Proyek

No	Urutan Aktivitas	Simbol Aktivitas	Aktivitas Lanjutan	Durasi (hari) Waktu Normal	Durasi (hari) Waktu Cepat
1	Galian Pondasi	A	B,C,D	3	2
2	Pasang Pondasi	B	E,F	7	4
3	Pembesian	C	G	4	3
4	Pengecoran Slop	D	H	2	1
5	Pekerjaan Kusen,Pintu, dan jendela	E	I,J	14	10
6	Pemasangan Batu Bata	F	K	30	21
7	Pengecoran Ring Balak	G	L	7	3
8	Pemasangan Gewel (Segitiga Rumah)	H	L	7	4
9	Pemasangan Ring Usuk (Gorden)	I	M	3	2
10	Pemasangan Genteng	J	N	5	4
11	Pemlesteran	K	P	14	7

12	Pemasangan Plafon	L	P	14	7
13	Pemasangan Instalasi Listrik	M	O	7	5
14	Plamir	N	O	40	30
15	Pengecatan	O	Q	7	5
16	Pemasangan Keramik	P	Q	14	7
17	Finishing	Q	-	60	40

3.2. Analisis Jaringan Kerja Waktu Normal Dengan Menggunakan CPM

Berdasarkan data rekapitulasi Aktivitas proyek pada tabel 1 selanjutnya akan mendeskripsikan jaringan kerja waktu normalnya. Pada proses berjalannya pembangunan rumah ini di mulai pada tanggal 6 maret 2017 dan berakhir pada tanggal 19 juli 2017, sehingga diperoleh 136 hari kerja untuk waktu normal. Dari Tabel 1 diatas maka diperoleh diagram jaringan kerja waktu normal seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :

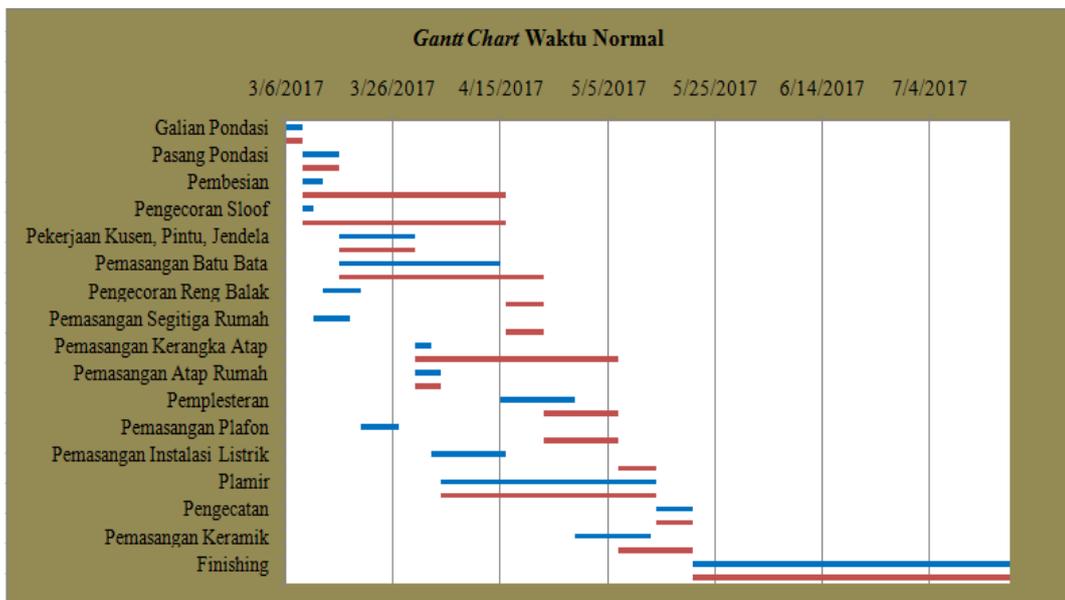


Gambar 1. Diagram Jaringan Kerja Waktu Normal

Keterangan :

: Jalur Kritis

Berdasarkan Gambar 1, maka diperoleh penjadwalan waktu normal dengan menggunakan *Gantt Chart* berikut :



Gambar 2. Gantt Chart Waktu Normal

Keterangan :

 : Earliest Time
 : Latest Time

Pada Gambar 2, ini menjelaskan alur berjalannya setiap aktivitas proyek, mulai dari aktivitas pertama yaitu galian pondasi sampai aktivitas terakhir yaitu *finishing*. Berdasarkan gambar 1 maka terlihat bahwa ada lima jalur penyelesaian pada proyek pembangunan rumah tersebut yaitu:

- a. A B E I M O Q
- b. A B E J N O Q
- c. A B F K P Q
- d. A C G L P Q
- e. A D H L P Q

Dari ke lima jalur penyelesaian tersebut jalur kritisnya adalah A, B, E, J, N, O, Q yang aktivitas-aktivitasnya yaitu galian pondasi, pasang pondasi, pekerjaan kusen pintu jendela, pemasangan kerangka atap, pemasangan instalasi listrik, pengecatan, dan *finishing*. Jalur yang terdiri dari aktivitas-aktivitas kritis ini sangat sensitive terhadap keterlambatan waktu kerja proyek. Jadi, apabila salah satu dari aktivitas-aktivitas kritis ini tidak di laksanakan sesuai dengan waktu yang telah di tentukan maka akan sangat mempengaruhi keterlambatan pada proses pekerjaan proyek tersebut. Berdasarkan jalur kritis ini maka akan diketahui kapan proyek pembangunan rumah tersebut dapat terselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan menggunakan CPM. Untuk mengetahui berapa lama waktu normal yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek tersebut adalah dengan cara menjumlahkan durasi-durasi untuk setiap aktivitas pada jalur kritis tersebut, sehingga diperoleh 136 hari waktu normal untuk menyelesaikan proyek pembangunan rumah tersebut.

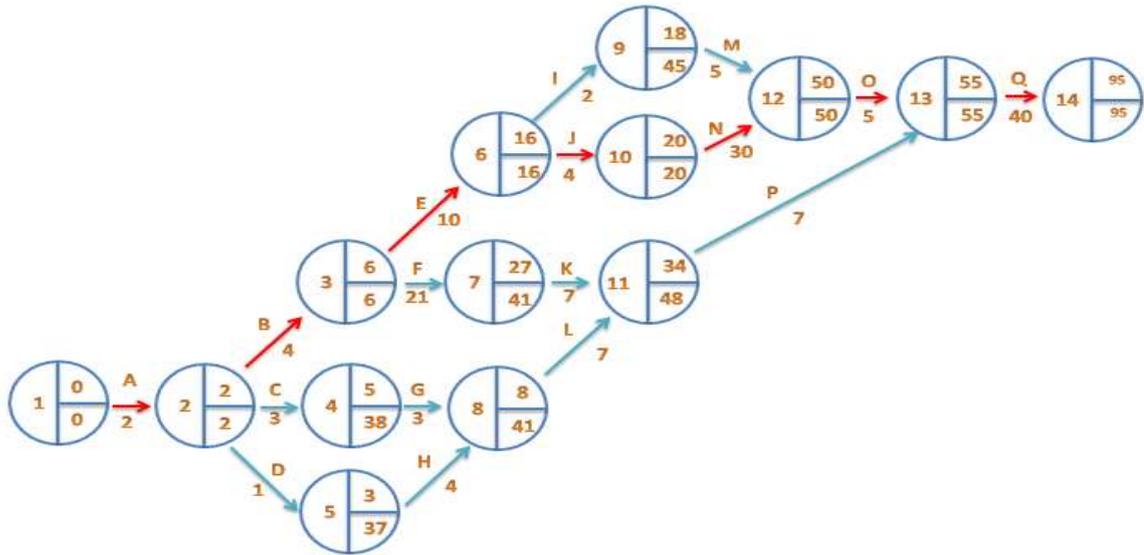
3.3. Analisis Jaringan Kerja Waktu Cepat Dengan Menggunakan CPM

Pada proses pengerjaan Analisis Jaringan Kerja Waktu Cepat ini sama saja dengan pengerjaan Analisis Jaringan Kerja Waktu Normal. Berdasarkan data rekapitulasi Aktivitas proyek pada Tabel 1, kita akan mendeskripsikan jaringan kerja waktu normalnya.

Tabel 2. Aktivitas Waktu Cepat

No	Urutan Aktivitas	Simbol Aktivitas	Aktivitas Lanjutan	Durasi (hari) Waktu Cepat
1	Galian Pondasi	A	B,C,D	2
2	Pasang Pondasi	B	E,F	4
3	Pembesian	C	G	3
4	Pengecoran Slop	D	H	1
5	Pekerjaan Kusen, Pintu, dan jendela	E	I,J	10
6	Pemasangan Batu Bata	F	K	21
7	Pengecoran Ring Balak	G	L	3
8	Pemasangan Gewel (Segitiga Rumah)	H	L	4
9	Pemasangan Ring Usuk (Gorden)	I	M	2
10	Pemasangan Genteng	J	N	4
11	Pemlesteran	K	P	7
12	Pemasangan Plafon	L	P	7
13	Pemasangan Instalasi Listrik	M	O	5
14	Plamir	N	O	30
15	Pengecatan	O	Q	5
16	Pemasangan Keramik	P	Q	7
17	Finishing	Q	-	40

Pada proses berjalannya pembangunan rumah ini di mulai pada tanggal 6 maret 2017 dan berakhir pada tanggal 8 Juni 2017, sehingga diperoleh 95 hari kerja untuk waktu cepat. Dari tabel 2 maka diperoleh diagram jaringan kerja waktu cepat seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:

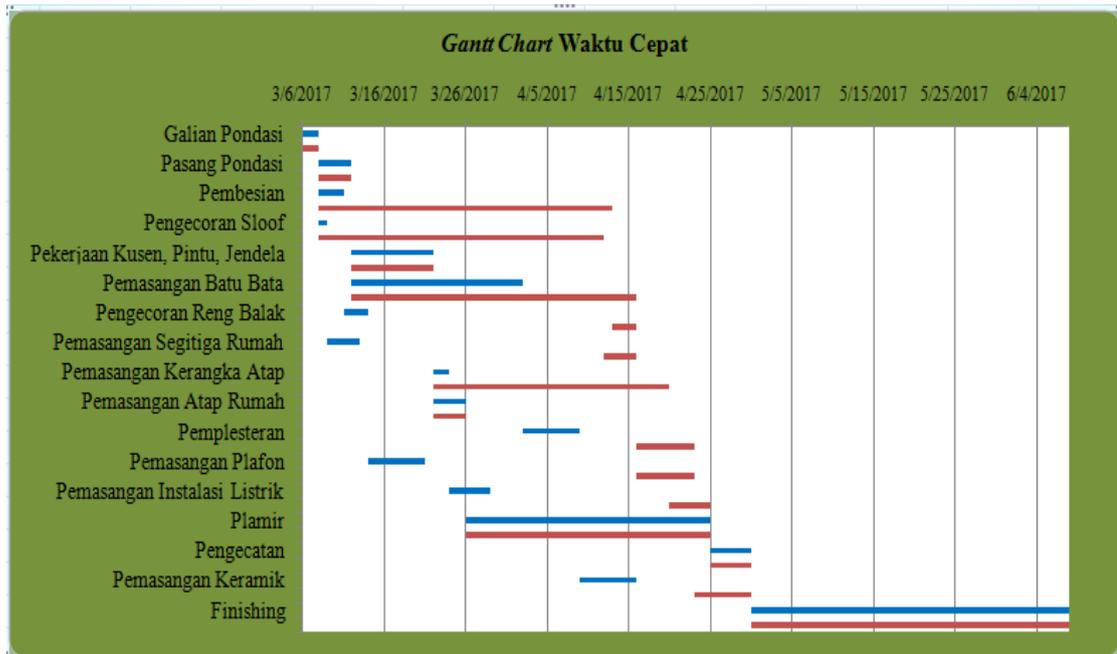


Gambar 3. Diagram Jaringan Kerja Waktu Cepat

Keterangan :

: Jalur Kritis

Berdasarkan Gambar 3, maka diperoleh penjadwalan waktu normal dengan menggunakan *Gantt Chart* sebagai berikut:



Gambar 4. Gantt Chart Waktu Cepat

Keterangan :

: Earliest Time
 : Latest Time

Pada Gambar 4, proses untuk mencari jalur kritis dan perhitungan berapa lama waktu kerja yang di butuhkan untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas pada proyek pembangunan rumah ini sama saja dengan proses mencari jalur kritis dan perhitungan waktu kerja pada Diagram Jaringan Kerja Waktu Normal. Perbedaannya yaitu lamanya waktu penyelesaian proyek tersebut berbeda. Pada Diagram Jaringan Kerja Waktu Cepat juga terdapat lima jalur yang sama dengan jalur pada Diagram Jaringan

Waktu Normal, kemudian jalur kritisnya juga sama yaitu A, B, E, J, N, O, Q. Berdasarkan jalur kritis ini maka kita akan ketahui kapan proyek pembangunan rumah tersebut dapat terselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan menggunakan CPM. Untuk mengetahui berapa lama waktu cepat yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek tersebut adalah dengan cara menjumlahkan durasi-durasi untuk setiap aktivitas pada jalur kritis tersebut, sehingga diperoleh 95 hari waktu cepat untuk menyelesaikan proyek pembangunan rumah tersebut.

4. KESIMPULAN

1. Dengan menggunakan teknik analisis data yaitu metode CPM, maka diperoleh jalur kritis dari jaringan kerja waktu normal dan waktu cepat yaitu jalur A, B, E, J, N, O, Q, di mana jalur ini meliputi aktivitas-aktivitas kritis sebagai berikut : galian pondasi, pasang pondasi, pekerjaan kusen pintu jendela, pemasangan ring usuk, pemasangan instalasi listrik, pengecatan, dan *finishing*.
2. Waktu penyelesaian setiap aktivitas pada Jalur kritis ini sama saja dengan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh aktivitas pada proyek tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa jalur kritis ini telah merangkum semua waktu berjalannya setiap aktivitas pada proyek pembangunan rumah tersebut. Berdasarkan jaringan kerja waktu normal dan jaringan kerja waktu cepat, maka di peroleh waktu penyelesaian proyek pembangunan rumah ini yaitu 136 hari waktu normal untuk penyelesaian proyek dan 95 hari waktu cepat untuk penyelesaian proyek pembangunan rumah tipe 84 ukuran 7m x 12m tersebut. Sehingga jika di dibandingkan dengan penjadwalan waktu yang ditentukan pemilik proyek yaitu 238 hari waktu normal dan 155 hari waktu cepat, lebih baiknya dan lebih cepat terselesaikannya proyek tersebut digunakan penjadwalan waktu yang diterapkan metode CPM untuk menyelesaikan proyek pembangunan rumah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. Ali, *Prinsip-Prinsip Network Planning*,. Jakarta : PT.Gramedia, 1997.
- [2] E. R. M. Iwawo, J. Tjakra, P. A. K. Prataxis, *Penerapan Metode CPM Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks EbenHaezer Manado)*,. Jurnal Sipil Statistik, 4 (9): 551-558, 2016.
- [3] Soeharto, Iman, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*,. Jakarta : Erlangga, 1999.
- [4] J. Heizer, B. Render, *Principles of Operations Management*,. USA : Pearson Prentice Hall, 2006.
- [5] J. J. Siang, *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*, Penerbit ANDI Jogjakarta, 2014.

PENERAPAN ANALISIS JALUR TERHADAP FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB ANGKA KEMATIAN BAYI DI PROVINSI MALUKU

F. Kondo Lembang^{1*}, Christof F. Romer², H. W. M. Patty³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia

e-mail : ^{1*}ferrykondolembang@gmail.com ; ²romerchristof@yahoo.com

Corresponding Author *

Abstrak

Angka Kematian Bayi (AKB) merupakan indikator kualitas pelayanan kesehatan masyarakat dan keberhasilan pembangunan di suatu negara. AKB merupakan kematian anak kurang dari satu tahun. Kematian bayi diukur sebagai tingkat kematian bayi yang merupakan jumlah kematian anak di bawah satu tahun per 1000 kelahiran. Adapun tujuan dari penelitian ini yakni mendapatkan faktor-faktor penyebab AKB di Provinsi Maluku menggunakan metode Analisis Jalur. Hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa AKB tertinggi berada di wilayah kota Tual yaitu sebesar 36 per 1000 kelahiran. Selanjutnya variabel eksogen (X) yang berpengaruh terhadap variabel endogen jumlah bayi dengan resiko Berat Badan Lahir Rendah (Y_1) untuk model jalur sub struktur I yakni variabel ibu hamil yang diukur Lingkar Lengan Atas (LILA) (X_1) dengan nilai $|t_{hitung}|$ sebesar 7,251 dimana lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262, sedangkan untuk model jalur sub struktur II variabel eksogen (X) yang berpengaruh terhadap variabel endogen Persentase AKB tiap kabupaten/kota di Maluku (Y_2) yakni variabel jumlah ibu hamil yang diukur LILA (X_1), jumlah ibu hamil yang melakukan kunjungan ke puskesmas untuk imunisasi (X_2), dan jumlah ibu hamil yang melaksanakan kunjungan ke puskesmas pertama kali saat melahirkan (X_3) dimana masing-masing memiliki nilai $|t_{hitung}|$ sebesar 2,836; 3,535; dan 2,837 lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262.

Kata Kunci: Analisis Jalur, Angka Kematian Bayi.

IMPLEMENTATION OF PATH ANALYSIS TO FACTORS CAUSING INFANT MORTALITY RATE IN MALUKU PROVINCE

Abstract

Infant Mortality Rate (IMR) is an indicator of the quality of public health services and the success of development in a country. In addition, IMR is also used as a basis for consideration in determining the Human Development Index. Infant mortality (IMR) represents child mortality less than one year. Infant mortality is measured as the infant mortality rate which is the number of child deaths under one year per 1000 births. In this research will use Path Analysis method. From the results of this study is known the highest AKB in the city of Tual that is equal to 36 per 1000 births. The magnitude of direct influence of pregnant women variable measured by LILA, visit of pregnant mother for immunization, pregnant women who implement K1 to babies with risk of LBW consecutively is 1.236, -0.445, 0.052. While the direct influence of pregnant women variables measured by LILA, pregnant women who implement K1, infants with risk of BBLR to the IMR respectively amounted to 5.267, 2.192, -3.910. For the indirect effect of pregnant women's variable measured by LILA, visit of pregnant mother for immunization, pregnant women who implement K1 to IMR through infants with risk of LBW respectively 2,709, 0.975, and 0.114.

Keywords: Path Analysis, Infant Mortality Rate

1. PENDAHULUAN

Millennium Development Goals (MDGs) adalah Deklarasi Milenium hasil kesepakatan perwakilan dari 189 negara Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) tentang arah pembangunan global yang memiliki delapan butir tujuan salah satunya menurunkan Angka Kematian Bayi (AKB). Penurunan AKB merupakan indikator derajat kesehatan masyarakat dan juga sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan Indeks Pembangunan Manusia [5].

Kematian bayi adalah kematian anak kurang dari satu tahun. Kematian bayi diukur sebagai tingkat kematian bayi, yang merupakan jumlah kematian anak di bawah satu tahun per 1000 kelahiran. Pada tahun 2016, hasil riset Badan Pusat Statistik mencatat bahwa AKB di Indonesia mencapai 25,5 kematian setiap 1.000 bayi yang lahir. Selama beberapa tahun terakhir, AKB Indonesia berangsur-angsur mengalami penurunan. Berdasarkan data Maluku Dalam Angka Tahun 2016 yang dikelola oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku, terdapat 389 bayi yang meninggal di tahun 2015 dan angka ini mengalami peningkatan dari tahun-tahun sebelumnya.

Penelitian tentang kematian bayi telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Aulele (2012) tentang Pemodelan Jumlah Kematian Bayi Di Provinsi Maluku Tahun 2010 dengan Menggunakan Regresi Poisson, mengatakan bahwa persentase persalinan yang dilakukan dengan bantuan non medis dan jumlah sarana kesehatan secara signifikan berpengaruh terhadap AKB. Selanjutnya Yunus (2015) tentang Pemodelan Regresi Binomial Negatif Untuk Model Model Regresi Poisson yang Mengalami Overdispersi (Kasus Kematian Bayi di Provinsi Maluku) mengatakan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap AKB adalah jumlah sarana kesehatan. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk menggunakan metode yang berbeda dalam permasalahan kematian bayi. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah Analisis Jalur (*Path Analysis*).

Analisis jalur merupakan bagian dari analisis regresi yang berfungsi menganalisis hubungan fungsional antara variabel respon dan variabel prediktor. Sedikit perbedan dengan analisis regresi yang mana pengaruh variabel prediktor dan respon berbentuk pengaruh langsung. Analisis jalur memiliki keistimewaan pengaruh variabel eksogen terhadap variabel endogen dapat berbentuk pengaruh langsung atau tidak langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat memberikan gambaran mengenai AKB di provinsi Maluku dan mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung penyebab AKB.

2. METODE PENELITIAN

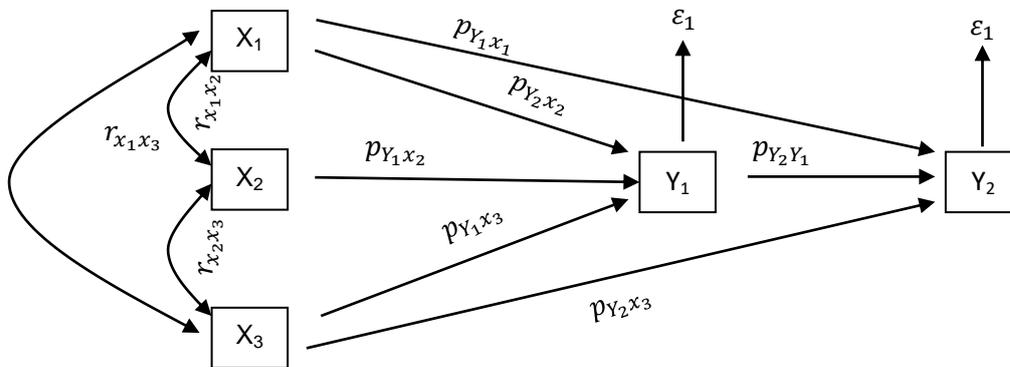
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Kesehatan Provinsi Maluku tahun 2016.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Variabel endogen (Y_2) yaitu, Persentase Angka Kematian Bayi tiap kabupaten/kota di Maluku
- b. Variabel-variabel eksogennya adalah:
 1. Jumlah bayi dengan resiko Berat Badan Lahir Rendah (BBLR) (Y_1)
Bayi berat lahir rendah (BBLR) adalah bayi dengan berat lahir kurang dari 2500 gram tanpa memandang masa gestasi. Berat lahir adalah berat bayi yang ditimbang dalam 1 (satu) jam setelah lahir
 2. Jumlah Ibu hamil yang diukur Lingkaran Lengan Atas (X_1)
Lingkaran Lengan Atas (LILA) mencerminkan tumbuh kembang jaringan lemak dan otot yang tidak berpengaruh banyak oleh cairan tubuh. Pengukuran ini berguna untuk skrining malnutrisi protein yang biasanya digunakan oleh DepKes untuk mendeteksi ibu hamil dengan resiko melahirkan BBLR bila LILA < 23,5 cm
 3. Jumlah ibu hamil yang melakukan kunjungan ke puskesmas untuk imunisasi (X_2)
Imunisasi TT (Tetanus) sendiri dilakukan untuk membangun kekebalan tubuh terhadap serangan infeksi tetanus. Imunisasi ini dilakukan hanya 2 kali saja. Imunisasi pertama pada awal kehamilan atau lebih bagus lagi sebelum hamil. Kemudian, imunisasi TT ke-2 dilakukan dengan batas akhir 2 minggu sebelum melahirkan.
 4. Jumlah Ibu hamil yang melaksanakan Kunjungan baru ibu hamil (X_3)

Kunjungan baru ibu hamil baru (K1) yaitu kunjungan ibu hamil yang pertama kali pada masa kehamilan. Rendahnya K1 menunjukkan bahwa akses petugas kepada ibu masih perlu ditingkatkan Tujuan K1 Adalah Untuk memfasilitasi hasil yang sehat dan positif bagi ibu maupun bayinya dengan jalan menegakkan hubungan kepercayaan dengan ibu, mendeteksi komplikasi-komplikasi yang dapat mengancam jiwa, mempersiapkan kelahiran dan memberikan pendidikan.

Berikut ini diagram jalur yang akan diteliti dalam penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Penelitian

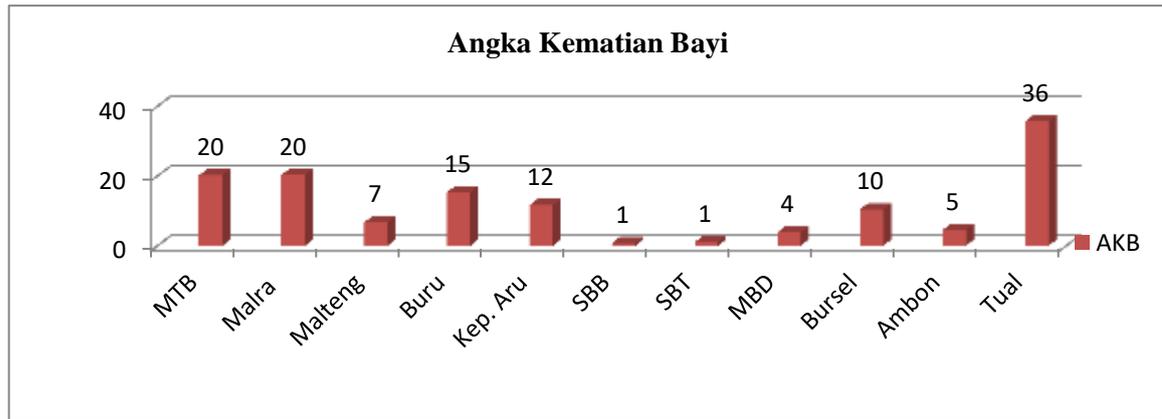
Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Analisis deskriptif variabel respon
2. Analisis Jalur Sub Struktur I
 - Analisis pengaruh variabel prediktor secara gabungan terhadap variabel respon.
 - Analisis pengaruh variabel prediktor secara parsial terhadap variabel respon.
 - Pengujian Multikolinieritas
 - Pengujian validitas model sub struktur I
 - Pengujian Asumsi Autokorelasi, Linieritas, dan Normalitas data.
3. Analisis Jalur Sub Struktur II
 - Analisis pengaruh variabel prediktor secara gabungan terhadap variabel respon.
 - Analisis pengaruh variabel prediktor secara parsial terhadap variabel respon.
 - Pengujian Multikolinieritas
 - Perhitungan pengaruh langsung, pengaruh tidak langsung, dan pengaruh total variabel prediktor terhadap variabel respon
 - Pembuatan diagram jalur untuk model analisis diagram jalur mediasi.
 - Analisis validitas model sub struktur II
 - Pengujian Asumsi Autokorelasi, Linieritas, dan Normalitas data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskriptif Variabel

Karakteristik variabel dapat dilihat dari deskriptif pada masing-masing variabel yang akan diteliti. Deskriptif variabel respon/endogenus angka kematian bayi di setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku maupun variabel prediktor/eksogenus yang diduga berpengaruh terhadap angka kematian bayi akan dilihat melalui beberapa gambar diagram batang dibawah ini.



Gambar 2. Angka Kematian Bayi Pada 11 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa AKB tertinggi berada di Kota Tual yakni sebesar 36 per 1000 kelahiran. Sedangkan AKB terendah berada di Kabupaten Seram Bagian Timur (SBT) dan Kabupaten Seram Bagian Barat (SBB) yakni sebesar 1 per 1000 kelahiran.

3.2. Analisis Jalur Sub Struktur I

Analisis Pengaruh Variabel Eksogen Secara Gabungan Terhadap Variabel Endogen

Pengaruh variabel eksogen Ibu Hamil Melaksanakan K1, Kunjungan ibu hamil ke puskesmas untuk imunisasi, Ibu Hamil yang diukur LILA secara gabungan terhadap variabel endogen bayi dengan resiko BBLR dapat dilihat pada tabel Model *Summary* berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian pengaruh variabel Eksogen secara Gabungan Terhadap Variabel Endogen

Model	R Square
1	0,906

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diperoleh informasi bahwa besarnya nilai R square (R^2) adalah 0,906 atau jika diubah dalam bentuk persen menjadi 90,6%. Angka tersebut merupakan besarnya pengaruh variabel eksogen Jumlah Ibu Hamil yang diukur LILA (X_1), Jumlah Ibu hamil berkunjung Ke Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Ibu Hamil Melaksanakan K1 (X_3) secara gabungan terhadap variabel endogen Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)

Analisis Pengaruh Variabel Eksogen Secara Parsial Terhadap Variabel Endogen

Hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : Tidak ada hubungan linier antara variabel eksogen dengan variabel endogen.

H_1 : Ada hubungan linier antara variabel eksogen dengan variabel endogen.

Kriteria pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai sig. $\leq 0,05$. Berikut hasil pengujian pengaruh variabel eksogen secara parsial terhadap variabel endogen.

Tabel 2. Hasil Uji Pengaruh Variabel Eksogen Secara Parsial Terhadap Variabel Endogen

Model		T	Sig.
1	Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	7,251	0,000
	Jumlah Bumil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	-0,836	0,431
	Jumlah Bumil K1 (X_3)	-0,401	0,700

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh informasi bahwa variabel eksogen yang memiliki hubungan linier dengan variabel endogen adalah variabel ibu hamil yang diukur LILA dengan nilai $|t_{hitung}|$ sebesar 7,251 lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262 dan nilai signifikansi yang kurang dari nilai alpha yang ditentukan yakni 0.05. Oleh karena itu keputusan yang diambil adalah tolak H_0 yang berarti hanya variabel Jumlah Ibu Hamil yang diukur LILA (X_1) yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel bayi dengan resiko BBLR (Y_1).

Pengujian Multikolinieritas

Terjadi multikolinieritas pada variabel-variabel eksogen jika nilai korelasi antar variabel eksogen mendekati 1 atau -1. Untuk mengetahui apakah terjadi multikolinieritas atau tidak dapat dilihat pada Tabel 3, berikut :

Tabel 3. Hasil Uji Multikolinieritas

		Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1)	Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	Jumlah Bumil K1 (X_3)
Pearson Correlation	Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1)	1,000	0,666	0,543
	Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	0,666	1,000	0,612
	Jumlah Bumil K1 (X_3)	0,543	0,612	1,000

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diketahui nilai korelasi antar variabel eksogen masih kurang dari 0,75. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kasus multikolinieritas antar variabel eksogen dalam hal ini variabel Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3) tidak terjadi.

Pengujian Kelayakan Model Regresi

Untuk mengetahui apakah model regresi sudah benar atau tidak dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan nilai F tabel dan menggunakan nilai signifikan.

Hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : Model regresi sub struktur I belum benar

H_1 : Model regresi sub struktur I sudah benar

Kriteria pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau nilai signifikansi $\leq 0,05$.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kelayakan Model

	Model	df	F	Sig.
1	Regression	3	22,590	0,001
	Residual	7		
	Total	10		

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diperoleh nilai F penelitian sebesar 22,590. Di sisi lain dengan taraf signifikansi sebesar 0,05 dan $df_1 = 3$; $df_2 = 7$ diperoleh nilai F_{tabel} sebesar 4,37. Oleh karena nilai F_{hitung} lebih besar F_{tabel} maka keputusan yang diambil tolak H_0 yang berarti model regresi sub struktur I sudah benar atau layak untuk digunakan. Kesimpulan ini dipertegas lagi dengan diperolehnya nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05.

Pengujian Ketepatan Variabel Prediktor Model Regresi

Untuk menguji ketepatan prediktor (variabel eksogen) yang digunakan untuk memprediksi variabel endogen dapat digunakan nilai standar deviasi dan nilai *standard error of estimate*. Dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jika nilai *standard error of estimate* < standar deviasi, maka prediktor layak/benar.
2. Jika nilai *standard error of estimate* > standar deviasi, maka prediktor tidak layak/salah.

Tabel 5. Hasil Pengujian Ketepatan Prediktor

	Std. Deviation	Std. Error of the Estimate
Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	64,52723	23,59826
Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1)	1574,23785	
Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	1734,83955	
Jumlah Bumil K1 (X_3)	1079,64183	

Sumber: Hasil olahan SPSS

Diperoleh nilai *standard error of estimate* sebesar 23,59826 dimana sudah lebih kecil dari nilai standar deviasi ketiga variabel eksogen sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan ketiga variabel tersebut sebagai variabel prediktor sudah tepat dan benar.

Pengujian Asumsi

Pengujian Otokorelasi

Untuk menguji apakah terdapat otokorelasi atau tidak dalam model regresi, ketentuannya adalah tidak terjadi otokorelasi jika nilai *Durbin and Watson* berkisar diantara -2 sampai +2. Nilai Durbin Watson dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Pengujian Otokorelasi

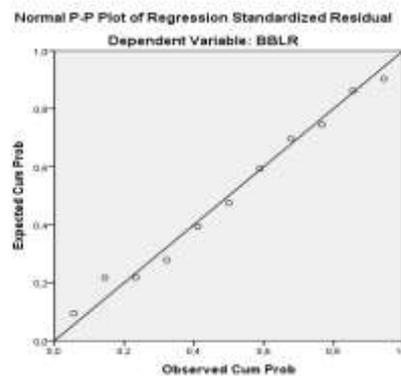
Model	Durbin-Watson
1	1,400

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Hasil pengujian otokorelasi yang ditunjukkan pada Tabel 6, diperoleh nilai D-W sebesar 1,400 dimana nilai tersebut berkisar diantara -2 dan +2 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada otokorelasi dalam model regresi yang dihasilkan.

Pengujian Linieritas

Pengujian linieritas data untuk variabel endogen jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) diperlihatkan pada Gambar 3, berikut:

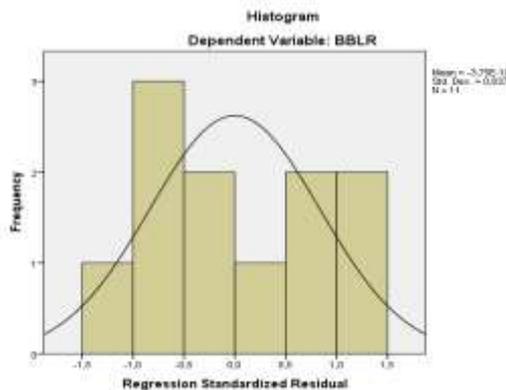


Gambar 3. Grafik Pengujian Linieritas

Disimpulkan data sudah membentuk garis lurus dari sisi kiri bawah ke kanan atas sesuai dengan teori linieritas, sehingga dapat disimpulkan bahwa linieritas dalam model regresi yang dihasilkan sudah terpenuhi.

Pengujian Normalitas Data

Data berdistribusi normal jika data tersebut membentuk kurva normal. Untuk pengujian normalitas dapat dilihat pada Gambar 4, berikut:



Gambar 4. Kurva Pengujian Normalitas Data

Data yang digunakan ada kecenderungan membentuk kurva bel meski tidak sempurna. Dengan demikian data dianggap berdistribusi normal.

3.3. Analisis Jalur Sub-Struktur II

Analisis Pengaruh Variabel Eksogen Secara Gabungan Terhadap Variabel Endogen

Besarnya pengaruh variabel eksogen Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3), Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) secara gabungan terhadap variabel endogen persentase AKB (Y_2) dapat dilihat pada Tabel 7, berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Pengaruh Variabel Eksogen secara Gabungan Terhadap Variabel Endogen

Model	R Square
1	0,757

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diperoleh informasi bahwa besarnya nilai R square (R^2) adalah 0,757 atau jika diubah dalam bentuk persen menjadi 75,7%. Angka tersebut merupakan besarnya pengaruh variabel eksogen Jumlah Bumil yan di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3), jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) secara gabungan terhadap variabel endogen persentase AKB (Y_2). Adapun sisanya merupakan pengaruh variabel lain yang tidak dilibatkan dalam penelitian.

Analisis Pengaruh Variabel Eksogen Secara Parsial Terhadap Variabel Endogen

Besarnya pengaruh variabel eksogen Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3), Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) secara parsial terhadap variabel endogen persentase AKB (Y_2) dapat dilihat dari nilai Beta atau *Standardized Coefficients*. Sedangkan untuk pengujian hipotesisnya digunakan nilai t atau nilai signifikansinya.

Adapun hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : Tidak ada hubungan linier antara variabel eksogen dengan variabel endogen.

H_1 : Ada hubungan linier antara variabel eksogen dengan variabel endogen.

Statistik Uji: T – Test

Kriteria pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ atau nilai signifikansi $\leq 0,05$. Tabel 8, dibawah ini memperlihatkan hasil pengujian pengaruh variabel eksogen secara parsial terhadap variabel endogen.

Tabel 8. Hasil Uji Pengaruh Variabel Eksogen Secara Parsial Terhadap Variabel Endogen

Model	t	Sig.
1 (Constant)	-0,019	0,986
Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	2,836	0,030
Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	-3,535	0,012
Jumlah Bumil K1 (X_3)	2,837	0,030
Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	-2,161	0,074

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diperoleh informasi bahwa variabel yang eksogen memiliki hubungan linier dengan variabel endogen adalah variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3) dimana nilai $|t_{hitung}|$ yang lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262 dan nilai signifikansi yang kurang dari nilai alpha yang ditentukan yakni 0,05. Oleh karena itu keputusan yang diambil adalah tolak H_0 yang berarti variabel variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel persentase AKB.

Pengujian Multikolinieritas

Multikolinieritas maksudnya adalah terdapat dua atau lebih variabel eksogen mempunyai hubungan sangat erat. Jika terjadi hubungan yang sangat erat maka akan menghasilkan nilai standar error yang lebih besar dari koefisien beta (β). Terjadi multikolinieritas pada variabel-variabel eksogen jika korelasi antar variabel eksogen mendekati 1 atau -1. Untuk mengetahui apakah terjadi multikolinieritas atau tidak dapat dilihat pada Tabel 9, berikut:

Tabel 9. Hasil Uji Multikolinieritas

	Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	Jumlah Bumil K1 (X_3)	Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)
<i>Pearson Correlation</i>	Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	1,000	0,666	0,543
	Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	0,666	1,000	0,612
	Jumlah Bumil K1 (X_3)	0,543	0,612	1,000
	Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	0,506	0,389	0,262

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Diketahui nilai korelasi antar variabel eksogen masih kurang dari 0,75. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kasus multikolinieritas antar variabel eksogen dalam hal ini variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), Jumlah Bumil K1 (X_3), dan Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) tidak terjadi.

Pengaruh Langsung (*Direct Effect*) dan Pengaruh Tidak Langsung (*Indirect Effect*) Variabel Eksogen Terhadap Variabel Endogen

Pengaruh Langsung (*Direct Effect*)

Tabel 10. Perhitungan pengaruh langsung

	Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	Jumlah Bumil K1 (X_3)	Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)
Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	1.150	-0.271	-0.116	0.000
Persentase AKB (Y_2)	2.282	0.00	1.437	-1.421

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Besarnya pengaruh langsung variabel variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), Jumlah Bumil K1 (X_3) terhadap Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) berturut-turut sebesar 1.150, -0.271, -0.116. Sedangkan besarnya pengaruh langsung variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Bumil K1 (X_3), dan Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) terhadap variabel Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1) berturut-turut sebesar 2.282 ; 1.437; -1.421.

Pengaruh Tidak Langsung (*Indirect Effect*)

Tabel 11. Perhitungan pengaruh tidak langsung

	Pengaruh terhadap Persentase AKB (Y_2) melalui Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	Besar Pengaruh
a. Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	$(1.150) \times (-1.421)$	-1.634
b. Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	$(-0.271) \times (-1.421)$	0.385
c. Jumlah Bumil K1 (X_3)	$(-0.271) \times (-1.421)$	0.114

Besarnya pengaruh tidak langsung variabel Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1), Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2), dan Jumlah Bumil K1 (X_3) terhadap variabel persentase AKB (Y_2) berturut-turut sebesar -1.634; 0.385; 0.114.

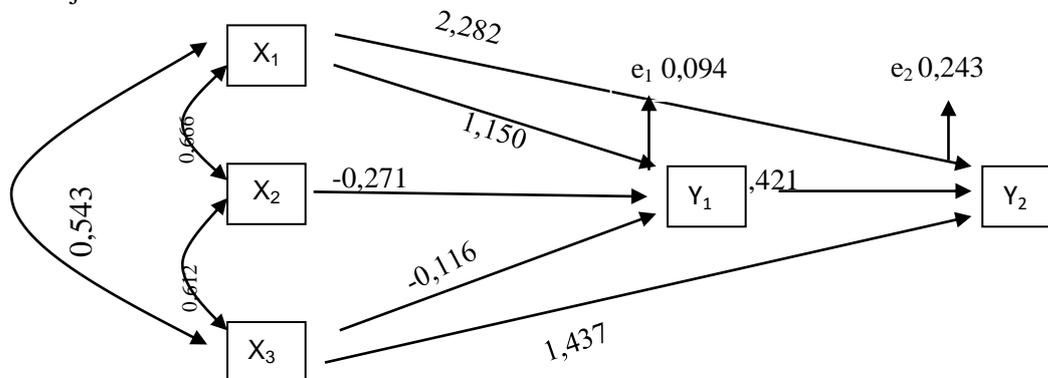
Pengaruh Total

Tabel 12. Perhitungan Pengaruh Total

	Pengaruh total (<i>Direct effect + Indirect effect</i>)	Besar pengaruh
Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	$((1,150) + (-1,634))$	-0,484
Jumlah Bumil K1 (X_3)	$((-0,116) + (0,164))$	0,048

Pembuatan Diagram Jalur Untuk Model Analisis Diagram Jalur Mediasi

Perhitungan untuk semua jalur sudah selesai. Berikut ini adalah diagram jalur untuk model analisis jalur:



Gambar 5. Diagram jalur Hasil analisis Pengaruh langsung dan tidak langsung

Diagram jalur diatas mempunyai persamaan struktural sebagai berikut:

$$\text{Sub Struktur I : } Y_1 = 1,150 X_1 - 0,271 X_2 - 0,116 X_3 + e_1 0,094$$

$$\text{Sub Struktur II : } Y_2 = 2,282 X_1 - 1,421 Y_1 + 1,437 X_3 + e_2 0,243$$

3.4. Validitas Model Analisis Jalur Sub-Struktur II

Pengujian Kelayakan Model Regresi

Untuk mengetahui apakah model regresi sudah benar atau tidak dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan nilai F_{tabel} dan dengan menggunakan nilai probabilitas/signifikan pada tabel berikut.

Adapun hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \text{Model regresi sub struktur II belum benar}$$

$$H_1 : \text{Model regresi sub struktur II sudah benar}$$

Kriteria pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ atau nilai signifikansi $\leq 0,05$.

Tabel 13. Hasil Pengujian Kelayakan Model

	Model	df	F	Sig.
1	Regression	4	4,679	,047
	Residual	6		
	Total	10		

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Berdasarkan Tabel 13, diperoleh nilai F penelitian sebesar 4,679. Di sisi dengan taraf signifikansi sebesar 0,05 dan $df_1 = 4$ dan $df_2 = 6$ diperoleh nilai F_{tabel} sebesar 4,53. Oleh karena nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka keputusan yang diambil tolak H_0 yang berarti model regresi sub struktur II sudah benar atau sudah layak untuk digunakan. Kesimpulan ini dipertegas lagi dengan diperolehnya nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05.

Pengujian Ketepatan Variabel Prediktor Model Regresi

Untuk menguji ketepatan prediktor (variabel eksogen) yang digunakan untuk memprediksi variabel endogen dapat digunakan nilai standar deviasi dan nilai *standard error of estimate*. Dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jika nilai *standard error of estimate* < standar deviasi, maka prediktor layak/benar.
2. Jika nilai *standard error of estimate* > standar deviasi, maka prediktor tidak layak/salah.

Nilai *standard error of estimate* dan nilai standar deviasi dapat di lihat pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 14. Hasil Pengujian Ketepatan Prediktor

	Std. Deviation	Std. Error of the Estimate
Persentase AKB (Y_2)	17,71491	11,268504
Jumlah Bumil yang di ukur LILA (X_1)	1574,23785	
Jumlah Ibu Hamil mengunjungi Puskesmas Untuk Imunisasi (X_2)	1734,83955	
Jumlah Bumil K1 (X_3)	1079,64183	
Jumlah bayi dengan resiko BBLR (Y_1)	64,52723	

Sumber: Hasil olahan SPSS

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 14, diperoleh nilai *standard error of estimate* sebesar 11,268504 dimana sudah lebih kecil dari nilai standar deviasi setiap variabel eksogen sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan ketiga variabel sebagai prediktor sudah tepat dan benar.

Pengujian Asumsi

Pengujian Otokorelasi

Untuk menguji apakah terdapat otokorelasi atau tidak dalam model regresi, ketentuannya adalah tidak terjadi otokorelasi jika nilai *Durbin and Watson* berkisar diantara -2 sampai +2. Nilai Durbin Watson dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 15. Pengujian Otokorelasi

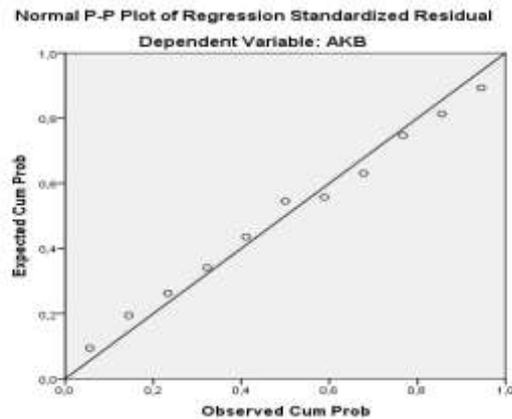
Model	Durbin-Watson
1	1,248

Sumber: Hasil Olahan SPSS

Berdasarkan hasil pengujian otokorelasi yang ditunjukkan pada Tabel 15, diperoleh nilai D-W sebesar 1,248 dimana nilai tersebut berkisar diantara -2 dan +2 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada otokorelasi dalam model regresi yang dihasilkan.

Pengujian Linieritas

Untuk menguji apakah data yang digunakan linier atau tidak dapat dilihat pada gambar berikut:

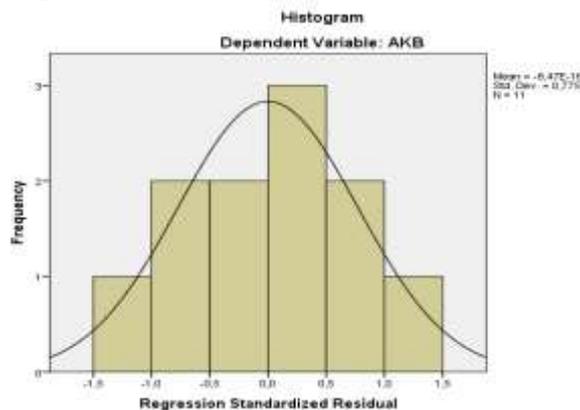


Gambar 6. Hasil Uji Linieritas

Dari Gambar 6, dapat disimpulkan data sudah membentuk garis lurus dari sisi kiri bawah ke kanan atas sesuai dengan teori linieritas, sehingga dapat disimpulkan bahwa linieritas dalam model ini sudah terpenuhi.

Pengujian Normalitas Data

Data berdistribusi normal jika data tersebut membentuk kurva normal. Untuk pengujian normalitas dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Hasil Uji Normalitas Data

Berdasarkan Gambar 7, data yang digunakan ada kecenderungan membentuk kurva bel meski data tersebut tidak sempurna. Dengan demikian data dianggap berdistribusi normal. Pada hasil analisis sub-struktur II semua persyaratan yang diharuskan sudah terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa model regresi yang dibuat sudah layak/benar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Persentase AKB tertinggi berada di wilayah kota Tual yaitu sebesar 36 per 1000 kelahiran.
- Variabel eksogen (X) yang berpengaruh terhadap variabel endogen jumlah bayi dengan resiko Berat Badan Lahir Rendah (Y_1) untuk model jalur sub struktur I yakni variabel ibu hamil yang diukur Lingkar Lengan Atas (LILA) (X_1) dengan nilai $|t_{hitung}|$ sebesar 7,251 dimana lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262
- Model jalur sub struktur II variabel eksogen (X) yang berpengaruh terhadap variabel endogen Persentase AKB tiap kabupaten/kota di Maluku (Y_2) yakni variabel jumlah ibu hamil yang diukur LILA (X_1), jumlah ibu hamil yang melakukan kunjungan ke puskesmas untuk imunisasi (X_2), dan jumlah ibu hamil yang melaksanakan kunjungan ke puskesmas pertama kali saat melahirkan (X_3) dimana masing-masing memiliki nilai $|t_{hitung}|$ sebesar 2,836; 3,535; dan 2,837 lebih besar dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262.

Daftar Pustaka

- [1]. Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Provinsi Maluku Dalam Angka. Ambon. Maluku, 2017.
- [2]. I. Ghozali, *Aplikasi Analisis Multivariat dengan SPSS*. Semarang: Badan Penerbit UNDIP, 2005.
- [3]. S. N. Aulele., *Pemodelan Jumlah Kematian Bayi Di Provinsi Maluku Tahun 2010 Dengan Menggunakan Regresi Poisson*, Jurnal BAREKENG (Ilmu Matematika dan Terapan), Jurusan Matematika FMIPA Unpatti, Vol. 6, No. 2, hal. 23-27, 2012.
- [4]. Yunus, *Pemodelan Regresi Binomial Negatif Untuk Model Model Regresi Poisson yang Mengalami Overdispersi (Kasus Kematian Bayi di Provinsi Maluku)*. Skripsi. Jurusan Matematika FMIPA. Universitas Pattimura. Ambon, 2015.
- [5]. http://id.wikipedia.org/wiki/Tujuan_Pembangunan_Milenium. [di akses 14-10-2017].

PENERAPAN PROSES HIERARKI ANALITIK (PHA) DALAM MENGATASI MASALAH KEMACETAN LALU LINTAS DI KOTA AMBON

Mozart W. Talakua^{1*}, Jemsri S. Batlajery²

^{1,2}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia

e-mail: ^{1*}ocat_08@yahoo.com ; ²jemsribatlajery17@gmail.com

Corresponding Author *

Abstrak

Kepadatan lalu lintas yang meningkat akhir-akhir ini di Kota Ambon telah menimbulkan masalah yang cukup serius, seperti waktu tempuh perjalanan yang bertambah lama dan pencemaran udara yang semakin meningkat. Masalah kemacetan di Kota Ambon ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Proses Hierarki Analitik (PHA). Data penelitian ini diperoleh dengan menyebarkan 100 kuesioner kepada masyarakat Kota Ambon yang memiliki Surat Izin Mengemudi (SIM). Hasil penelitian ini dengan menggunakan metode Proses Hierarki Analitik ternyata masyarakat Kota Ambon yang memiliki SIM menganggap aspek pengelolaan yang paling mempengaruhi kemacetan yaitu sebesar 45,2%; sedangkan yang menjadi prioritas utama dalam mengatasi kemacetan adalah pembenahan jalur angkutan umum sebesar 19,6%.

Kata Kunci : *Transportasi, Kebijakan, Sistem, Transportasi Umum.*

APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS TO REDUCE TRAFFIC DENSITY IN AMBON CITY

Abstract

The recent increase in traffic density in Ambon City has caused quite serious problems, such as prolonged travel and increased air pollution. The problem of congestion in Ambon City can be solved by using Analytic Hierarchy Process (AHP) method. This research data was obtained by spreading 100 questionnaires to people in Ambon City who have Driver's License (DL). The result of this research by using AHP method was people in Ambon City who have DL consider management aspect which most influence jams that is equal to 45,2%; while the main priority in overcoming the congestion is the improvement of the public transport route 19,6%.

Keywords: *Transportation, Policy, System, Public Transport.*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini kepadatan lalu lintas di dalam Kota Ambon semakin meningkat sehingga sering menimbulkan kemacetan terutama di jalur-jalur protokol di dalam pusat kota dan jalan-jalan utama lainnya. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor pada umumnya disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya karena peningkatan jumlah permintaan kendaraan bermotor dan tidak nyamannya angkutan umum yang ada di dalam kota, serta jarak tempuh antara pusat kota dan pinggiran kota yang berjauhan. Faktor-faktor tersebut yang mendorong masyarakat untuk memiliki kendaraan pribadi. Selanjutnya, kemacetan lalu lintas juga dipengaruhi oleh rendahnya kinerja lembaga-lembaga yang bertanggung jawab terhadap masalah transportasi perkotaan serta rendahnya tingkat disiplin pemakai jalan yang menyebabkan kemacetan sering terjadi [2].

Karena itu, sangat diperlukan kebijakan-kebijakan yang dalam hal ini adalah alternatif-alternatif untuk membenahi masalah kemacetan di ruas-ruas jalan utama di Kota Ambon seperti: menambah lebar jalan, mengoptimalkan pemakaian kendaraan pribadi, mengoptimalkan jumlah kendaraan umum, membenahi area parkir, pembenahan jalur angkutan umum dan membuat jalan layang. Untuk mengetahui alternatif manakah yang perlu diprioritaskan dalam mengatasi masalah kemacetan di Kota Ambon, maka dipakai Metode Proses Hierarki Analitik (PHA) yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an untuk mengorganisasikan informasi dan *judgment* dalam memilih alternatif yang paling disukai. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor yang kompleks menjadi suatu hirarki. Menurut Saaty, hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir yaitu alternatif [11].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Proses Hierarki Analitik (PHA)

Proses Hierarki Analitik (PHA) merupakan sistem pembuat keputusan dengan menggunakan model matematis. PHA membantu dalam menentukan prioritas dari beberapa kriteria dengan melakukan analisa perbandingan berpasangan dari masing-masing kriteria[3]. PHA juga merupakan suatu model yang luwes yang memberikan kesempatan bagi perorangan atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan dan mendefinisikan persoalan dengan cara membuat asumsi mereka masing-masing dan memperoleh pemecahan yang diinginkan darinya. Dalam menyelesaikan persoalan dengan PHA ada beberapa prinsip yang harus dipahami diantaranya yaitu [10] :

1) *Decomposition*

Setelah permasalahan didefinisikan, maka perlu dilakukan *decomposition* yaitu memecah permasalahan awal menjadi beberapa kriteria. Jika ingin mendapatkan hasil yang baik, pemecahan juga dilakukan terhadap kriteria-kriteria sampai tidak dapat dilakukan pemecahan lebih lanjut sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini, maka proses analisis ini dinamakan hierarki. Ada dua jenis hierarki, yaitu hierarki lengkap dan tidak lengkap. Dalam hierarki lengkap, semua elemen pada suatu tingkatan memiliki relasi dengan semua elemen yang ada pada tingkatan berikutnya, namun jika tidak, maka dinamakan hierarki tidak lengkap.

2) *Comparative Judgement*

Tahap ini adalah membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkatan tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan yang ada di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari PHA, karena penilaian akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemennya. Hasil dari penilaian ini akan lebih mudah bila disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks *pairwise comparison*.

Supaya memperoleh skala yang sesuai ketika membandingkan dua elemen, maka seseorang yang akan memberikan jawaban harus mengerti seluruh elemen-elemen yang akan dibandingkan dan relevansinya terhadap kriteria atau tujuan yang ingin dicapai. Dalam penilaian kepentingan relatif dua elemen berlaku aksioma *reciprocal* artinya jika suatu elemen i dinilai 3 kali lebih penting dibanding j , maka elemen j harus sama dengan $1/3$ kali pentingnya dibanding elemen i . Selain itu, perbandingan

dua elemen yang menghasilkan angka 1 berarti kedua elemen sama penting. Dua elemen yang berlainan juga dapat saja dinilai sama penting. Jika terdapat n elemen, maka akan diperoleh matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) berukuran $n \times n$.

3) *Synthesis of Priority*

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan *eigen vector method* untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan.

4) *Logical Consistency*

Logical consistency merupakan karakteristik penting PHA. Hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh vektor eigen yang diperoleh dari berbagai tingkatan hierarki dan selanjutnya diperoleh suatu *vector composite* tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.

Hierarki adalah metode yang paling mudah untuk memahami masalah yang kompleks dimana masalah tersebut dipecah menjadi kriteria-kriteria, kemudian kriteria-kriteria tersebut disusun secara hierarki dan melakukan penilaian atas kriteria-kriteria tersebut sekaligus menentukan keputusan apa yang akan diambil. Secara umum, hierarki dapat dibagi dua jenis yaitu [8]:

- a. Hierarki struktural, menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian-bagiannya atau elemen-elemennya menurut ciri atau besaran tertentu seperti jumlah, bentuk, ukuran, atau warna.
- b. Hierarki fungsional, menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian yang sesuai hubungan esensialnya.

Penyusunan hierarki dilakukan dengan menggambarkan sebuah struktur yang memuat permasalahan yang kemudian dipecah menjadi kriteria-kriteria yang saling relevan. Susunan hierarki adalah sebagai berikut [4]:

- a. Tingkat 1: Fokus/sasaran utama
- b. Tingkat 2: Faktor/kriteria
- c. Tingkat 3: Sub-faktor
- d. Tingkat 4: Obyektif
- e. Tingkat 5: Alternatif

2.2 Matriks

Definisi 2.1:

Matriks adalah suatu susunan bilangan-bilangan berbentuk segiempat. Bilangan-bilangan dalam susunan itu disebut anggota dalam matriks [1].

Ukuran matriks diberikan oleh jumlah baris dan jumlah kolom. Suatu matriks dengan hanya satu kolom disebut matriks kolom dan suatu matriks dengan hanya satu baris disebut matriks baris. Anggota pada baris i dan kolom j dari sebuah matriks A dapat dinyatakan a_{ij} . Matriks dinotasikan dengan huruf kapital A B dan sebagainya. Bentuk matriks secara umum bentuk matriks yaitu :

$$A_{m \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Anggota suatu matriks berindeks rangkap, misalnya pada A di atas a_{21} menyatakan matriks A berada pada baris ke-2 dan kolom ke-1, sedangkan matriks A berordo $m \times n$ dan ditulis $A_{m \times n}$ [1].

Defenisi 2.2:

Jika A adalah sebuah matriks berukuran $m \times r$ dan B adalah sebuah matriks berukuran $r \times n$, maka hasil kali AB adalah sebuah matriks berukuran $m \times n$ yang anggota-anggotanya didefinisikan yaitu untuk mencari anggota dalam baris i pada kolom j dari AB , pilih baris i dari matriks A dan kolom j dari matriks B . Kalikan anggota-anggota yang bersesuaian dari baris dan kolom secara bersama-sama dan kemudian jumlahkan hasilnya.

2.3 Matriks Perbandingan Berpasangan

Jika dipunyai pasangan berurutan (w_i, w_j) dengan $i, j = 1, 2, \dots, n$ maka perbandingan seluruh elemen dapat dinyatakan dengan

$$w_i/w_j = a_{ij}$$

Dalam hal ini $A = [a_{ij}]$ adalah matriks perbandingan yang unsur-unsurnya adalah a_{ij} , dengan $a_{ij} = 1$ dan $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$.

Dari bentuk di atas, bila masing-masing bobot w_i menjadi elemen vektor $W = [w_1 w_2 w_3 \dots w_n]^T$, maka dapat dituliskan:

$$AW = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} = nW \quad (1)$$

Dalam bentuk lain, dapat dituliskan:

$$BW = \begin{bmatrix} 1 & b_{1,2} & \dots & b_{1,n} \\ b_{1,2}^{-1} & 1 & \dots & b_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{1,n}^{-1} & b_{2,n}^{-1} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda_{max} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

dimana $b_{i,j} = b_{j,i}^{-1}$ sehingga matriks B semua elemennya positif dan saling berkebalikan secara diagonal (*reciprocal matrix*).

Untuk menuliskan matriks B positif dan merupakan *reciprocal matrix*, maka komponen vektor eigen utamanya semua positif dan dapat dinormalisasi, diantaranya dengan bentuk[6]:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j} \rightarrow \sum_{j=1}^n \bar{w}_j = 1$$

Pada matriks A , terdapat sifat *transitive consistency* ($a_{i,j} \cdot a_{j,k} = a_{i,k}$) dan *reciprocal consistency* ($a_{i,j} = a_{j,i}^{-1}$) sedang pada matriks B belum tentu berlaku *transitive consistency*. Hubungan persamaan (1) dan (2) adalah $\lambda_{max} \geq n$, sehingga bila, $B \rightarrow A$, yaitu B lebih konsisten transitif maka $\lambda_{max} \rightarrow n$.

2.4 Penilaian Perbandingan Multi Partisipan

Penilaian yang dilakukan oleh banyak partisipan akan menghasilkan pendapat yang berbeda satu sama lainnya. PHA hanya membutuhkan satu jawaban untuk matriks perbandingan. Jadi semua jawaban partisipan harus dirata-ratakan. Untuk itu metode perataan dengan rata-rata geometrik atau *Geometric Mean*.

Teori rata-rata geometrik menyatakan bahwa jika terdapat n partisipan melakukan perbandingan berpasangan, maka terdapat n jawaban nilai numerik untuk setiap pasangan. Untuk mendapatkan satu nilai tertentu dari semua nilai tersebut, masing-masing nilai harus dikalikan satu sama lain. Kemudian hasil perkalian dipangkatkan dengan $\frac{1}{n}$, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut[9]:

$$a_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

2.5 Normalisasi

Berdasarkan matriks perbandingan berpasangan tersebut akan dilakukan normalisasi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menjumlahkan nilai setiap baris ke $-i$ pada kolom ke $-j$ dalam matriks perbandingan berpasangan:

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

- b. Membagi nilai a_{ij} pada setiap kolom dengan nilai (S_{ij}) :

$$V_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_{ij}}, \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

- c. Hitunglah prioritas relatif dari setiap kriteria dengan merata-ratakan bobot yang sudah dinormalisasi dari setiap baris ke $-i$. Prioritas relatif kriteria i dilambangkan dengan P_i

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

2.6 Uji Konsistensi Indeks dan Rasio

Salah satu keutamaan model PHA yang membedakannya dengan model-model pengambilan keputusan yang lainnya adalah tidak adanya syarat konsistensi mutlak [5]. Dengan model PHA yang memakai persepsi *decision maker* sebagai inputnya maka ketidakkonsistenan mungkin terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam menyatakan persepsinya secara konsisten terutama kalau harus membandingkan banyak kriteria.

Pengukuran konsistensi dari suatu matriks itu didasarkan atas nilai Eigen maksimum. Indeks konsistensi dari matriks berordo n dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \quad (6)$$

dimana :

CI = Rasio Penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency index*)

λ_{max} = Nilai Eigen terbesar dari matriks berordo n

Nilai eigen Maksimum diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian matriks perbandingan dengan vektor eigen utama (vektor prioritas) dan membaginya dengan banyak elemen, maka :

$$\lambda_{max} = \frac{\lambda}{n} \quad (7)$$

Apabila CI bernilai nol, maka matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten. Batas ketidakkonsistenan yang telah ditetapkan oleh Saaty ditentukan dengan menggunakan *Consistency Ratio (CR)*, yaitu didapatkan dari suatu eksperimen oleh *Oak National Laboratory* kemudian dikembangkan oleh *Wharton School*. Nilai ini bergantung pada ordo matriks n . Dengan demikian, Rasio Konsistensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

dimana :

CR = *Consistency Ratio*

RI = *Random Indeks*

Tabel 1. Nilai *Random Indeks (RI)*

n	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Apabila matriks perbandingan berpasangan dengan nilai $CR \leq 0,1$, maka hasil penilaian tersebut dikatakan konsisten. Jika tidak maka penilaian perlu diulang untuk menemukan penyebab ketidakkonsistenan dan memperbaikinya [7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Matriks Normalisasi

Dilakukan normalisasi dengan mencari nilai S_{ij} dengan menjumlahkan nilai setiap baris ke- i pada kolom ke- j dalam matriks perbandingan berpasangan atau menghitung jumlah setiap kolom pada matriks perbandingan berpasangan serta menghitung matriks prioritas relatif (R):

Matriks perbandingan berpasangan :

$$\begin{bmatrix} 1 & 2,047 & 0,707 \\ 0,488 & 1 & 0,474 \\ 1,414 & 2,109 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = 2,902 \ 5,156 \ 2,181, \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$\begin{bmatrix} 0,345 & 0,397 & 0,324 \\ 0,168 & 0,194 & 0,217 \\ 0,487 & 0,409 & 0,459 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0,355 \\ 0,193 \\ 0,452 \end{bmatrix}$$

3.2 Perhitungan Nilai λ_{maks}

Menentukan *Weighted Sum Vector*

Weighted Sum Vector ditentukan dengan cara mengalikan matriks perbandingan berpasangan dengan matriks prioritas relatif, hasilnya:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2,047 & 0,707 \\ 0,488 & 1 & 0,474 \\ 1,414 & 2,109 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,355 \\ 0,193 \\ 0,452 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,070 \\ 0,580 \\ 1,361 \end{bmatrix}$$

Menentukan *Consistency Vektor*

Consistency Vektor ditentukan dengan cara membagi nilai *Weighted Sum Vector* dengan nilai-nilai pada matriks Prioritas Relatif hasilnya:

$$\begin{bmatrix} 1,070/0,355 \\ 0,580/0,193 \\ 1,361/0,452 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,014 \\ 3,005 \\ 3,011 \end{bmatrix}$$

Menentukan Nilai λ_{maks}

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= \frac{(3,014+3,005+3,011)}{n} = \frac{9,030}{3} = 3,010 \\ CI &= \frac{\lambda_{maks}-n}{n-1} \\ &= 0,005 \\ CR &= \frac{CI}{RI} = \frac{0,005}{0,52} = 0,01 \end{aligned}$$

Jadi

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= 3,010 \text{ (mendekati } n), \\ CI &= 0,005 \text{ (cukup kecil)} \\ CR &= 0,01 \leq 0,1 \text{ (hasil penilaian konsisten)} \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Faktor Pembobotan Hierarki Untuk Aspek Lingkungan

Matriks Perbandingan Berpasangan

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh matriks perbandingan aspek lingkungan terhadap ke enam cara penanganan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Matriks Perbandingan Aspek Lingkungan Terhadap Keenam Cara Penanganan Lalu Lintas

	E	F	G	H	I	J
E	1	1,373	1,089	0,711	0,818	0,725
F	0,728	1	0,834	0,698	0,559	0,644
G	0,918	1,2	1	0,951	0,704	0,847
H	1,406	1,432	1,052	1	0,87	1,041
I	1,222	1,789	1,421	1,149	1	1,179
J	1,379	1,553	1,181	0,961	0,848	1

Matriks Normalisasi

Berdasarkan matriks perbandingan berpasangan tersebut dilakukan normalisasi sebagai berikut :
Matriks Perbandingan Berpasangan untuk Aspek Lingkungan

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,373 & 1,089 & 0,711 & 0,818 & 0,725 \\ 0,728 & 1 & 0,834 & 0,698 & 0,559 & 0,644 \\ 0,918 & 1,2 & 1 & 0,951 & 0,704 & 0,847 \\ 1,406 & 1,432 & 1,052 & 1 & 0,870 & 1,041 \\ 1,222 & 1,789 & 1,421 & 1,149 & 1 & 1,179 \\ 1,379 & 1,553 & 1,181 & 0,961 & 0,848 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = 6,653 \ 8,347 \ 6,577 \ 5,47 \ 4,799 \ 5,436 \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$\begin{bmatrix} 0,150 & 0,164 & 0,166 & 0,130 & 0,170 & 0,133 \\ 0,109 & 0,120 & 0,127 & 0,128 & 0,116 & 0,118 \\ 0,138 & 0,144 & 0,152 & 0,174 & 0,147 & 0,156 \\ 0,211 & 0,172 & 0,160 & 0,183 & 0,181 & 0,191 \\ 0,184 & 0,214 & 0,216 & 0,210 & 0,208 & 0,217 \\ 0,207 & 0,186 & 0,180 & 0,176 & 0,177 & 0,184 \end{bmatrix}$$

Hitung prioritas relatif dengan merata-ratakan nilai untuk setiap baris dan mengubah menjadi matriks prioritas relatif (R).

$$R = \begin{bmatrix} 0,152 \\ 0,120 \\ 0,152 \\ 0,183 \\ 0,208 \\ 0,185 \end{bmatrix}$$

Perhitungan Nilai λ_{maks}

Menentukan *Weighted Sum Vector*

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,373 & 1,089 & 0,711 & 0,818 & 0,725 \\ 0,728 & 1 & 0,834 & 0,698 & 0,559 & 0,644 \\ 0,918 & 1,2 & 1 & 0,951 & 0,704 & 0,847 \\ 1,406 & 1,432 & 1,052 & 1 & 0,870 & 1,041 \\ 1,222 & 1,789 & 1,421 & 1,149 & 1 & 1,179 \\ 1,379 & 1,553 & 1,181 & 0,961 & 0,848 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,152 \\ 0,120 \\ 0,152 \\ 0,183 \\ 0,208 \\ 0,185 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,917 \\ 0,721 \\ 0,913 \\ 1,102 \\ 1,253 \\ 1,113 \end{bmatrix}$$

Menentukan *Consistency Vektor*

$$\begin{bmatrix} 0,917/0,152 \\ 0,721/0,120 \\ 0,913/0,152 \\ 1,102/0,183 \\ 1,253/0,208 \\ 1,113/0,185 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,033 \\ 6,008 \\ 6,007 \\ 6,022 \\ 6,024 \\ 6,016 \end{bmatrix}$$

Menghitung Nilai λ_{maks}

$$\lambda_{maks} = \frac{36,11}{6} = 6,018$$

$$CI = \frac{\lambda_{maks}-n}{\frac{n-1}{6-1}} = \frac{6,018-6}{6-1} = 0,004$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,002}{1,25} = 0,003$$

Jadi $\lambda_{maks} = 6,018$ (mendekati n), $CI = 0,004$ (cukup kecil); $CR = 0,003 \leq 0,1$ (hasil penilaian konsisten).

3.4 Perhitungan Faktor Pembobotan Hierarki Untuk Aspek Ekonomi

Matriks Perbandingan Berpasangan

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh matriks perbandingan aspek ekonomi terhadap keenam cara penanganan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Matriks Perbandingan Aspek Ekonomi Terhadap Keenam Cara Penanganan Lalu Lintas

	E	F	G	H	I	J
E	1	1,233	1,118	0,972	0,809	0,872
F	0,811	1	1,086	0,810	0,786	0,846
G	0,894	0,921	1	1,107	0,937	0,939
H	1,029	1,235	0,903	1	1,183	1,176
I	1,236	1,272	1,067	0,845	1	1,191
J	1,146	1,182	1,066	0,850	0,840	1

Matriks Normalisasi

Berdasarkan matriks perbandingan berpasangan tersebut dilakukan normalisasi sebagai berikut: Cari nilai S_{ij} dengan menjumlahkan nilai setiap baris ke- i pada kolom ke- j dalam matriks perbandingan berpasangan atau menghitung jumlah setiap kolom pada matriks perbandingan berpasangan:

Matriks Perbandingan Berpasangan (R) untuk Aspek Ekonomi .

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,233 & 1,118 & 0,972 & 0,809 & 0,872 \\ 0,811 & 1 & 1,086 & 0,810 & 0,786 & 0,846 \\ 0,894 & 0,921 & 1 & 1,107 & 0,937 & 0,939 \\ 1,029 & 1,235 & 0,903 & 1 & 1,183 & 1,176 \\ 1,236 & 1,272 & 1,067 & 0,845 & 1 & 1,191 \\ 1,146 & 1,182 & 1,066 & 0,850 & 0,840 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = 6,116 \ 6,843 \ 6,240 \ 5,584 \ 5,555 \ 6,024 \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n$$

Membagi nilai a_{ij} pada setiap kolom dengan nilai S_{ij} :

$$\begin{bmatrix} 0,164 & 0,180 & 0,179 & 0,174 & 0,146 & 0,145 \\ 0,133 & 0,146 & 0,174 & 0,145 & 0,141 & 0,140 \\ 0,146 & 0,135 & 0,160 & 0,198 & 0,169 & 0,156 \\ 0,168 & 0,180 & 0,145 & 0,179 & 0,213 & 0,195 \\ 0,202 & 0,186 & 0,171 & 0,151 & 0,180 & 0,198 \\ 0,187 & 0,173 & 0,171 & 0,152 & 0,151 & 0,166 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0,165 \\ 0,147 \\ 0,161 \\ 0,180 \\ 0,181 \\ 0,167 \end{bmatrix}$$

Perhitungan Nilai λ_{maks}

Menentukan *Weighted Sum Vector*

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,233 & 1,118 & 0,972 & 0,809 & 0,872 \\ 0,811 & 1 & 1,086 & 0,810 & 0,786 & 0,846 \\ 0,894 & 0,921 & 1 & 1,107 & 0,937 & 0,939 \\ 1,029 & 1,235 & 0,903 & 1 & 1,183 & 1,176 \\ 1,236 & 1,272 & 1,067 & 0,845 & 1 & 1,191 \\ 1,146 & 1,182 & 1,066 & 0,850 & 0,840 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,165 \\ 0,147 \\ 0,161 \\ 0,180 \\ 0,181 \\ 0,167 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,993 \\ 0,885 \\ 0,970 \\ 1,087 \\ 1,095 \\ 1,007 \end{bmatrix}$$

Menentukan *Consistency Vektor*

$$\begin{bmatrix} 0,993/0,165 \\ 0,885/0,147 \\ 0,97/0,161 \\ 1,087/0,180 \\ 1,095/0,181 \\ 1,007/0,167 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,018 \\ 6,020 \\ 6,025 \\ 6,039 \\ 6,050 \\ 6,030 \end{bmatrix}$$

Menghitung Nilai λ_{maks}

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= \frac{6,018 + 6,020 + 6,025 + 6,039 + 6,050 + 6,030}{6} = \frac{36,182}{6} = 6,03 \\ CI &= \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} \\ &= \frac{6,03-6}{6-1} = 0,006 \end{aligned}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,006}{1,25} = 0,005$$

Jadi: $\lambda_{maks} = 6,03$ (mendekati n), $CI = 0,006$ (cukup kecil); $CR = 0,005 \leq 0,1$ (hasil penilaian konsisten).

3.5 Perhitungan Faktor Pembobotan Hierarki Untuk Aspek Pengelolaan

Matriks Perbandingan Berpasangan

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh matriks perbandingan aspek pengelolaan terhadap keenam penanganan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Matriks Perbandingan Aspek Pengelolaan Terhadap Ke Enam Cara Penanganan Lalu Lintas

	E	F	G	H	I	J
E	1	1,687	1,222	1,010	0,890	1,150
F	0,593	1	0,898	0,882	0,664	0,748
G	0,818	1,113	1	1,136	0,855	1,113
H	0,990	1,133	0,880	1	0,839	1,123
I	1,124	1,506	1,170	1,192	1	1,071
J	0,870	1,337	0,898	0,891	0,934	1

Matriks Normalisasi

Berdasarkan matriks perbandingan berpasangan tersebut dilakukan normalisasi sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,687 & 1,222 & 1,010 & 0,890 & 1,150 \\ 0,593 & 1 & 0,898 & 0,882 & 0,664 & 0,748 \\ 0,818 & 1,113 & 1 & 1,136 & 0,855 & 1,113 \\ 0,990 & 1,133 & 0,880 & 1 & 0,839 & 1,123 \\ 1,124 & 1,506 & 1,170 & 1,192 & 1 & 1,071 \\ 0,870 & 1,337 & 0,898 & 0,891 & 0,934 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = 5,395 \ 7,776 \ 6,068 \ 6,111 \ 5,182 \ 6,205 \text{ untuk } i, j = 1, 2, \dots, n$$

Membagi nilai a_{ij} pada setiap kolom dengan nilai S_{ij} :

$$\begin{bmatrix} 0,185 & 0,217 & 0,201 & 0,165 & 0,172 & 0,185 \\ 0,110 & 0,129 & 0,148 & 0,144 & 0,128 & 0,121 \\ 0,152 & 0,143 & 0,165 & 0,186 & 0,165 & 0,179 \\ 0,184 & 0,146 & 0,145 & 0,164 & 0,162 & 0,181 \\ 0,208 & 0,194 & 0,193 & 0,195 & 0,193 & 0,173 \\ 0,161 & 0,172 & 0,148 & 0,146 & 0,180 & 0,161 \end{bmatrix}$$

Hitung prioritas relatif dengan merata-ratakan nilai untuk setiap baris dan mengubah menjadi matriks

$$\text{Matriks Prioritas Relatif} = \begin{bmatrix} 0,188 \\ 0,130 \\ 0,165 \\ 0,163 \\ 0,193 \\ 0,161 \end{bmatrix}$$

3.5.3 Perhitungan Nilai λ_{maks}

Menentukan *Weighted Sum Vector*

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,687 & 1,222 & 1,010 & 0,890 & 1,150 \\ 0,593 & 1 & 0,898 & 0,882 & 0,664 & 0,748 \\ 0,818 & 1,113 & 1 & 1,136 & 0,855 & 1,113 \\ 0,990 & 1,133 & 0,880 & 1 & 0,839 & 1,123 \\ 1,124 & 1,506 & 1,170 & 1,192 & 1 & 1,071 \\ 0,870 & 1,337 & 0,898 & 0,891 & 0,934 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,188 \\ 0,130 \\ 0,165 \\ 0,163 \\ 0,193 \\ 0,161 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,130 \\ 0,782 \\ 0,993 \\ 0,984 \\ 1,160 \\ 0,972 \end{bmatrix}$$

Menentukan *Consistency Vektor*

$$\begin{bmatrix} 1,130/0,188 \\ 0,782/0,130 \\ 0,993/0,165 \\ 0,984/0,163 \\ 1,160/0,193 \\ 0,972/0,161 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,011 \\ 6,015 \\ 6,018 \\ 6,037 \\ 6,010 \\ 6,037 \end{bmatrix}$$

Menghitung Nilai λ_{maks}

$$\lambda_{maks} = \frac{(6,011 + 6,015 + 6,018 + 6,037 + 6,010 + 6,037)}{6} = \frac{36,128}{6} = 6,021$$

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{6,01 - 6}{6 - 1} = 0,004$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,004}{1,25} = 0,003$$

Jadi : $\lambda_{maks} = 6,021$ (mendekati n), $CI = 0,004$ (cukup kecil); $CR = 0,003 \leq 0,1$ (hasil penilaian konsisten)

3.6 Perhitungan Total Rangkaing/Prioritas Global

Faktor Evaluasi Total

Dari seluruh evaluasi yang dilakukann terhadap ke-4 aspek yakni Aspek Lingkungan, Aspek Ekonomi, Aspek Pengelolaan yang selanjutnya dikaitkan dengan prioritas relatif untuk masing-masing aspek. Dengan demikian kita peroleh tabel hubungan antara tabel dengan alternatif:

Tabel 5. Matriks Faktor Pembobotan Hirarki Untuk Perbandingan Semua Aspek Dengan Enam Cara Penanganan Lalu Lintas

	Aspek Lingkungan	Aspek Ekonomi	Aspek Pengelolaan
E	0,152	0,165	0,188
F	0,120	0,147	0,130
G	0,152	0,161	0,165
H	0,183	0,180	0,163
I	0,208	0,181	0,193
J	0,185	0,167	0,161

Total Rangkaing

Untuk mencari total rangkaing adalah dengan cara mengalikan faktor evaluasi masing-masing aspek dengan faktor bobot :

$$\begin{bmatrix} 0,152 & 0,165 & 0,188 \\ 0,120 & 0,147 & 0,130 \\ 0,152 & 0,161 & 0,165 \\ 0,183 & 0,180 & 0,163 \\ 0,208 & 0,181 & 0,193 \\ 0,185 & 0,167 & 0,161 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,355 \\ 0,193 \\ 0,452 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,171 \\ 0,130 \\ 0,160 \\ 0,173 \\ 0,196 \\ 0,170 \end{bmatrix}$$

Hasil Perhitungan :

E = 0,171
 F = 0,130
 G = 0,160
 H = 0,173
 I = 0,196
 J = 0,170

Dari hasil perhitungan di atas, aspek yang paling berpengaruh terhadap kemacetan lalu lintas di Kota Ambon adalah aspek pengelolaan, yaitu 0,452, diikuti aspek lingkungan 0,355 dan aspek ekonomi 0,193. Sedangkan yang menjadi proritas utama dalam mengatasi kemacetan adalah pembenahan jalur angkutan umum (I) sebesar 0,196; diikuti, membuat jalan layang (H) sebesar 0,173; menambah lebar jalan (E) sebesar 0,171; membenahi area parkir (J) sebesar 0,170 dan mengoptimalkan jumlah transportasi umum (G) sebesar 0,160. Sedangkan yang menjadi prioritas terakhir adalah mengoptimalkan pemakaian kendaraan pribadi (F) sebesar 0,130.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan PHA ternatif yang harus diprioritaskan untuk menurunkan kepadatan lalu lintas kendaraan bermotor adalah pembenahan jalur angkutan umum sebesar 19,6%; pembuatan jalan layang sebesar 17,3%; menambah lebar jalan sebesar 17,1%; membenahi area parkir sebesar 17% dan mengoptimalkan jumlah angkutan umum sebesar 16%. Sedangkan yang menjadi prioritas terakhir adalah mengoptimalkan pemakaian kendaraan pribadi sebesar 13%.

Daftar Pustaka

- [1] Anton, Howard dan Rorres, Chris, *Elementary Linear Algebra*, 10th Edition, New York : John Wiley & Sons, Inc, 2000.
- [2] Arifin, Sinta, *Skripsi Pengambilan Keputusan untuk Penilaian Kinerja Menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP)*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta., 2013.
- [3] Brunelli, M, *Introduction to the Analytic Hierarchy Proses*, New York: Springer., 2015.
- [4] Hastuti, D. Dwi Puji, *Proses Hierarki Analisis (PHA) dalam Pengambilan Keputusan Multikriteria*, Jurusan Pendidikan Matematika: Universitas Negeri Yogyakarta, 2010.
- [5] Kelelufna, Salomo, *Skripsi Aplikasi Proses Hirarki Analitik (PHA) Sistem Pemilihan Keputusan Pembelian Sepeda Motor*, Jurusan Matematika: Universitas Pattimura., 2016.
- [6] Manggiora, G. M, *Computer-Aided Decision Making in Pharmaceutical Research*, Proceeding of the Beilstein-Institut Workshop, Bozen, Italy.,” 2002.
- [7] E. Mu, *Practical Decision Making*, Springer Briefs in Operations Research.,” 2017.
- [8] Permadi, Bambang, *AHP Pusat Antar Universitas – Studi Ekonomi*, Jakarta: Universitas Indonesia., 1992.
- [9] Saaty, Thomas L, *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin terjemahan Liana Setiono*, Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo, 1993.
- [10] Sukarto, Haryono, *Pemilihan Model Transportasi di DKI Jakarta dengan Analisis Kebijakan “Proses Hierarki Analitik”*, *Jurnal Teknik Sipil*, p. Vol. 3 No.1, 2006.
- [11] Marimin, *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk.*, Jakarta : PT. Grasindo., 2004.

PENERAPAN ANALISIS KONJOIN DALAM PENILAIAN DOSEN FMIPA TERHADAP PEMBUKAAN PROGRAM STUDI STATISTIKA DI UNIVERSITAS PATTIMURA

Salmon N. Aulele^{1*}, Helda Y. Taihuttu², Mozart W. Talakua³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura

Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia

e-mail: ^{1*}salmon.aulele@yahoo.com ; ²edhalisya.en@gmail.com ; ³ocat_08@yahoo.com

Corresponding Author *

Abstrak

Analisis konjoin adalah salah satu analisis statistik multivariat yang dapat digunakan untuk mengetahui keadaan suatu produk atau jasa. Pada penelitian ini analisis konjoin diterapkan untuk mengetahui penilaian dosen terhadap pembukaan program studi statistika di universitas pattimura. Atribut yang perlu diperhatikan yaitu jumlah dosen, banyaknya ruangan kuliah, peminat program studi, kondisi laboratorium, kondisi perpustakaan, dan pengguna lulusan. Data diperoleh dari 50 dosen FMIPA. Hasil penelitian ini diketahui bahwa keadaan Program Studi Statistika nantinya memiliki karakteristik dosen statistika cukup, ruangan kuliah kurang, peminat program studi banyak, kondisi laboratorium baik, kondisi perpustakaan dan pengguna lulusan banyak dan menurut pendapat dosen FMIPA atribut yang sangat perlu diperhatikan adalah atribut jumlah dosen.

Kata Kunci : Analisis Konjoin, Penilaian Dosen, Program Studi Statistika

APPLICATION OF KONJOIN ANALYSIS IN LECTURER FMIPA ASSESSMENT ON THE OPENING OF STATISTICS STUDY PROGRAM IN PATTIMURA UNIVERSITY

Abstract

Conjoint analysis is one multivariate statistical analysis that can be used to know the condition of a product or service. In this research, conjoint analysis is applied to know the lecturer's evaluation on the opening of Statistics Program Study of university in pattimura. Attributes that need to be considered are the number of lecturers, number of lecture rooms, study program applicants, laboratory conditions, library conditions, and graduate users. Data were obtained from 50 lecturers of FMIPA. The results of this study are known to be statistically statistically consistent lecturers, less lecture rooms, many study program enthusiasts, good laboratory conditions, library conditions and many graduate users and in the opinion of FMIPA lecturers atribut hich is worth noting is the attribute of the number of lecturers.

Keywords : Conjoint Analysis, Lecturer Assessment, Statistics Study Program

1. PENDAHULUAN

Peningkatan Sumber Daya Manusia di era global menuntut standarisasi kompetensi keahlian dan akademik yang kompetitif. Perguruan tinggi diharapkan mampu berperan menghasilkan lulusan yang berkualitas dan dapat menyesuaikan diri dengan berbagai perubahan yang terjadi. Dalam menyikapi hal ini Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Pattimura (UNPATTI) meresponi melalui pembukaan Program Studi Statistika.

Upaya pembukaan Program Studi Statistika perlu memperhatikan berbagai atribut berdirinya suatu Program Studi. Atribut yang perlu diperhatikan yaitu jumlah dosen, banyaknya ruangan kuliah, peminat program studi, kondisi laboratorim, kondisi perpustakaan, dan pengguna lulusan. Tingkat kepentingan setiap atribut perlu diperhatikan untuk mengantisipasi kekurangan-kekurangan dari Program Studi. Jika ada atribut yang kurang maka harus dipenuhi demi kelancaran proses belajar mengajar. Atribut dan level atribut akan menunjukkan keadaan Program Studi Statistika yang nantinya dibuka.

Adapun salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan adalah Analisis Konjoin. Analisis konjoin adalah salah satu analisis statistik multivariat yang dapat digunakan untuk mendapatkan kombinasi atau komposisi atribut-atribut suatu produk sehingga dapat dievaluasi keadaan suatu produk atau jasa. Analisis konjoin juga mampu menjelaskan konsep baru dan karakteristik suatu produk atau jasa. Pada penelitian ini peneliti mengambil judul "Penerapan Analisis Konjoin Untuk Menilai Pembukaan Program Studi Statistika di Universitas Pattimura"[5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Konjoin

Definisi Analisis Konjoin

Analisis konjoin adalah sebuah teknik analisis yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif berdasarkan persepsi pelanggan yang dibawa oleh suatu produk tertentu dan nilai kegunaan yang muncul dari atribut-atribut produk terkait [3]. Analisis konjoin digunakan untuk mengetahui bagaimana penilaian seseorang terhadap satu objek/jasa. Analisis konjoin dapat diekspresikan dalam model :

$$Y_i = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad (1)$$

Keterangan :

$$Y_i \quad = \text{berupa data non metrik atau metrik}$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad = \text{berupa data non metrik}$$

Proses Dasar Analisis Konjoin

Ada beberapa tahapan dalam merancang dan melaksanakan analisis konjoin secara umum adalah sebagai berikut[1]:

1. Merumuskan Masalah
Merumuskan masalah dalam hal ini peneliti mengidentifikasi atribut dan level yang dipilih haruslah sangat penting.
2. Membentuk Stimuli
Setelah peneliti menetapkan atribut dan level atribut peneliti perlu mengkombinasikan antara atribut dengan level. Kombinasi antara atribut dengan level disebut Stimuli
3. Menentukan Penilaian Responden
Kombinasi antara atribut dan level yang ada kemudian di jalankan untuk mengumpulkan pendapat responden terhadap setiap stimuli.
4. Memilih Suatu Prosedur analisis konjoin.

Model dasar analisis konjoin dirumuskan secara matematis sebagai berikut :

$$U(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k_i} a_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Keterangan:

$U(x)$: Seluruh utility dari suatu alternative

a_{ij} : Sumbangan the part-worth atau utility taraf ke- j atribut ke- i

k_i : Banyaknya level atribut ke- i

m : Banyaknya atribut

x_{ij} : *Dummy variable*. atribut ke-taraf ke- j bernilai 1, kalau level ke j dari atribut ke i terjadi, kalau tidak terjadi bernilai 0.

Pentingnya suatu atribut, misalnya I_i , didefinisikan, dinyatakan dalam kisaran part-worth yaitu:

$$I_i = \{ \max(a_{ij}) - \min(a_{ij}) \}, \text{ untuk setiap } i.$$

Pentingnya atribut, dinormalkan (*normalized*) untuk meyakinkan kepentingan relatifnya dengan atribut lainnya

$$w_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^m I_i} \times 100\% \quad (3)$$

Ket:

w_i = Pentingnya atribut (*factor importance*) ke- i

I_i = Range nilai kepentingan untuk tiap atribut

5. Interpretasi Hasil

Interpretasi hasil ini dilakukan pada semua tingkat kepentingan atribut sesuai nilai yang ada.

2.2 Menghitung Ketepatan Prediksi

Dalam menguji ketepatan prediksi dalam analisis konjoin dilakukan dengan *korelasi pearson's R dan Tau Kendal*.

H_0 : Tidak ada hubungan yang kuat antara estimasi dengan observasi.

H_1 : Ada hubungan yang kuat antara estimasi dengan observasi.

Kriteria Pengambilan keputusan:

Jika probabilitas (sig) > 0,05 maka H_0 diterima.

Jika probabilitas (sig) < 0,05 maka H_1 diterima.

2.3 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji Validitas

Uji validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat-tingkat kevalidan atau kesahihan sesuatu instrumen [4].

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{(n \sum x^2) - (\sum x)^2\} \{(n \sum y^2) - (\sum y)^2\}}} \quad (4)$$

Keterangan:

r_{xy} : Koefisien korelasi

X : Skor pertanyaan untuk setiap subjek

y : Skor total

xy : Skor pertanyaan dan skor total

n : Jumlah sampel

Kriteria pengambilan keputusan :

Jika r-hitung > r-tabel, maka butir pernyataan dinyatakan valid.

Jika r-hitung < r-tabel, maka butir pernyataan dinyatakan tidak valid.

Uji Reliabilitas

Hasil penelitian yang reliabel, bila terdapat kesamaan data dalam waktu yang berbeda[2]. Uji reliabilitas juga dapat digunakan untuk mengukur suatu kuesioner. Uji reliabilitas dengan memelihara koefisien α -cronbach menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(\frac{1 - \sum \sigma_i^2}{\sigma_i^2} \right) \quad (5)$$

Keterangan :

α : Kkeandalan *alpha-cronbach*

σ_i^2 : Varian total

$\sum \sigma_i^2$: Jumlah varian butir

k : Banyaknya butir pertanyaan

Kriteria pengambilan keputusan:

Jika nilai *Cronbach's Alpha* > 0,6 maka dinyatakan reliabel.

Jika nilai *Cronbach's Alpha* < 0,6 maka dinyatakan tidak reliabel.

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dengan mengambil sampel sebagian dari Dosen FMIPA Universitas Pattimura. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan kuesioner yang dibagikan kepada Dosen FMIPA secara random. Atribut dan level atribut :

- 1) Dosen, jumlah dosen banyak, kurang dan sedikit.
- 2) Ruangan, ruang kuliah yang dapat digunakan untuk perkuliahan banyak dan kurang.
- 3) Peminat, peminat program studi statistik banyak dan kurang.
- 4) Laboratorium, kondisi laboratorium baik dan buruk.
- 5) Perpustakaan, kondisi perpustakaan baik dan buruk.
- 6) Pengguna lulusan, pengguna lulusan statistika di dunia kerja banyak, cukup, dan sedikit.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tentang pengumpulan data dan pengolahan data. Pada bagian pengumpulan data akan dijelaskan mengenai tahapan kuesioner untuk mengetahui penilaian pembukaan program studi statistika. Sedangkan pada bagian pengolahan data akan dijelaskan tahapan pengolahan data dari kuesioner dengan menggunakan analisis konjoin SPSS 23 dan interpretasi hasilnya. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi penilaian dosen FMIPA terhadap pembukaan program studi statistika pada jurusan matematika.

4.1 Mendesain Stimuli

Tabel 1. Kombinasi Atribut dan Level Atribut

Atribut	Taraf	Level
Dosen	1	Banyak
	2	Cukup
	3	Kurang
Ruangan	1	Banyak
	2	Kurang
Peminat	1	Banyak
	2	Kurang
Laboratorium	1	Baik
	2	Buruk
Perpustakaan	1	Baik
	2	Buruk
Pengguna	1	Banyak
	2	Cukup
	3	Sedikit

Berdasarkan Tabel 1, jika dikombinasikan secara manual $3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 144$, stimuli. Stimuli yang terlalu banyak akan menyulitkan responden dalam meminilai sebanyak 144 stimuli. Perlu

mengurangi jumlah kombinasi sebanyak 144 menjadi lebih sedikit untuk itu dibuat dalam syntax SPSS. Hasil syntax dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pembuatan Stimuli

Card	Dosen	Ruangan	Peminat	Lab	Perpustakaan	Pengguna
1	Cukup	Banyak	Banyak	Buruk	Buruk	Sedikit
2	Banyak	Cukup	Kurang	Buruk	Buruk	Sedikit
3	Banyak	Cukup	Kurang	Baik	Buruk	Cukup
4	Banyak	Banyak	Kurang	Baik	Buruk	Banyak
5	Cukup	Cukup	Kurang	Buruk	Baik	Banyak
6	Cukup	Cukup	Kurang	Buruk	Baik	Banyak
7	Banyak	Banyak	Banyak	Buruk	Baik	Banyak
8	Kurang	Cukup	Banyak	Buruk	Buruk	Banyak
9	Kurang	Banyak	Kurang	Baik	Baik	Sedikit
10	Banyak	Cukup	Banyak	Baik	Baik	Sedikit
11	Banyak	Banyak	Kurang	Buruk	Buruk	Banyak
12	Banyak	Cukup	Banyak	Buruk	Baik	Cukup
13	Kurang	Banyak	Kurang	Buruk	Baik	Cukup
14	Banyak	Banyak	Banyak	Baik	Baik	Banyak
15	Kurang	Cukup	Banyak	Baik	Buruk	Banyak
16	Cukup	Banyak	Banyak	Baik	Buruk	Cukup

Berdasarkan Tabel 2, setiap stimuli dapat menjelaskan masing-masing kombinasi antara atribut dan level. contohnya pada stimuli pertama menjelaskan jumlah dosen cukup, ruangan kuliah banyak, peminat program studi banyak, kondisi laboratorium buruk, kondisi perpustakaan buruk, pengguna lulusan sedikit. Setersunya sampai stimuli ke-16 masing-masing dengan penjelasannya.

4.2 Nilai utiliti dan Nilai Kepentingan Relatif.

Nilai *utiliti* dapat menjelaskan tingkat penilaian responden terhadap atribut dan level atribut yang ada.

Tabel 3. Nilai Utiliti

Atribut	Level	Nilai Utiliti
Dosen	Banyak	-0,103
	Cukup	0,152
	Kurang	-0,048
Ruang	Banyak	-0,098
	Kurang	0,098
Peminat	Banyak	0,08
	Kurang	-0,08
Lab	Baik	0,027
	Kurang	-0,027
Perpus	Baik	0,105
	Kurang	-0,105
Pengguna	Banyak	0,043
	Cukup	-0,002
	Sedikit	-0,042

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat nilai kepentingan setiap atribut yang paling diperhatikan dosen FMIPA adalah jumlah dosen cukup dengan nilai utiliti sebesar 0,152, atribut ruangan kuliah kurang dengan nilai utiliti 0,098, atribut peminat program studi banyak dengan nilai utiliti 0,08, atribut kondisi laboratorium baik dengan nilai utiliti 0,027 atribut kondisi perpustakaan baik dengan nilai utiliti 0,105 dan atribut pengguna lulusan banyak dengan nilai utiliti 0,043. Nilai kepentingan relatif merupakan tingkat presentase dari masing-masing atribut.

Tabel 4. Nilai Kepentingan Relatif

Atribut	Nilai Kepentingan
Dosen	25,308
Ruangan	13,787
Peminat	13,397
Laboratorium	11,871
Perpustakaan	13,864
Pengguna	21,773

Berdasarkan Tabel 4, nilai kepentingan dapat menjelaskan bahwa dari keenam atribut yang paling diperhatikan oleh responden (dosen) adalah jumlah dosen dengan presentasi sebesar 25,308%, kemudian pengguna lulusan 21,773%, ruangan 13,787%, perpustakaan 13,864%, peminat 13,397% dan laboratorium 11,871%.

4.3 Menghitung Ketepatan Prediksi

Menghitung ketepatan prediksi bertujuan untuk mengetahui adanya korelasi dan signifikan antara hasil estimasi dan hasil aktual.

Tabel 5. Hasil Ketepatan Prediksi

	Value	Sig.
Pearson's R	0,654	0,003
Kendall's tau	0,565	0,001

Berdasarkan Tabel 5, dapat menjelaskan untuk pengukuran korelasi secara *pearson's* maupun *kendall* nilai signifikan < 0,05 artinya ada korelasi yang kuat antara hasil estimasi dan data aktual.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Keadaan Program Studi Statistika nantinya memiliki jumlah dosen cukup, ruangan kuliah kurang, peminat program studi banyak, kondisi laboratorium baik, kondisi perpustakaan baik dan pengguna lulusan banyak.
2. Menurut penilaian dosen FMIPA urutan kepentingan atribut yang perlu diperhatikan dalam pembukaan program studi statistika adalah jumlah dosen menjadi prioritas utama seterusnya diikuti oleh atribut pengguna lulusan, ruangan kuliah, perpustakaan, peminat program studi dan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amelia, A., Rais, dan Nur'eni, *Analisis Konjoin Untuk Preferensi Mahasiswa Matematika Fmipa Universitas Tadulako dalam memilih Handphone (HP)*, Online Jurnal Of Natural Science, pp. 56-64, 2015.
- [2] P. Astuti, *Pengaruh Event Marketing terhadap Keputusan Pembelian Produk Rokok Envio Mild (Survei Pada Konsumen Bisnis Mitra Usaha PT. Djarum di Kab.Bandung)*, Universitas Pendidikan Indonesia |repository.upi.edu |perpustakaan.upi.edu., 2013.
- [3] Khrisna, *Analisis konjoin* <http://datariset.com/analisis/detail/olah-data-jogja-contjoint-analysis.>, 2013.
- [4] P. D. M, *Pengaruh Sumber Belajar Terhadap Prestasi Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Akuntansi Universitas Pendidikan Indonesia*, repository.upi.edu, perpustakaan.upi.edu., 2013.
- [5] M. Y. Matdoan, E. R. Persulesy, F. Kondolembang, *Pengukuran Preferensi Pelanggan PT. PLN (Persero) Dalam Menentukan Atribut Rekening Listrik Prabayar di Kota Ambon dengan Menggunakana Analisis Konjoin*, Jurnal Berekeng Universitas Pattimura., 2016.

SISTEM PREDIKSI TINGKAT PENGANGGURAN DI PROVINSI MALUKU MENGGUNAKAN ANFIS (*ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*)

Dorteus L. Rahakbauw^{1*}, Muh. Iskandar Tanassy², Berni P. Tomasouw³

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Pattimura
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia

e-mail: ^{1*}lodewyik@gmail.com ; ²iskandartanassy@gmail.com ; ³bernypebo@yahoo.co.id

Corresponding Author *

Abstrak

Pengangguran merupakan salah satu permasalahan yang belum terselesaikan dengan baik sampai saat ini meskipun sudah dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan jumlah tingkat pengangguran. Tingkat pengangguran masih mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Pada penelitian ini akan dibuat sistem prediksi tingkat pengangguran menggunakan ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). Data yang digunakan bersumber dari BPS yaitu data Angkatan kerja tahun 2001-2017. Data ini meliputi data Jumlah Penduduk Usia Kerja (JPUK), input Jumlah Angkatan Kerja (JAK) dan input Jumlah Pekerja (JP), yang masing masing dibagi dalam tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi; Untuk pelatihan Algoritma ANFIS ada 3 input yaitu input JPUK, JAK dan JP dengan satu output Jumlah Pengangguran (JPg). Untuk mendapatkan struktur ANFIS yang baik dan keanggotaan yang akan dipilih dilakukan pelatihan data untuk tahun 2001-2007 lalu dipilih *membership function* dengan *error* terkecil sebagai keanggotaan parameter yang diuji. Kemudian data tahun 2008-2017 diuji menggunakan *membership function* tersebut dan menghasilkan sebuah sistem prediksi yang nantinya menjadi sistem yang digunakan sebagai prediksi. Hasil penelitian diperoleh rata-rata presentasi *error* sistem prediksi tingkat pengangguran sebesar 4,49%. Yang mengindikasikan metode ini layak dipertimbangkan sebagai opsi penyelesaian masalah pengangguran di provinsi Maluku.

Kata Kunci: ANFIS, logika fuzzy, pengangguran.

PREDICTION SYSTEM OF UNEMPLOYMENT RATE IN MALUKU PROVINCE USING ANFIS (*ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*)

Abstract

Unemployment is one of the problems that has not been resolved properly until now despite efforts made to reduce the number of unemployment rates. The unemployment rate is still rising from year to year. In this research will make prediction system of unemployment rate using ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). The data used is sourced from BPS, namely labor force data for 2001-2017. This data includes data on the Number of Working Age Population (JPUK), input of Labor Force Amount (JAK) and input Number of Workers (JP), each of which is divided into three categories: low, medium, and high; For training ANFIS Algorithm there are 3 inputs, namely JPUK, JAK and JP inputs with one output Amount of Unemployment (JPg). To get a good ANFIS structure and membership to be selected, data training was conducted for 2001-2007 and the membership function was chosen with the smallest error as the membership parameter tested. Then the 2008-2017 data was tested using the membership function and produced a predictive system which later became a system used as a prediction. The results of the study obtained an average presentation of system errors predicting the unemployment rate of 4.49%. Which indicates this method is worth considering as an option to solve the unemployment problem in province of Moluccas.

Keywords: ANFIS, fuzzy logic, prediction, unemployment.

1. PENDAHULUAN

Saat ini pengangguran merupakan salah satu permasalahan yang sangat menyita perhatian pemerintah dan masyarakat di Provinsi Maluku. Pengangguran umumnya disebabkan karena jumlah angkatan kerja atau pencari kerja tidak sebanding dengan lapangan pekerjaan. Pada tahun 2016 jumlah angkatan kerja pada awal tahunnya yaitu 733.337 jiwa sedangkan yang menganggur sebanyak 51.164 jiwa lalu mengalami peningkatan pada tahun 2017 jumlah angkatan kerja pada awal tahunnya yaitu 769.108 jiwa mengalami peningkatan sebanyak 35.771 jiwa sedangkan yang menganggur sebanyak 59.745 jiwa [2]. Maluku merupakan provinsi dengan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) tertinggi pada Agustus 2017. Menurut data pada Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah pengangguran di Provinsi Maluku mencapai 65.735 orang atau 9,29 persen dari total angkatan kerja sebanyak 707.796 orang. Angka ini bertambah di bulan Agustus 2017 sebesar 13.372 orang dari jumlah pada bulan Agustus 2016. Berbanding terbalik dengan angkatan kerja dan bekerja yang berkurang sebesar 48.725 orang menjadi 642.061 orang [5].

Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan Informasi tingkat pengangguran dari waktu ke waktu sebagai acuan untuk mengambil kebijakan dalam mengatasi permasalahan pengangguran tersebut. Pendekatan memprediksi jumlah pengangguran dianggap baik untuk menyelesaikan masalah bertambahnya jumlah pengangguran di provinsi Maluku. Prediksi adalah proses perkiraan atau pengukuran untuk diproyeksikan suatu nilai dengan memanfaatkan persamaan matematika dan statistika, prediksi juga berarti hasil perhitungan berdasarkan data dan analisa apapun baik ilmiah maupun non ilmiah dan dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Perkiraan merupakan pendapat yang berdasarkan dugaan perasaan tanpa bukti nyata, perkiraan secara kualitatif biasanya menggunakan pendapat para ahli. Secara kuantitatif menggunakan metode statistik dan matematik [9]. ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) adalah metode prediksi yang berkembang dalam membangun sistim prediksi suatu permasalahan, Metode ANFIS merupakan metode yang efektif untuk sebuah prediksi karena tingkat kesalahannya lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode ANN (*Artificial Neural Network*) [2]. Selain itu, tingkat keakuratan dari model ANFIS dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas dari sampel data [5].

Karena metode ANFIS dianggap baik maka penulis tertarik untuk menggunakan ANFIS untuk dalam membangun Sistem Prediksi Tingkat Pengangguran di Provinsi Maluku.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran umum ANFIS

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan penggabungan dari logika *fuzzy* dan jaringan saraf tiruan (JST). Logika *fuzzy* memiliki kelebihan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan dengan menerapkan basis aturan (*rules*). JST memiliki kelebihan dalam mengenali pola, belajar dan berlatih dalam menyelesaikan suatu permasalahan tanpa memerlukan pemodelan matematik. Serta dapat bekerja berdasarkan data historis yang dimasukkan kepadanya dan dapat melakukan prediksi kejadian yang akan datang berdasarkan data-data tersebut. Sehingga ANFIS memiliki kemampuan keduanya [7].

2.2 Arsitektur ANFIS

Misalkan *input* terdiri atas $x_{1,t}$ dan $x_{2,t}$ dan sebuah *output* x_t dengan aturan model Sugeno orde 1. Orde 1 dipilih dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan perhitungan. Model Sugeno orde 1 dengan dua aturan *fuzzy if-then* adalah sebagai berikut:

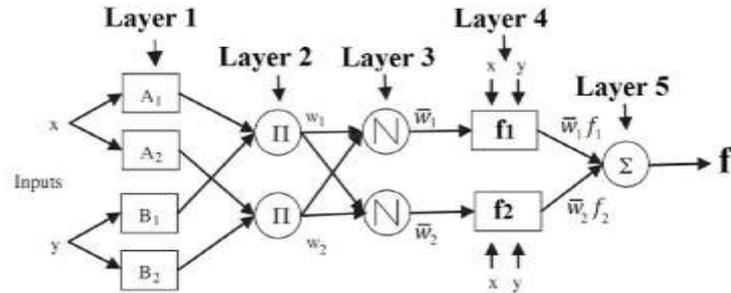
Rule 1: *if* $x_{1,t}$ *is* A_1 *and* $x_{2,t}$ *is* B_2 *then* $f_1 = p_1 \cdot x_{1,t} + q_1 \cdot x_{2,t} + r_1$

Maka Rule 1: *if* $x_{1,t}$ *is* A_1 *and* $x_{2,t}$ *is* B_2 *then* $f_2 = p_2 \cdot x_{1,t} + q_2 \cdot x_{2,t} + r_1$

Dengan A_i dan B_i adalah nilai-nilai kenggotaan merupakan label linguistik (seperti “kecil” atau “besar”), p_i , q_i dan r_i adalah parameter konsekuen [6].

2.3 Jaringan ANFIS

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System atau ANFIS adalah jaringan syaraf yang fungsinya sama dengan system inferensi *fuzzy*. Pada ANFIS, proses belajar pada jaringan *neural* dengan sejumlah data berguna untuk memperbaharui parameter-parameter system inferensi *fuzzy*. Jaringan ANFIS yang ditunjukkan pada gambar berikut [4]:



Gambar 1. Model Jaringan ANFIS.

Lapisan 1:

Lapisan ini merupakan *fuzzyfikasi*. Pada lapisan ini tiap neuron adaptif terhadap parameter suatu aktivasi. *Output* dari tiap neuron berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh *membership function input*. Misalkan *membership function* Trapesium diberikan sebagai :

$$\mu_{trapesium}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (1)$$

Dengan x adalah input dalam hal ini $x = (x_{1,t}, x_{2,t})$ dan $\{a, b, c, \text{ dan } d\}$ adalah parameter-parameter. Parameter-parameter ini biasanya disebut sebagai parameter premis.

Lapisan 2:

Lapisan ini berupa neuron yang tetap dan ditandai sebagai Π , yang dimana *output*-nya merupakan hasil kali dari semua masukan atau *input* yang masuk:

$$O_2 = w_i = \mu_{A_i} \mu_{B_i} \quad (2)$$

Biasanya digunakan operator AND (dan; penghubung). Hasil perhitungan ini disebut *firing strength* dari sebuah aturan. Tiap *output* merepresentasikan kekuatan dari setiap *rule*.

Lapisan 3:

Tiap neuron pada lapisan ini berupa neuron tetap dan ditandai sebagai N . Neuron ke- i mengkalkulasi rasio dari kekuatan *rule* ke- i ke semua jumlah *rule's firing strengths* pada lapisan kedua, sebagai berikut:

$$O_4 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (3)$$

Hasil perhitungan ini disebut *normalized firing strength*.

Lapisan 4:

Lapisan ini berupa neuron-neuron yang merupakan neuron adaptif terhadap suatu *output*, sebagai berikut:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x_{1,t} + q_i x_{2,t} + r_i) \quad (4)$$

Dengan \bar{w}_i adalah *normalized firing strength* pada lapisan ketiga dan p_i , q_i dan r_i adalah parameter-parameter pada neuron tersebut. Parameter-parameter ini biasa disebut parameter konsekuen.

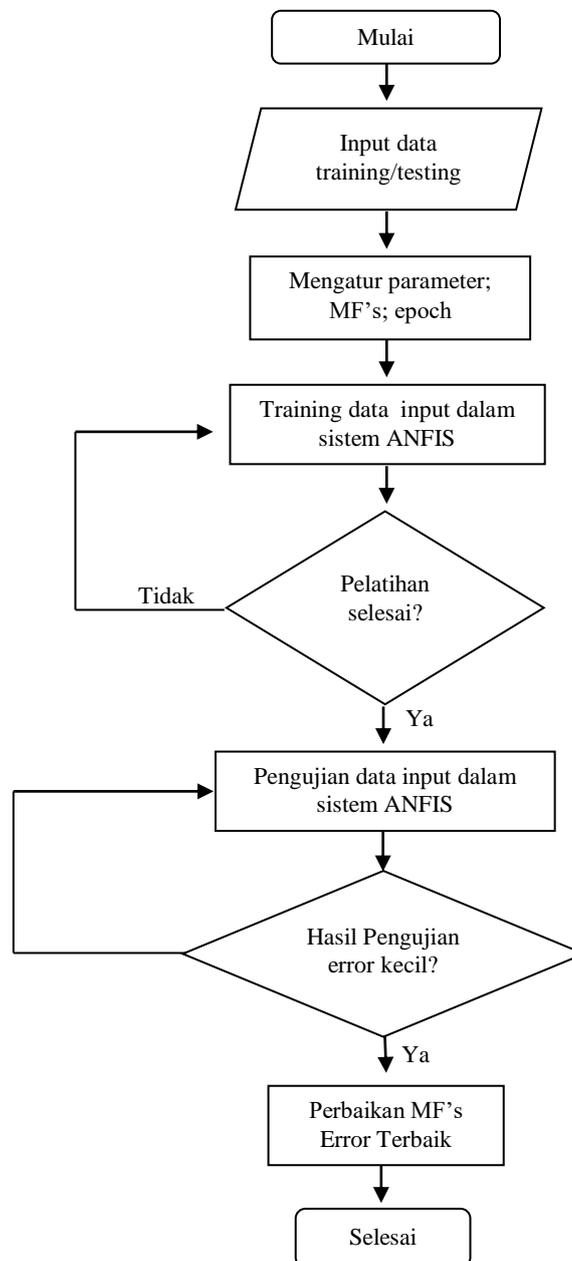
Lapisan 5 :

Lapisan ini berupa neuron tunggal dan ditandai dengan Σ merupakan hasil penjumlahan seluruh *output* pada lapisan keempat yang dianggap sebagai signal *input*:

$$\sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (5)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari pangkalan data BPS, yaitu data tentang Angkatan Kerja tahun 2001-2017. Data yang digunakan meliputi data JPUK, JAK, dan JP sebagai variabel-variabel yang mempengaruhi jumlah pengangguran di suatu provinsi [BPS]. Data dibagi menjadi dua yaitu data pelatihan tahun 2001-2007 dengan 3 variabel linguistik: tinggi, sedang dan rendah pada setiap variabel input berdasarkan *membership function Trapezium* dan data uji tahun 2008-2017. Berikut ini tahapan prediksi dengan ANFIS:



Gambar 2. flowchart prediksi ANFIS

Proses awal penerapan ANFIS untuk memprediksi jumlah pengangguran adalah penetapan variabel input, *membership function*, *epoch*, dan selanjutnya dilakukan proses *training* dan *testing* sampai ditemukan model data terbaik setelah itu, model dengan *rules* yang diterapkan dalam proses prediksi dilakukan untuk validasi dari performa ANFIS sampai mencapai selisih *error* terkecil. Gambar 2 menunjukkan *flowchart* prediksi ANFIS.

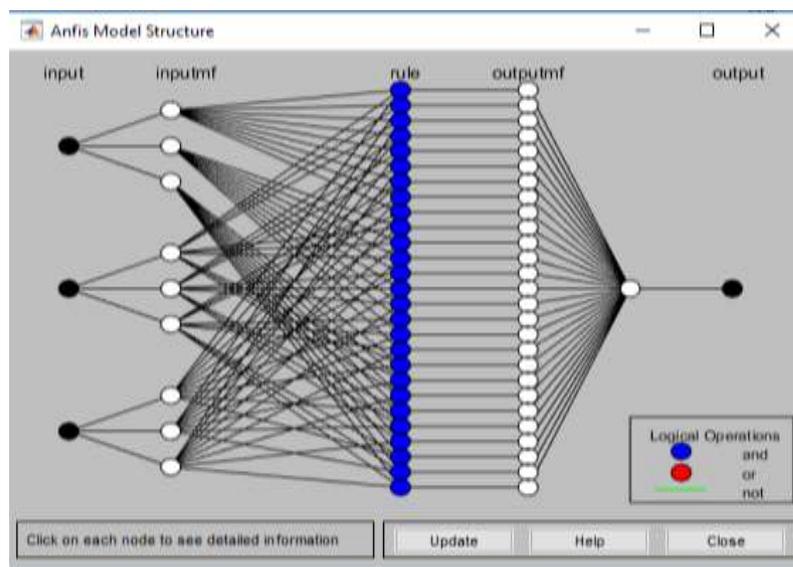
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilakukan pengujian *error* dari *Generate FIS (Fuzzy Inference System)* dengan menggunakan MF Trapesium (Bahu) yang dibagi kedalam 3 keanggotaan yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi MFs [3 3 3] dan *epoch* 10 yang menghasilkan *error* 0,1662. Dipilih MFs [3 3 3] artinya terdapat tiga *input* yang masing-masing terbagi atas tiga *membership function*.



Gambar 3. FIS Editor.

Untuk pelatihan Algoritma ANFIS disusun FIS dimana ada 3 variabel *input* yaitu JPUK, JAK dan JP, yang masing-masing memiliki 3 variabel linguistik (Tinggi, medium, rendah) dengan satu *output* JPg (gambar 3). Dalam penerapan Algoritma ANFIS digunakan data pelatihan (2001-2007) dan data uji (2008-2017).



Gambar 4. Model Struktur (Arsitektur) ANFIS

Untuk *output* keanggotaannya *constant* karena hasil dari inferensi *fuzzy* metode Sugeno merupakan konstanta. Untuk memprediksi digunakan 3 variabel input yang masing-masing memiliki 3 variabel linguistik menghasilkan $3^3 = 27$ *Rules* yang digunakan saat membangun *Rules* output metode ini.

Berikut tabel hasil pengujian algoritma ANFIS pada sistem prediksi tingkat pengangguran dengan menggunakan data uji yang kemudian dihitung presentase *error* dari masing-masing data dengan menggunakan rumus presentase *error*:

$$\%error = \frac{|output\ asli - output\ prediksi|}{output\ asli} \times 100\% \quad (6)$$

Tabel 1. Hasil Pengujian

Tahun	JPUK	JAK	JP	JPeng	JPeng(output)	Error (%)
2008	890.217	559.239	499.555	59.684	$5,97 \times 10^4$	0,027
2009	850.844	536.030	533.015	3.015	$3,04 \times 10^3$	0,83
2010	979.714	651.339	586.430	64.909	$5,76 \times 10^4$	11,23
2011	1.010.287	701.893	650.112	51.781	$5,18 \times 10^4$	0,037
2012	1.035.915	659.953	610.362	49.591	576×10^4	16,15
2013	1.079.849	668.721	602.429	66.292	$6,48 \times 10^4$	2,25
2014	1.103.643	672.304	601.651	70.653	$7,14 \times 10^4$	1,06
2015	1.128.137	727.259	655.063	72.196	$7,22 \times 10^4$	0,006
2016	1.151.962	743.149	690.786	52.363	$5,61 \times 10^4$	7,14
2017	1.163.910	769.108	709.363	59.745	$5,61 \times 10^4$	6,1
Rata-rata persentase <i>error</i>						4,49

Setelah dilakukan pengujian pada sistem prediksi tingkat pengangguran menggunakan GUI yang ada pada *Software* Matlab, hasil yang diperoleh memiliki presentase *error* yang tidak terlalu besar dengan rata-rata *error* yaitu sebesar 4,49%. Untuk masing-masing data yang dimasukan presentase *error* terbesar ada pada data ke-5 pada data uji dengan masukan berturut-turut untuk Jumlah Penduduk Usia Kerja, Jumlah Angkatan Kerja dan Jumlah Pekerja sebesar 1.035.915, 659.953 dan 610.362 dengan hasil *output* $5,76 \times 10^4$ sementara target yang diinginkan yaitu 49.591 memiliki presentasi error sebesar 16,15%.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian algoritma ANFIS pada sistem prediksi tingkat pengangguran diperoleh kesimpulan setelah melakukan proses pelatihan Algoritma ANFIS dengan menggunakan 3 variabel *input* dengan masing-masing variabel terdiri dari 10 data dengan menggunakan MFs Trapesium dan menggunakan *rule* sebanyak 27 *rule* serta keanggotaan *output* yang konstan diperoleh sistem prediksi tingkat pengangguran dengan presentasi rata-rata *error* sebesar 4,49%.

Daftar Pustaka

- [1] A. Fitriah, A. M. Abadi, "Aplikasi Model Neuro Fuzzy Untuk Prediksi Tingkat Inflasi Di Indonesia", *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY*, ISBN : 978-979-16353-6-3, 2011.
- [2] B. P. Statistik, "Keadaan Ketenagakerajaan Maluku," BPS, Ambon, 2017.
- [3] C. Dewi, D. P. Kartikasari, Y. T. Mursityo, "Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)", *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) UB*, Vol. 1, No. 1, April 2014.
- [4] J. S. R. Jang, "ANFIS: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics*, pp. 655-685, 1993.

- [5] Katadata, “Agustus 2017, Pengangguran Maluku Tertinggi”, 7 November 2017. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/11/07/agustus-2017-pengangguran-maluku-tertinggi>. [Diakses 15 Januari 2018].
- [6] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Network: Architectures, Fundamentals, and Applications*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1994.
- [7] N. Azizah, K. Adi, A. Widodo, “Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk Prediksi Tingkat Layanan Jalan”, *Jurnal Sistem Informasi Bisnis Undip*, Vol.3 No.3 , 2013.
- [8] S. Kusumadewi, *Fuzzy Multi-Attribut Decision Making (Fuzzy MADM)*, Yogyakarta: Graha Ilmu Yogyakarta, 2006.
- [9] S. Halim, *Diktat Time Series Analysis*, Surabaya: Petra, 2006.

MATRIKS *SCORE* DAN APLIKASINYA DALAM PENGAMANAN PESAN RAHASIA

Berni P. Tomasouw^{1*}, Glevi E. Mado², E. R. Persulesy³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia

email: ^{1*}bptomasouw@gmail.com ; ²madogleviejon@gmail.com ; ³richardelvinus@yahoo.com

*Corresponding Author **

Abstrak

Pertukaran informasi umum atau informasi rahasia antara dua orang melalui suatu media membuat pengirim informasi dan penerima informasi perlu waspada. Dalam hal ini, peran penyandian data sangat penting. Salah satu penyandian data yang sering digunakan dan dikenali banyak orang adalah kriptografi. Kriptografi merupakan teknik untuk menyandikan data melalui proses enkripsi dan proses dekripsi dengan menggunakan kunci tertentu sehingga menghasilkan data baru yang rahasia. Salah satu pengamanan dengan kriptografi adalah pengamanan pesan rahasia menggunakan matriks *score*. Matriks *score* didefinisikan sebagai matriks simetris G dengan unsur bilangan kompleks dan $im(G)$ adalah matriks diagonal.

Kata Kunci: *Bilangan kompleks, kriptografi, matriks, matriks score.*

SCORE MATRIX AND IT'S APPLICATION IN SECURING SECRET MESSAGE

Abstract

The exchange of general information or confidential information between two persons through a medium does not guarantee its safety. This makes the sender of information and the recipient of information needs to be vigilant. In this case, the role of data encoding is very important. One of the most commonly used and recognized data encryption is cryptography. Cryptography is a technique for encrypting data through the process of encryption and decryption process by using certain keys so as generate new data that is secret. One of the cryptography is the security of secret messages using the Score matrix. The score matrix is defined as a symmetric matrix G with elements of complex number and $im(G)$ is a diagonal matrix.

Keywords: *Complex number, Cryptography, Matrix, Score matrix.*

1. PENDAHULUAN

Dalam aljabar, matriks adalah sekumpulan unsur, angka atau variabel yang disusun dalam bentuk persegi atau persegi panjang. Selanjutnya dikenal beberapa jenis matriks diantaranya matriks baris dan matriks kolom. Suatu matriks baris dapat menjadi matriks kolom atau sebaliknya, apabila matriks tersebut ditransposkan. *Transpose* matriks didefinisikan sebagai sebuah matriks yang didapatkan dengan cara menukar unsur-unsur baris menjadi unsur-unsur kolom dan sebaliknya.

Dalam sistem bilangan kompleks sering dijumpai bilangan kompleks sekawan (konjugat kompleks). Dua bilangan kompleks disebut sekawan apabila nilai realnya sama dan tanda pada bagian imajiner berbeda. Dengan menggunakan *transpose* matriks dan konjugat kompleks, matriks *hermite* didefinisikan sebagai suatu matriks kompleks dengan hasil *transpose* konjugatnya adalah dirinya sendiri. Untuk mengenali matriks *hermite* dapat dilihat dari diagonal utamanya yang merupakan bilangan real dan unsur lainnya adalah bilangan kompleks.

Dalam jaman modern seperti sekarang, sering terjadi pembajakan liar dan transaksi kriminal. Untuk mencegah kerahasiaan data dari seorang pembajak, harus ada pengamanan yang kuat dalam melindungi data tersebut. Salah satu pengamanan yang dapat digunakan adalah pengamanan pesan rahasia menggunakan matriks *hermite*.

Peneliti ingin membuat suatu pengamanan pesan rahasia dari matriks yang unsurnya merupakan kebalikan dari matriks *hermite*. Karena berkebalikan dengan matriks *hermite* maka untuk mengenali matriks tersebut dapat dilihat dari diagonal utamanya yang merupakan bilangan kompleks dan unsur lainnya adalah bilangan real, selanjutnya peneliti menyebut matriks tersebut dengan nama matriks *score*.

Definisi 1. [1] Bilangan kompleks dapat dituliskan sebagai $z = \{a + bi ; a, b \in \mathbb{R}\}$ dengan a adalah bagian real dinotasikan dengan $Re(z)$ dan b merupakan bagian imajiner dinotasikan dengan $Im(z)$.

Jika $Re(z) = 0$ dan $Im(z) \neq 0$ maka z dinamakan imajiner murni (*pure imaginary*). Jika $Re(z) = 0$ dan $Im(z) = 1$ maka $z = i$ dan dinamakan imajiner (*imaginary unit*). Jika $Im(z) = 0$ maka z menjadi bilangan real $Re(z)$.

Definisi 2. [1] Untuk sebarang bilangan kompleks $= a + bi$, konjugat kompleks dari z dinotasikan dengan \bar{z} dan didefinisikan sebagai:

$$\bar{z} = a - bi$$

Definisi 3. [1] Apabila suatu bilangan kompleks z dipandang sebagai suatu vektor, maka panjang vektor tersebut dinamakan modulus dari z dan dinotasikan dengan $|z|$. Jadi jika $z = a + bi$, maka:

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Definisi 4. [2] Matriks adalah susunan segi empat siku-siku dari bilangan-bilangan. Bilangan-bilangan dalam susunan tersebut disebut entri dalam matriks.

Definisi 5. Matriks identitas adalah matriks persegi yang elemen-elemen di diagonal utamanya bernilai 1 dan elemen-elemen selain diagonal utama bernilai nol.

Definisi 6. Diberikan matriks A berukuran $n \times m$ maka transpose dari A ditulis A^t adalah matriks berukuran $m \times n$ yang setiap kolom dari matriks A menjadi baris pada matriks A^t .

Definisi 7. Diberikan matriks $A_{n \times n}$, matriks A dikatakan simetris jika dan hanya jika $A^t = A$.

Definisi 8. [3] Matriks $D_{n \times n}$ disebut matriks diagonal jika semua unsur di luar diagonal utamanya adalah 0.

Definisi 9. Diberikan matriks persegi $B = [b_{ij}]$ dan matriks diagonal D maka hasil pergandaan $B \times D = [b_{ij} \times a_{jj}]$.

Definisi 10. Matriks kompleks adalah matriks yang entri-entrinya berisi bilangan kompleks.

Definisi 11. Untuk sebarang matriks kompleks $Z = [z_{jk}]$ dimana $z_{jk} = a_{jk} + b_{jk}i$, didefinisikan:

1. Real dari matriks Z :

$$Re(Z) = [Re(z_{jk})] = [a_{jk}]$$

2. Imajiner dari matriks Z :

$$Im(Z) = [im(z_{jk})] = [b_{jk}]$$

3. Modulus dari matriks Z :

$$|Z| = [|z_{jk}|] = \left[\sqrt{a_{jk}^2 + b_{jk}^2} \right]$$

4. Konjugat dari matriks Z :

$$\bar{Z} = [\bar{z}_{jk}]$$

Definisi 12. [4] Diambil $n \in \mathbb{N}$. Untuk $x, y \in \mathbb{Z}$, x dikatakan kongruen dengan y modulo n jika $n|(y - x)$ dan dituliskan $x = y \pmod{n}$. Selanjutnya y dinamakan sisa dari x ketika dibagi oleh n . Selanjutnya r dikatakan hasil dari x ketika dibagi oleh n jika $x = r \times n + y$ dan ditulis $x \text{ div } n = r$.

Kriptografi (*cryptography*) berasal dari Bahasa Yunani “*cryptós*” artinya “*secret*” (rahasia), sedangkan “*gráphein*” artinya “*writing*” (tulisan). Jadi kriptografi berarti “*secretwriting*” (tulisan rahasia) [5].

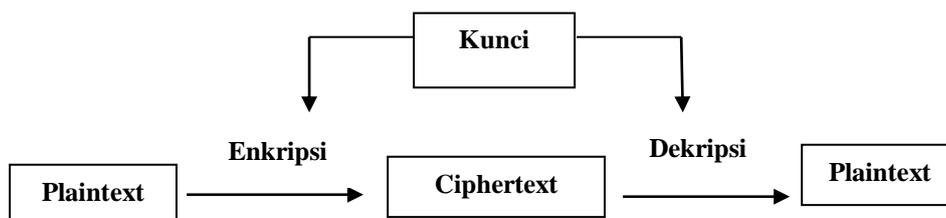
Ada 4 tujuan kriptografi sebagai berikut:

- 1) Kerahasiaan (*confidentiality*), adalah layanan yang ditujukan untuk menjaga agar pesan tidak dapat dibaca oleh pihak-pihak yang tidak berhak.
- 2) Integritas data (*data integrity*), adalah layanan yang menjamin bahwa pesan masih asli/utuh atau belum pernah dimanipulasi selama pengiriman.
- 3) Otentikasi (*authentication*), adalah layanan yang berhubungan dengan identifikasi, baik mengidentifikasi kebenaran pihak-pihak yang berkomunikasi (*user authentication* atau *entity authentication*) maupun mengidentifikasi kebenaran sumber pesan (*data origin authentication*).
- 4) Nirpenyangkalan (*non-repudiation*), adalah layanan untuk mencegah entitas yang berkomunikasi melakukan penyangkalan, yaitu pengirim pesan menyangkal melakukan pengiriman atau penerima pesan menyangkal telah menerima pesan.

Algoritma Kriptografi

- 1) Algoritma Simetris

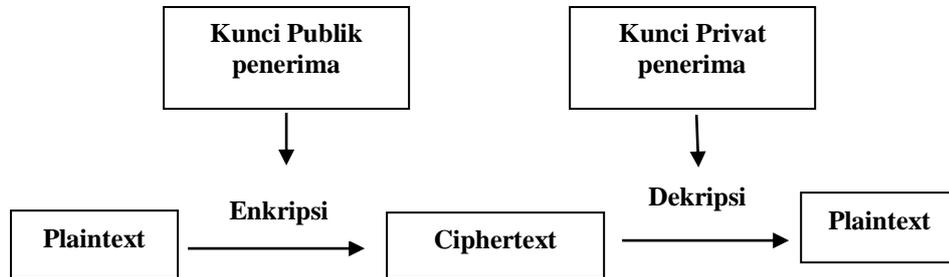
Algoritma simetris disebut juga algoritma kriptografi konvensional adalah algoritma yang menggunakan kunci untuk proses enkripsi sama dengan kunci untuk proses dekripsi.



Gambar 1. Skema Algoritma simetris

2) Algoritma Asimetris

Algoritma Asimetris disebut juga algoritma kunci publik, menggunakan dua jenis kunci, yaitu kunci publik (*public key*) dan kunci rahasia (*secret key*). Kunci publik merupakan kunci yang digunakan untuk mengenkripsi pesan. Sedangkan kunci rahasia digunakan untuk mendekripsi pesan.



Gambar 2. Skema Algoritma Asimetris

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Karakteristik Suatu Matriks Score

Definisi 13. Diberikan suatu matriks simetris G dengan unsur bilangan kompleks, matriks G disebut *score* jika $Im(G)$ adalah matriks diagonal.

Teorema matriks *Score*:

Suatu matriks kompleks bujur sangkar G dikatakan *Score* jika pernyataan-pernyataan berikut ekuivalen

- i. $G^T = G$
- ii. $Re(G) \times Im(G) = \begin{bmatrix} Re(z_{11}) \times Im(z_{11}) & \cdots & Re(z_{1n}) \times Im(z_{nn}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Re(z_{n1}) \times Im(z_{11}) & \cdots & Re(z_{nn}) \times Im(z_{nn}) \end{bmatrix}$

Dengan $z_{jk} = a_{jk} + b_{jk}i$ dan $Im(G)$ matriks diagonal.

2.2 Pengamanan Pesan Rahasia Menggunakan Matriks Score

Dalam pengamanan pesan rahasia menggunakan matriks *score* peneliti menggunakan 71 karakter yang terdiri dari a-z, A-Z, angka-angka dari 0 - 9 dan 9, karakter tambahan yang terdiri dari spasi ., % ? : + - #.

Secara rinci proses pengamanan pesan rahasia menggunakan matriks *score* terdiri dari 2 yaitu proses enkripsi dan proses dekripsi.

Proses Enkripsi

Langkah 1: Konversikan karakter-karakter teks dalam bilangan-bilangan pada *mod* 71.

a	b	c	d	e	f	g	H	I	j	k	l	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

n	o	p	q	r	s	t	u	v	W	x	y	z
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		.	,
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65

%	?	:	+	-	#
66	67	68	69	70	0

Langkah 2. Pilih matriks *score* $A_{m \times m}$, sebagai matriks penyandi.

Langkah 3. Transformasikan matriks *score* $A = [a_{ij}]$ ke dalam matriks real $B = |A + \bar{A}|$ dimana $\det(B) \neq 0$.

Langkah 4. Jika teks dari pesan mempunyai jumlah karakter yang tidak habis dibagi m maka tambahkan sejumlah e karakter terakhir ($e < m$) agar jumlah teks habis dibagi m , atau jika teks dari pesan mempunyai jumlah karakter m maka tambahkan sejumlah e karakter terakhir ($e = m \times (m - 1)$). Selanjutnya jika jumlah karakter habis di bagi m maka jumlah karakter adalah n . Konversikan masing-masing huruf teks tersebut dengan nilai numeriknya.

Langkah 5. Kelompokkan semua karakter menjadi sebuah matriks P yang berukuran $\frac{n}{m} \times m$. Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Langkah 6. Bentuk perkalian $PB = K$ kemudian hitung $Y = K \text{ mod } 71$ dan $Z = K \text{ div } 71$. Selanjutnya hitung $Q = Z \text{ mod } 71$ dan $R = Z \text{ div } 71$.

Langkah 7. Susun elemen-elemen pada matriks Y , Q dan R secara selang seling atau $y_{11}q_{11}r_{11}y_{21}q_{21}r_{21}y_{31}q_{31}r_{31} \dots$. Selanjutnya konversikan masing-masing nilai numerik menjadi karakternya yang setara selain r_{ij} .

Proses Dekripsi:

Langkah 1. Transformasikan matriks *Score* $A = [a_{ij}]$ ke dalam matriks real $B = |A + \bar{A}|$ dengan $\det(B) \neq 0$, selanjutnya hitung B^{-1} .

Langkah 2. Berikan nomor pada karakter pesan dari 1,2, ..., n . Selanjutnya nomor karakter dimodulo dengan 3.

Langkah 3. Bentuk teks yang terdiri dari hasil satu secara berurutan. Konversikan masing-masing huruf teks tersebut dengan nilai numeriknya. Selanjutnya bentuk matriks Y yang berukuran $\frac{n}{3} \times m$. Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Langkah 4. Bentuk teks yang terdiri dari hasil dua secara berurutan. Konversikan masing-masing huruf teks tersebut dengan nilai numeriknya. Selanjutnya bentuk matriks Q yang berukuran $\frac{n}{3} \times m$. Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Langkah 5. Bentuk teks yang terdiri dari hasil nol secara berurutan. Selanjutnya bentuk matriks R yang berukuran $\frac{n}{3} \times m$. Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Langkah 6. Hitung $Z = R \times 71 + Q$ dan $K = 71 \times Z + Y$.

Langkah 7. Hitung KB^{-1} . Selanjutnya konversikan angka ke karakternya yang sesuai.

Selanjutnya, contoh berikut ini memperlihatkan bahwa proses pengamanan pesan menggunakan matriks *Score* dapat mengenkripsi dan mendekripsi pesan rahasia dengan baik.

Contoh kasus:

Saat terjadi perang dunia ke-2, setiap negara yang mengambil bagian dalam perang menyusun strategi perang mereka masing-masing agar dapat menang dalam pertempuran tersebut. Salah satunya Inggris. Negara tersebut memasang bom pada daerah perbatasan yang adalah daerah pertempuran Inggris dengan lawannya. Namun para prajurit tidak mengetahui besar daya ledak dari bom tersebut agar mereka dapat menghindari, sehingga panglima mereka mengirimkan pesan besar daya ledak dari bom tersebut yaitu : “7,5 KM dari pusat bom”. Pesan ini tidak boleh diketahui oleh lawan perang mereka sehingga panglima membuat pesan rahasia dari pesan tersebut.

Penyelesaian:

Untuk membuat pesan yang dikirim tidak diketahui oleh musuh maka panglima melakukan proses enkripsi.

Proses Enkripsi

Langkah 1. Konversikan karakter-karakter teks dalam bilangan-bilangan pada *mod* 71.

7	,	5		K	M		d	a	R	i		p	u	s	a	t		b	o	m
59	65	57	63	39	37	63	4	1	18	9	63	16	21	19	1	20	63	2	15	13

Langkah 2. Pilih matriks *score* $A_{3 \times 3}$, sebagai matriks penyandi. $m = 3$

$$\text{Pilih matriks Score } A = \begin{bmatrix} 1+i & 8 & 4 \\ 8 & 3+7i & 2 \\ 4 & 2 & 5+8i \end{bmatrix}$$

Langkah 3. Transformasikan matriks *score* $A = [a_{ij}]$ ke dalam matriks real $B = |A + \bar{A}|$

$$\text{Karena } A = \begin{bmatrix} 1+i & 8 & 4 \\ 8 & 3+7i & 2 \\ 4 & 2 & 5+8i \end{bmatrix} \text{ maka } \bar{A} = \begin{bmatrix} 1-i & 8 & 4 \\ 8 & 3-7i & 2 \\ 4 & 2 & 5-8i \end{bmatrix}$$

$$B = |A + \bar{A}| = \left| \begin{bmatrix} 1+i & 8 & 4 \\ 8 & 3+7i & 2 \\ 4 & 2 & 5+8i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1-i & 8 & 4 \\ 8 & 3-7i & 2 \\ 4 & 2 & 5-8i \end{bmatrix} \right|$$

$$B = \left| \begin{bmatrix} (1+1) + (i-i) & 8+8 & 4+4 \\ 8+8 & (3+3) + (7i-7i) & 2+2 \\ 4+4 & 2+2 & (5+5) + (8i-8i) \end{bmatrix} \right|$$

$$B = \left| \begin{bmatrix} 2 & 16 & 8 \\ 16 & 6 & 4 \\ 8 & 4 & 10 \end{bmatrix} \right| = \begin{bmatrix} \sqrt{2^2} & \sqrt{16^2} & \sqrt{8^2} \\ \sqrt{16^2} & \sqrt{6^2} & \sqrt{4^2} \\ \sqrt{8^2} & \sqrt{4^2} & \sqrt{10^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 16 & 8 \\ 16 & 6 & 4 \\ 8 & 4 & 10 \end{bmatrix}$$

$$\det(B) = (2 \times 6 \times 10) + (16 \times 4 \times 8) + (8 \times 16 \times 4) - (8 \times 6 \times 8) - (2 \times 4 \times 4) - (16 \times 16 \times 10)$$

$$= 120 + 512 + 512 - 384 - 32 - 2560 = -1832 \neq 0$$

Langkah 4. Karena jumlah karakter adalah 21 dan $m=3$ dan 21 habis dibagi 3 maka $n=21$

7	,	5		K	M		d	a	r	i		p	u	s	a	t		b	O	m
59	65	57	63	37	39	63	4	1	18	9	63	16	21	19	1	20	63	2	15	13

Langkah 5. Bentuk matriks

$$P = \begin{bmatrix} 59 & 4 & 19 \\ 65 & 1 & 1 \\ 57 & 18 & 20 \\ 63 & 9 & 63 \\ 37 & 63 & 2 \\ 39 & 16 & 15 \\ 63 & 21 & 13 \end{bmatrix}$$

Langkah 6. Bentuk perkalian $PB = K$ kemudian hitung $Y = K \bmod 71$ dan $Z = K \text{ div } 71$. Selanjutnya hitung $Q = Z \bmod 71$ dan $R = Z \text{ div } 71$.

$$K = P \times \begin{bmatrix} 2 & 16 & 8 \\ 16 & 6 & 4 \\ 8 & 4 & 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 334 & 1044 & 678 \\ 154 & 1050 & 534 \\ 562 & 1100 & 728 \\ 774 & 1314 & 1170 \\ 1098 & 978 & 568 \\ 454 & 780 & 526 \\ 566 & 1186 & 718 \end{bmatrix}$$

$$Y = K \bmod 71 = \begin{bmatrix} 334 & 1044 & 678 \\ 154 & 1050 & 534 \\ 562 & 1100 & 728 \\ 774 & 1314 & 1170 \\ 1098 & 978 & 568 \\ 454 & 780 & 526 \\ 566 & 1186 & 718 \end{bmatrix} \bmod 71 = \begin{bmatrix} 50 & 50 & 39 \\ 12 & 56 & 37 \\ 65 & 35 & 18 \\ 64 & 36 & 34 \\ 33 & 55 & 0 \\ 28 & 70 & 29 \\ 69 & 50 & 8 \end{bmatrix}$$

$$Z = K \text{ div } 71 = \begin{bmatrix} 334 & 1044 & 678 \\ 154 & 1050 & 534 \\ 562 & 1100 & 728 \\ 774 & 1314 & 1170 \\ 1098 & 978 & 568 \\ 454 & 780 & 526 \\ 566 & 1186 & 718 \end{bmatrix} \text{ div } 71 = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix}$$

$$Q = Z \bmod 71 = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix} \bmod 71 = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix}$$

$$R = Z \text{ div } 71 = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix} \text{ div } 71 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Langkah 7. Susun elemen-elemen pada matriks Y , Q dan R dan konversikan masing-masing nilai numerik menjadi karakternya yang setara.

50	4	0	12	2	0	65	7	0	64	10	0	33	15	0	28	6	0	69	7	0
X	d	0	L	b	0	,	g	0	.	j	0	G	o	0	B	f	0	+	g	0

No	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Karakter	#	h	0	C	g	0	h	j	0
Mod 3	1	2	0	1	2	0	1	2	0

Jadi $n = 63$.

Langkah 3. Bentuk matriks Y yang berukuran 7×3 . Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Teks dengan hasil satu “Xl,.GB+X4IJ3-XMKrH#Ch”.

X	l	,	.	G	B	+	X	4	I	J	3	-	X	M	K	r	H	#	C	h
50	12	65	64	33	28	69	50	56	35	36	55	70	50	39	37	18	34	0	29	8

$$Y = \begin{bmatrix} 50 & 50 & 39 \\ 12 & 56 & 37 \\ 65 & 35 & 18 \\ 64 & 36 & 34 \\ 33 & 55 & 0 \\ 28 & 70 & 29 \\ 69 & 50 & 8 \end{bmatrix}$$

Langkah 4. Bentuk matriks Q yang berukuran 7×3 . Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama.

Teks dengan hasil dua “dbgjofgnnormjpgjphgj”.

d	b	g	j	o	f	g	n	n	o	r	m	j	p	i	g	j	p	h	g	j
4	2	7	10	15	6	7	14	14	15	18	13	10	16	9	7	10	16	8	7	10

$$Q = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix}$$

Langkah 5. Bentuk matriks R yang berukuran 7×3 . Susunlah karakter-karakter tersebut secara berurutan dimulai dari kolom pertama. Teks dengan hasil nol “00000000000000000000”.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Langkah 6. Hitung $Z = R \times 71 + Q$ dan $K = 71 \times Z + Y$.

$$Z = R \times 71 + Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times 71 + \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix}$$

$$K = 71 \times Z + Y = 71 \times \begin{bmatrix} 4 & 14 & 9 \\ 2 & 14 & 7 \\ 7 & 15 & 10 \\ 10 & 18 & 16 \\ 15 & 13 & 8 \\ 6 & 10 & 7 \\ 7 & 16 & 10 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 50 & 50 & 39 \\ 12 & 56 & 37 \\ 65 & 35 & 18 \\ 64 & 36 & 34 \\ 33 & 55 & 0 \\ 28 & 70 & 29 \\ 69 & 50 & 8 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} 284 & 994 & 639 \\ 142 & 994 & 497 \\ 497 & 1065 & 710 \\ 710 & 1278 & 1136 \\ 1065 & 923 & 568 \\ 426 & 710 & 497 \\ 497 & 1136 & 710 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 50 & 50 & 39 \\ 12 & 56 & 37 \\ 65 & 35 & 18 \\ 64 & 36 & 34 \\ 33 & 55 & 0 \\ 28 & 70 & 29 \\ 69 & 50 & 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 334 & 1044 & 678 \\ 154 & 1050 & 534 \\ 562 & 1100 & 728 \\ 774 & 1314 & 1170 \\ 1098 & 978 & 568 \\ 454 & 780 & 526 \\ 566 & 1186 & 718 \end{bmatrix}$$

Langkah 7. Hitung KB^{-1} . Selanjutnya konversikan angka ke karakternya yang sesuai.

$$KB^{-1} = \begin{bmatrix} 334 & 1044 & 678 \\ 154 & 1050 & 534 \\ 562 & 1100 & 728 \\ 774 & 1314 & 1170 \\ 1098 & 978 & 568 \\ 454 & 780 & 526 \\ 566 & 1186 & 718 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -11 & 32 & -4 \\ \hline 458 & 458 & 458 \\ 32 & 11 & -30 \\ \hline 458 & 458 & 458 \\ -4 & -30 & 56 \\ \hline 458 & 458 & 458 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59 & 4 & 19 \\ 65 & 1 & 1 \\ 57 & 18 & 20 \\ 63 & 9 & 63 \\ 37 & 63 & 2 \\ 39 & 16 & 15 \\ 63 & 21 & 13 \end{bmatrix}$$

7	,	5		K	M		d	a	r	i		p	u	s	a	t		b	o	m
59	65	57	63	37	39	63	4	1	18	9	63	16	21	19	1	20	63	2	15	13

Jadi pesan yang di terima oleh para prajurit adalah “7,5 KM dari pusat bom”.

3. KESIMPULAN

Karakteristik suatu matriks *score* adalah suatu matriks kompleks dengan hasil transposnya adalah dirinya sendiri, dan jika bagian real dari matriks tersebut digandakan dengan bagian imajineranya maka menghasilkan matriks real yang berbentuk $[Re(z_{ij}) \times Im(z_{jj})]$ dengan syarat bagian imajineranya adalah matriks diagonal. Dalam penelitian ini, telah dibuat langkah-langkah pengamanan pesan menggunakan matriks *Score*. Dari contoh yang diberikan juga terlihat bahwa proses pengamanan pesan menggunakan matriks *Score* dapat mengenkripsi dan mendekripsi pesan rahasia dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Lubab, Fungsi Kompleks, Surabaya: IAIN Press, 2015.
- [2] A. Howard, Aljabar Linier, Jakarta: Erlangga, 1992.
- [3] D. W. Gere, Aljabar Matriks Untuk Para Insinyur, Jakarta: Erlangga, 1987.
- [4] D. B. Nugroho, Diklat Kuliah Teori Bilangan, Salatiga, 2009.
- [5] R. Munir, Kriptografi, Bandung: Informatika, 2006.

PENENTUAN PROGRAM DANA PENSIUN PADA GEREJA PROTESTAN MALUKU MENGGUNAKAN METODE INDIVIDUAL LEVEL PREMIUM

Lexy J. Sinay^{1*}, Delvin S. Pattireuw², A. Z. Wattimena³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Indonesia

e-mail: ^{1*}lexyjk@gmail.com; ²delvinstheynerpattireuw@gmail.com;

Corresponding Author *

Abstrak

Tenaga kerja merupakan salah satu aset utama dalam pembangunan nasional. Pendeta, pemuka agama Kristen Protestan, merupakan tenaga kerja sekaligus profesi yang memegang peranan penting dalam membina karakter umat Kristen untuk beriman dan bertaqwa, serta bermanfaat bagi bangsa dan negara. Gereja Protestan Maluku (GPM) sebagai suatu denominasi dan organisasi gereja memiliki manajemen keuangan dalam membiayai dana pensiun para pendetanya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan program dana pensiun para pendeta dalam organisasi Gereja Protestan Maluku menggunakan metode individual level premium, kemudian mengkomparasi hasil penghitungan tersebut dengan program dana pensiun yang dimiliki oleh Gereja Protestan Maluku. Hasil yang diperoleh adalah program dana pensiun menggunakan metode individual level premium lebih optimal dibandingkan program dana pensiun yang dikeluarkan oleh pihak Sinode GPM. Hal ini karena penghitungan nilai manfaat yang diperoleh setiap peserta menggunakan metode individual level premium sesuai dengan masa kerja, proporsi gaji akhir dan iuran yang dibayarkan oleh para pendeta, sedangkan penghitungan oleh pihak sinode tidak sesuai.

Kata Kunci : *Dana Pensiun, Metode Individual Level Premium, Gereja Protestan Maluku, Pendeta*

DETERMINATION OF THE PENSION FUND PROGRAMS IN GEREJA PROTESTAN MALUKU USING INDIVIDUAL LEVEL PREMIUM METHOD

Abstract

Labor is one of the main assets in national development. The pastor, the leader of Christianity, is both a workforce and a profession that plays an important role in fostering the character of Christians to be faithful and devoted, and beneficial to the nation and state. The Gereja Protestan Maluku (GPM) as a denomination and church organization has financial management in financing the pension funds of its pastors. This study aims to determine the pension fund program of priests in the Gereja Protestan Maluku using individual methods of premium level, then compare the results of the calculation with the pension fund program owned by the Gereja Protestan Maluku. The results obtained are pension fund programs using individual premium level methods that are more optimal than the pension fund programs issued by the Sinode Gereja Protestan Maluku, because the calculation of the benefit value obtained by each participant uses an individual method of premium level according to the period of employment, the proportion of the final salary and fees paid by the priests, while the calculation by the synod was not appropriate.

Keywords: *Pension Fund, Individual Level Premium Method, Gereja Protestan Maluku, Pastor*

1. PENDAHULUAN

Tenaga kerja merupakan aset utama dalam pembangunan nasional. Sebagian besar masyarakat di Indonesia berlomba-lomba untuk bekerja dalam sebuah lembaga atau institusi baik itu berprofesi sebagai PNS, TNI, POLRI, pegawai BUMN, maupun sebagai karyawan swasta. Berbagai manfaat dapat diperoleh dalam profesi-profesi tersebut, yakni selain mendapat upah dan memperoleh fasilitas saat bekerja, manfaat lain yang dapat diperoleh adalah adanya jaminan asuransi pada saat usia produktif dan jaminan dana pensiun ketika memasuki usia lanjut.

Indonesia merupakan negara yang berdasarkan Ketuhanan Yang Maha Esa sehingga mengatur dan menjamin kehidupan semua umat beragama di Negara Indonesia. Tenaga kerja atau profesi yang berperan penting dalam mengatur dan membina karakter umat beragama adalah pemuka agama. Pemuka agama dalam Agama Kristen Protestan adalah pendeta. Profesi pendeta dibutuhkan untuk melayani umat Kristen dalam upaya membina karakter umat Kristen yang beriman dan bertaqwa kepada Tuhan serta berguna bagi bangsa dan negara. Umumnya, profesi tersebut tetap melaksanakan tugas walaupun memasuki usia pensiun seperti melayani dan berkhotbah di gereja. Tidak semua denominasi gereja di Indonesia memiliki sistem pembayaran upah dan pemberian dana pensiun kepada pendeta-pendeta yang sudah memasuki usia pensiun. Di Maluku, Gereja Protestan Maluku (GPM) melalui sinodenya memiliki sistem keuangan yang membayar upah pendeta-pendeta aktif dan juga memberi santunan pensiun kepada pendeta-pendeta yang sudah memasuki usia pensiun.

Pemberian dana pensiun untuk para pendeta yang sudah memasuki usia pensiun sudah dilakukan oleh GPM, namun pengaturan gaji pendeta dan pemberian dana pensiun pada GPM masih bersifat konvensional, belum memikirkan tentang tingkat suku bunga dan peluang investasi yang dapat menguntungkan GPM serta meningkatkan kesejahteraan para pendeta (baik yang aktif maupun yang sudah pensiun). Untuk itu, Sinode GPM diharapkan mampu menciptakan program pensiun yang bisa memberikan manfaat yang optimal bagi kesejahteraan pendeta dan pihak Sinode GPM.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dana pensun yang meliputi nilai manfaat, kewajiban aktuarial, dan iuran normal para pendeta di Sinode GPM. Penghitungan tersebut menggunakan Metode *Individual Level Premium* yakni menghitung nilai pensiun per individu pendeta pada sinode GPM. Hasil penghitungan tersebut akan dikomparasikan dengan penghitungan dana pensiun yang digunakan oleh Sinode GPM. Penelitian ini dibatasi dengan penggunaan asumsi bahwa tingkat kenaikan gaji dipengaruhi oleh masa kerja, sedangkan kebijakan pemerintah disumsikan tidak mempengaruhi penghitungan dana pensiun.

2. METODE PENELITIAN

Tipe penelitian dalam penelitian ini adalah studi kasus yaitu dengan menerapkan metode *Individual Level Premium* untuk merancang dana pensiun pendeta Sinode Gereja Protestan Maluku (GPM) Ambon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Dana Pensiun Sinode GPM

1. Skala Gaji Sinode

Skala gaji bagi pendeta berdasarkan golongan dan masa kerja, peningkatan gaji sebesar 10% dalam selang waktu dua tahun. Berikut adalah skala gaji untuk golongan III-B.

Tabel 1. Skala Gaji Golongan III-B

SKALA GAJI -GOLONGAN III-B			
Masa Kerja/Tahun	Gaji/Bulan (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Akumulasi Gaji
0	1.778.800	21.345.600	21.345.600
1	1.778.800	21.345.600	42.691.200

2	1.826.900	21.922.800	64.614.000
3	1.826.900	21.922.800	86.536.800
4	1.876.000	22.512.000	109.048.800
5	1.876.000	22.512.000	131.560.800
6	1.926.600	23.119.200	154.680.000
7	1.926.600	23.119.200	177.799.200
8	1.978.800	23.745.600	201.544.800
9	1.978.800	23.745.600	225.290.400
10	2.032.100	24.385.200	249.675.600
11	2.032.100	24.385.200	274.060.800
12	2.087.100	25.045.200	299.106.000
13	2.087.100	25.045.200	324.151.200
14	2.143.500	25.722.000	349.873.200
15	2.143.500	25.722.000	375.595.200
16	2.201.300	26.415.600	402.010.800
17	2.201.300	26.415.600	428.426.400
18	2.260.700	27.128.400	455.554.800
19	2.260.700	27.128.400	482.683.200
20	2.321.900	27.862.800	510.546.000
21	2.321.900	27.862.800	538.408.800
22	2.384.500	28.614.000	567.022.800
23	2.384.500	28.614.000	595.636.800
24	2.448.800	29.385.600	625.022.400
25	2.448.800	29.385.600	654.408.000
26	2.514.900	30.178.800	684.586.800
27	2.514.900	30.178.800	714.765.600
28	2.582.900	30.994.800	745.760.400
29	2.582.900	30.994.800	776.755.200
30	2.652.500	31.830.000	808.585.200
31	2.652.500	31.830.000	840.415.200
32	2.724.000	32.688.000	873.103.200
33	2.724.000	32.688.000	905.791.200
34	2.797.500	33.570.000	939.361.200
35	2.797.500	33.570.000	972.931.200

2. Manfaat pensiun

Manfaat pensiun para pendeta disinode GPM Ambon dihitung 75 % dari gaji pokok untuk masa kerja diatas 25 tahun, jika masa kerja dibawa 25 tahun, maka manfaat pensiun didapat dari 3% dikalikan dengan gaji pokok kemudian dikalikan dengan masa kerja misalnya pada data diambil 10 pendeta dengan 5 pendeta no 1 sampai 5 untuk jenis kelamin laki laki dan 5 pendeta untuk jenis kelamin perempuan. Sebagai contoh perhitungan diambil pendeta dengan no urut 1 jenis kelamin perempuan golongan III-B total masa kerja 33 tahun dan gaji pokok sekarang Rp 2.514.000.

$$\begin{aligned} \text{Br} &= \text{Gaji pokok} * 12 * 75\% * \\ &= \text{Rp } 2.514.000 * 12 * 75\% \\ &= \text{Rp } 22.634.100 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung untuk sampai pendeta No. 5.

Selanjutnya pendeta nomor 1 berjenis kelamin laki-laki golongan III-B dengan masa kerja 29 tahun dengan gaji pokok sekarang Rp 2.384.500.

$$\begin{aligned} \text{Br} &= \text{Gaji pokok} * 12 * 75\% * \\ &= \text{Rp } 2.384.500 * 12 * 75\% \\ &= \text{Rp } 26.100.000 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dihitung sampai pendeta No. 5.

3. Iuran Pesiun

Iuran pensiun telah ditetapkan konstan sebanyak Rp. 100.000,- yang akan dipotong dari setiap gaji pokok pendeta. misalnya iuran untuk kedua pendeta diatas:

$$\begin{aligned} \text{Pdt 1: NC} &= \text{Rp } 100.000 \cdot 12 \cdot 33 \\ &= \text{Rp } 39.600.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pdt 2: NC} &= \text{Rp } 100.000 \cdot 12 \cdot 29 \\ &= \text{Rp } 34.800.000 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk cara yang sama dihitung sampai pendeta No. 5.

Tabel 2. Tabel Perhitungan Sinode GPM Ambon.

Nama	P/L	Golongan Terakhir	Masa kerja Sekarang	Total masa kerja	$r(NC)_x$	B_x
Pdt. 1	P	III/b	26	33	39.600.000	22.634.100
Pdt. 2	P	III/b	6	13	15.600.000	9.016.488
Pdt. 3	P	III/b	7	26	31.200.000	17.339.400
Pdt. 4	P	III/b	16	29	34.800.000	19.811.700
Pdt. 5	P	III/b	7	27	32.400.000	17.339.400
Pdt. 6	P	III/b	7	26	31.200.000	17.339.400
Pdt. 7	P	III/b	7	22	26.400.000	17.339.400
Pdt. 8	P	III/b	13	30	36.000.000	18.783.900
Pdt. 9	P	III/c	23	32	38.400.000	22.320.900
Pdt. 10	P	III/c	15	24	28.800.000	19.262.016
Pdt. 1	L	III/b	22	29	34.800.000	26.100.000
Pdt. 2	L	III/b	13	26	31.200.000	23.400.000
Pdt. 3	L	III/b	7	28	33.600.000	25.200.000
Pdt. 4	L	III/b	16	27	32.400.000	24.300.000
Pdt. 5	L	III/b	25	31	37.200.000	27.900.000
Pdt. 6	L	III/c	25	31	37.200.000	27.900.000
Pdt. 7	L	III/c	23	31	37.200.000	27.900.000
Pdt. 8	L	III/c	17	29	34.800.000	26.100.000
Pdt. 9	L	III/c	11	25	30.000.000	22.500.000
Pdt. 10	L	III/c	26	31	37.200.000	27.900.000

3.2. Tabel Mortalita GAM 1971

Dalam pengelolaan program pensiun, perusahaan menggunakan tabel Mortalita sebagai acuan untuk menghitung anuitas, iuran dan menyusun tabel pelayanan (*service table*). Dalam penelitian ini untuk menentukan manfaat pensiun dengan metode *Individual Level Premium*. Peneliti menggunakan tabel mortalita GAM 1971 dengan asumsi: 125% untuk jenis kelamin laki-laki dan 80% untuk jenis kelamin perempuan.

x = usia peserta program pensiun periode saat ini (tanggal penghitungan aktuaria).

Usia terkecil peserta pada studi kasus adalah 23 tahun.

$$x = 23$$

q_x = peluang kematian peserta saat berusia x .

Berdasarkan tabel Gam Yang digunakan peluang kematian yang diseleksi untuk jenis kelamin perempuan dan laki-laki yaitu:

$$q_x = 23:58$$

p_x = peluang hidup peserta

q_{23} dalam tabel mortalita untuk jenis kelamin laki-laki = 0,000566

$$\begin{aligned} p_{23} &= 1 - q_{23x} \\ &= 1 - 0,000566 \\ &= 0,999434 \end{aligned}$$

q_{23} dalam tabel mortalita untuk jenis kelamin perempuan = 0,000309

$$\begin{aligned} p_{23} &= 1 - q_{23x} \\ &= 1 - 0,000309 \\ &= 0,999691 \end{aligned}$$

$l_x^{(T)}$ = banyaknya peserta yang berusia tepat x tahun, dan masih tetap bekerja.

$l_{23}^{(T)}$ untuk jenis kelamin laki laki yaitu: 1000

$$\begin{aligned} l_{24}^{(T)} &= l_{23}^{(T)} - q_{24} \\ &= 1000 - 0,000591 \\ &= 999,4340 \end{aligned}$$

$l_{23}^{(T)}$ untuk jenis kelamin perempuan yaitu: 1000

$$\begin{aligned} l_{24}^{(T)} &= l_{23}^{(T)} - q_{24} \\ &= 1000 - 0,000327 \\ &= 999,999673 \end{aligned}$$

3.3. Tabel Pelayanan (*Service Tabel*).

Untuk memudahkan perhitungan dalam penentuan dana pensiun harus menyusun tabel pelayanan (*Service Tabel*). Dalam penelitian ini *service tabel* disusun menggunakan tabel Mortalita GAM 1971.

x = usia peserta program pensiun periode saat ini (tanggal penghitungan aktuaria).

Usia terkecil peserta pada studi kasus adalah 23 tahun.

$$x = 23$$

$l_x^{(T)}$ = banyaknya peserta yang berusia tepat x tahun, dan masih tetap bekerja.

v_x^n = suku bunga ditetapkan oleh BI rate untuk tahun sekarang yaitu $i = 4,5\%$

$$\begin{aligned} v_{24}^1 &= \left(\frac{1}{1+i} \right)^1 \\ &= \left(\frac{1}{1+4,5\%} \right)^1 \\ &= 0,9569 \end{aligned}$$

$D_x^{(T)}$ = jumlah peserta yang meninggal dalam retang waktu $(x+1)$

$$D_x^{(T)} = v_x^n * l_x^{(T)}$$

$D_x^{(T)}$ untuk jenis kelamin laki-laki yaitu:

$$\begin{aligned} D_{x:24}^{(T)} &= v_{x:24}^n * l_{x:24}^{(T)} \\ &= 0,9569 * 999,4340 \\ &= 956,3962 \end{aligned}$$

$D_x^{(T)}$ untuk jenis kelamin perempuan yaitu:

$$\begin{aligned} D_{x:24}^{(T)} &= v_{x:24}^n * l_{x:24}^{(T)} \\ &= 0,9569 * 999,6730 \\ &= 956,6249 \end{aligned}$$

$N_x^{(T)}$ = jumlah peserta pada tahun x

$N_x^{(T)}$ untuk jenis kelamin laki-laki yaitu:

$$N_{23}^{(T)} = \sum_{x=23}^{x=58} D_x^{(T)}$$

$$N_{23}^{(T)} = \sum_{x=23}^{x=58} (1000 + 956,3262 + 914,6708 + \dots \dots + 192,7782)$$

$$N_{23}^{(T)} = 18145,7983$$

$N_x^{(T)}$ untuk jenis kelamin perempuan yaitu:

$$N_{23}^{(T)} = \sum_{x=23}^{x=58} D_x^{(T)}$$

$$N_{23}^{(T)} = \sum_{x=23}^{x=58} (1000 + 956,6249 + 915,4122 + \dots + 192,7782)$$

$$N_{23}^{(T)} = 18442,990$$

${}_{58-x}P_x^{(r)}$ = peluang peserta berusia $x-1$ akan tetap hidup sampai memasuki usia pensiun (58 tahun). Yang dihitung menggunakan rumus:

$${}_rP_x^{(T)} = \frac{l_{58}^{(T)}}{l_x^{(T)}}$$

Untuk jenis kelamin laki-laki:

$$x = 23$$

$${}_{58}P_{23}^{(T)} = \frac{l_{58}^{(T)}}{l_{23}^{(T)}}$$

$$= \frac{899,7631}{1000}$$

$$= 0,8997631$$

Untuk jenis kelamin perempuan:

$$x = 23$$

$${}_{58}P_{23}^{(T)} = \frac{l_{58}^{(T)}}{l_{23}^{(T)}}$$

$$= \frac{955,612000}{1000}$$

$$= 0,995612$$

Hasil perhitungan tabel pelayanan (*service table*) jenis kelamin laki-laki dan perempuan untuk usia selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

3.4. Perhitungan Aktuaria

Untuk mewakili perhitungan aktuaria peneliti akan memakai data pada pendeta no.1 untuk jenis kelamin laki-laki.

Perhitungan Manfaat Pensiun

Banyaknya manfaat pensiun yang akan didapatkan oleh seorang pendeta setiap tahunnya dipengaruhi oleh banyaknya gaji pendeta selama bekerja. Maka besarnya gaji pendeta yang harus disiapkan untuk dana pensiun adalah akumulasi gaji selama bekerja berdasarkan skala gaji yang telah ditetapkan. Skala gaji pendeta disusun berdasarkan golongan, dan masa kerja. Untuk skala gaji dan akumulasi gaji bisa dilihat pada lampiran.

Sebagai contoh perhitungan akan diambil skala gaji pada golongan III-b.

Contoh Perhitungan. Golongan III-B untuk jenis kelamin laki-laki

Diketahui data Usia masuk ($y = 0$), usia pensiun, ($r = 58$), usia sekarang masa kerja sampai pensiun (35), gaji pokok awal Rp.1.778.800 gaji pokok sampai pensiun Rp. 2.797.500

1. Menghitung nilai akumulasi dari gaji awal.

Akumulasi dengan gaji awal sebanyak Rp. 1.778.800 untuk golongan III-B sesuai dengan skala gaji dengan persamaan. Adalah:

$$s_0 = 1.778.800$$

Gaji untuk tahun pertama adalah:

$$s_1 = 1.778.800 \times 12$$

$$= 21.345.600$$

Gaji untuk tahun kedua adalah:

$$\begin{aligned}s_2 &= 1.778.800 \times 12 \\ &= 21.345.600\end{aligned}$$

Gaji untuk tahun ketiga adalah:

$$\begin{aligned}s_3 &= 1.826.900 \times 12 \\ &= 21.922.800\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk usia pensiun dengan masa kerja sudah 35 tahun adalah:

$$\begin{aligned}s_r &= 2.797.500 \times 12 \\ &= 33.570.000\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk akumulasi gaji dari awal masuk sampai usia pensiun sesuai masa kerja sesuai dengan persamaan berikut:

$$S_r = \sum_t^{r-1} s_t$$

Akumulasi gaji untuk tahun pensiun dengan masa kerja akhir 35 tahun adalah:

$$\begin{aligned}S_{31} &= \sum_{t=27}^{r-1} 21.345.600 + 21.922.800 + \dots + 33.570.000 \\ &= 972.931.200\end{aligned}$$

Perhitungan akumulasi gaji untuk golongan yang lain bisa dilihat pada lampiran.

2. Menghitung proporsi gaji yang dialokasikan untuk manfaat pensiun.

Setelah menghitung akumulasi gaji awal selama bekerja, selanjutnya dihitung banyaknya proporsi gaji (k) yang dialokasikan untuk manfaat pensiun. Proporsi gaji yang ditetapkan oleh BI Rate adalah ($k=2,5\%$). sesuai dengan persamaan adalah:

$$B_r = ks_x$$

Proporsi gaji untuk Golongan III-B untuk masa kerja saat awal tahun sesuai perhitungan diatas adalah:

$$\begin{aligned}B_r &= 2,5\% \times 21.345.600 \\ &= 533.640\end{aligned}$$

Proporsi gaji untuk pendeta untuk golongan III-B untuk usia pensiun dengan masa kerja 35 tahun sesuai perhitungan diatas adalah:

$$\begin{aligned}B_r &= 2,5\% \times 972.931.200 \\ &= 24.323.280\end{aligned}$$

Proporsi gaji akan meningkat sesuai dengan tingkat kenaikan gaji selama bekerja.

3.5. Menghitung Iuran Pensiun

Menghitung besar iuran dengan metode *Individual Level Premium*.

Banyaknya iuran untuk golongan III-B untuk usia awal dengan proporsi gaji menggunakan metode Individual Level Premium sesuai dengan persamaan adalah:

Iuran untuk awal masa kerja adalah:

$${}^{ILPr}(NC)_x = B_r \ddot{a}_r \left(\frac{D_r^{(T)}}{N_x^{(T)} - N_r^{(T)}} \right)$$

Diketahui: $B_r = 533.640$

$$a_r = 1, \quad D_r = 192,7782393694, \quad N_r = 192,7782393694,$$

$$N_x = 18145,7982716016$$

$$\begin{aligned}&= 14.175.570 \times 1 \times \left(\frac{192,7782393694}{18145,7982716016 - 192,7782393694} \right) \\ &= 5.730,1879835\end{aligned}$$

Banyaknya iuran diawal tahun memang berjumlah sedikit tetapi akan naik secara signifikan untuk tahun-tahun berikutnya sesuai tingkat kenaikan gaji. Saat masuk usia pensiun peserta sudah tidak lagi membayarkan iuran karena tidak lagi bekerja. Maka akan dihitung iuran sebelum masa kerjanya berakhir.

$${}^{ILPr}(NC)_x = B_r \ddot{a}_r \left(\frac{D_r^{(T)}}{N_x^{(T)} - N_r^{(T)}} \right)$$

Diketahui:

$$B_r = 23.484.030, \quad a_r = 1, \quad D_r = 192,7782393694, \quad N_r = 192,7782393694, \\ N_x = 396,274397441404$$

$$= 23.484.030 \times 1 \times \left(\frac{192,7782393694}{396,274397441404 - 192,7782393694} \right) \\ = 22.247.151,9835693$$

Jadi banyaknya iuran pensiun selama masa kerja sampai memasuki usia pensiun dengan total masa kerja 34 tahun adalah sebanyak Rp. 22.247.151,9835693.

3.6. Perhitungan Kewajiban Aktuaria.

Kewajiban aktuaria yang dihitung menggunakan metode *Individual Level Premium* untuk golongan III-B sesuai dengan persamaan adalah sebanyak:

$${}^{ILPr}(AL)_x = {}^{ILPr}(NC)_r \left(\frac{N_x^{(T)} - D_r^{(T)}}{D_x^{(T)}} \right)$$

Diketahui:

$${}^{ILPr}(NC)_r = 5.730,1879835 \cdot D_x^{(T)} = 1000 \\ {}^{ILPr}(AL)_x = 5.730,18 \times \left(\frac{18145,798271 - 192,7782393}{1000} \right) \\ = 102.874,1796571$$

Kewajiban aktuaria atau dana cadangan untuk tahun pertama adalah sebanyak Rp: 102.874,1796571

Kewajiban aktuaria satu tahun terakhir sebelum masa kerja berakhir adalah sebanyak: Diketahui:

$${}^{ILPr}(NC)_r = 22.247.151,9835693; \quad D_x^{(T)} = 203,4961580719571$$

$${}^{ILPr}(AL)_x = 22.247.151,98 \times \left(\frac{18145,798271 - 192,7782393}{203,4961580719571} \right) \\ = 22.247.151,9835693$$

Jadi kewajiban aktuaria untuk golongan III-B dengan masa kerja 34 tahun sebelum berakhirnya masa kerja adalah Rp.22.247.151,9835693.

Berdasarkan tabel perhitungan untuk golongan III-B bisa dilihat bahwa untuk manfaat pensiun. iuran. Dan kewajiban aktuaria akan mengalami peningkatan setiap tahun sesuai dengan peningkatan gaji. Pada tabel juga memperlihatkan bahwa ketika masa kerja mencapai masa pensiun maka peserta tidak lagi membayarkan iuran, sedangkan nilai kewajiban aktuaria sebelum masuk masa pensiun akan sama dengan nilai iuran pensiun. Dan setelah pensiun nilai kewajiban aktuaria akan sama dengan nilai manfaat pensiun yang akan didapatkan.

3.7. Perbandingan Manfaat Pensiun

Untuk membandingkan manfaat dan iuran pensiun akan digunakan hasil perhitungan manfaat untuk 20 pendeta pada tabel 3 untuk metode *Individual Level Premium*.

Tabel 3. Perbandingan Manfaat pensiun Sinode GPM dan Metode Individual Level Premium.

Nama	P/L	Golongan Terakhir	Masa kerja Sekarang	Total masa kerja	B_r	$ILP B_r$
Pdt. 1	P	III/b	26	33	22.634.100	22.644.780,000
Pdt. 2	P	III/b	6	13	9.016.488	10.050.270,000
Pdt. 3	P	III/b	7	26	17.339.400	17.114.670,000
Pdt. 4	P	III/b	16	29	19.811.700	12.067.080,000
Pdt. 5	P	III/b	7	27	17.339.400	17.114.670,000
Pdt. 6	P	III/b	7	26	17.339.400	17.869.140,000
Pdt. 7	P	III/b	7	22	17.339.400	14.175.570,000
Pdt. 8	P	III/b	13	30	18.783.900	20.214.630,000
Pdt. 9	P	III/c	23	32	22.320.900	22.702.800,000
Pdt. 10	P	III/c	15	24	19.262.016	16.252.110,000
Pdt. 1	L	III/b	22	29	26.100.000	19.418.880,00
Pdt. 2	L	III/b	13	26	23.400.000	17.114.670,00
Pdt. 3	L	III/b	7	28	25.200.000	18.644.010,00
Pdt. 4	L	III/b	16	27	24.300.000	17.869.140,00
Pdt. 5	L	III/b	25	31	27.900.000	21.010.380,00
Pdt. 6	L	III/c	25	31	27.900.000	21.852.780,00
Pdt. 7	L	III/c	23	31	27.900.000	21.852.780,00
Pdt. 8	L	III/c	17	29	26.100.000	20.197.500,00
Pdt. 9	L	III/c	11	25	22.500.000	17.016.180,00
Pdt. 10	L	III/c	26	31	27.900.000	21.852.780,00

Berdasarkan tabel perbandingan terlihat bahwa manfaat yang dihitung oleh metode Individual Level Premium berbeda dengan perhitungan sinode GPM. karena proporsi gaji yang dipakai oleh sinode GPM lebih besar dan tidak sesuai dengan penentuan BI rate. Manfaat iuran yang terkumpul sampai masuk pensiun juga sangat besar dan tidak sebanding dengan jumlah manfaat yang diperoleh oleh peserta sehingga peserta akan mengalami kerugian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan maka disimpulkan bahwa:

1. Perlu diperhatikan konsistensi penggunaan asumsi aktuarial dalam menentukan program dana pensiun, seperti tabel mortalitas, proporsi gaji, tingkat suku bunga, dan tanggal penghitungan.
2. Hasil penghitungan dana pensiun para pendeta GPM menggunakan metode *Individual Level Premium* menunjukkan bahwa manfaat yang didapatkan oleh peserta sesuai dengan masa kerja, proporsi gaji akhir dan iuran yang dibayarkan oleh para pendeta. Selain itu, kewajiban aktuarial menggunakan metode *Individual Level Premium* bernilai sama dengan iuran yang dikumpulkan peserta selama bekerja, dan iuran yang dikumpulkan sama besar dengan nilai manfaat pensiun yang digunakan. Sehingga, program dana pensiun yang dihasilkan oleh metode *Individual Level Premium* lebih optimal dibandingkan program dana pensiun oleh pihak Sinode GPM. Program dana pensiun berdasarkan penghitungan pihak GPM tidak optimal karena dana pensiun yang diterima tidak sebanding dengan jumlah iuran yang dibayarkan selama bekerja, yakni pembayaran iurannya terlalu besar dan tidak sesuai dengan nilai manfaat yang diterima oleh peserta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anita, Yuli., *Penghitungan Manfaat Dan Iuran Peserta Program Dana Pensiun Dengan Metode Projected Unit Credit Dan Individual Level Premium*. Pdf Skripsi., 2016.
- [2]. N. L. Bowers, et. al., *Actuarial Mathematics*. Schaumburg (DE): The Society of Actuaries., 1997.
- [3]. Farrimond, William & Mayer, Duane L., *Actuarial Cost Methods*. Arlington: American Society of Pension Actuaries., 1999.
- [4]. Promislow, S. David., *Fundamentals of Actuarial Mathematics*. 3rd. Ed. United Kingdom: John Wiley & Son, Ltd., 2015.
- [5]. Setiadi, A., *Dana Pensiun Sebagai Badan Hukum*, Bandung: PT. Citra Aditya Bakti., 1995.
- [6]. Winklevoss, Howard E, *Pension Mathematics with Numerical Illustrations*. Pension Research Council, The University Of Pennsylvania, Philadelphia., 1993.

Barekeng terbit dua kali dalam setahun yaitu Bulan Maret dan Desember. **Barekeng** menerima naskah dalam bentuk hasil penelitian, catatan penelitian (*note*) atau artikel ulasan balik (*review/ minireview*) dan ulasan (*feature*) baik dalam bahasa Indonesia maupun dalam bahasa Inggris yang berkaitan dengan bidang Matematika dan Terapannya. Naskah yang dikirimkan merupakan naskah asli yang belum pernah diterbitkan di media manapun.

PENGIRIMAN NASKAH

Naskah dikirimkan kepada:

Redaksi arekeng
Jurusan Matematika
Fakultas MIPA
Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Poka-Ambon, Indonesia

Email: barekeng_math@yahoo.com

Naskah yang dikirimkan harus dalam bentuk naskah naskah lunak (*soft copy*), disertai dengan alamat korespondensi lengkap dan alamat *email* dan nomor kontak yang dapat dihubungi.

Naskah cetak (*hard copy*):

Naskah cetak dikirim sebanyak satu eksemplar dengan format pengetikan menggunakan *Microsoft Word* seperti berikut:

- Naskah diketik 1 spasi pada kertas HVS Ukuran A4 dengan batas tepi 2 cm dan font *Times New Roman* berukuran 11 point.
- Jumlah halaman maksimum 12 halaman termasuk Lampiran (Gambar dan Tabel). Setiap halaman diberi nomor secara berurutan pada tepi kanan atas. Untuk keterangan Lampiran: Tipe huruf Times New Roman berukuran 10 point.
- Persamaan matematika (*equations*) dapat diketik dengan menggunakan *MS Equations* atau *MathType* dengan tipe huruf *Cambria* atau Times New Roman berukuran 11 point.

Naskah lunak (*soft copy*):

Naskah lunak harus disubmit dalam format *Microsoft Word* pada laman *Open Journal System* (OJS) Barekeng pada:

Website: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/> atau dikirim melalui e-mail: barekeng_math@yahoo.com.

SUSUNAN NASKAH

- a. Judul ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- b. Nama Lengkap Penulis (tanpa gelar).
- c. Nama Lembaga atau Institusi, disertai Alamat Lengkap dengan nomor kode pos. Untuk korespondensi dilengkapi No. Telp., fax dan *email*.
- d. Judul Ringkas (*Running Title*) (jika diperlukan).
- e. Abstrak (*Abstract*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- f. Kata Kunci (*Keywords*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- g. Pendahuluan (*Introduction*) meliputi latar belakang, masalah dan tujuan penelitian.

- h. Tinjauan Pustaka meliputi ulasan (*Review*) penelitian dari beberapa literatur serta teori-teori dasar yang mendukung penelitian.
- i. Metode Penelitian (*Methods and Materials*) meliputi bahan, cara, dan analisis dalam penelitian (jika ada).
- j. Hasil dan Pembahasan (*Results and Discussion*) ditulis secara berkesinambungan dalam satu rangkaian naskah penulisan.
- k. Kesimpulan (*Conclusion*)
- l. Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgements*) (Jika diperlukan)
- m. Daftar Pustaka ditulis memakai sistem indeks sesuai *reference style* IEEE. Di bawah ini beberapa contoh penulisan sumber acuan:

Jurnal:

- [1] K. R. Gabriel, "The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis," *Biometrika*, vol. 58, pp. 453-467, 1997.

Buku:

- [2] D. Rosadi, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews* (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan), Yogyakarta: Andi Offset, 2012.

Skripsi/ Tesis/ Disertasi:

- [3] M. Apri, "Model Biaya Total Jaringan Pipa Transmisi Gas dan Optimasinya," Departemen Matematika ITB, Bandung, 2002.

Informasi dari Internet:

- [4] G. Skye, "Transformation," 8 Desember 2012. [Online]. Available: <http://www.livelove.co.uk/ap/>. [Diakses 4 Oktober 2014].

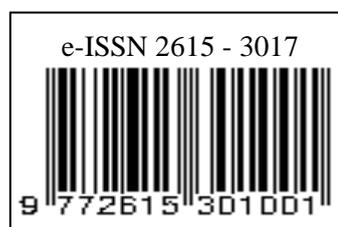
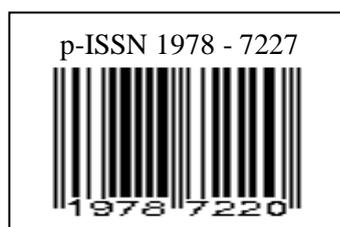
- n. Lampiran meliputi Gambar dan Tabel beserta keterangannya (jika diperlukan).

CATATAN (NOTE)

- Naskah harus dikirimkan ke redaksi selambat-lambatnya 2 (dua) bulan sebelum bulan penerbitan jurnal (Maret dan Desember).
- Naskah akan dinilai oleh tim penilai yang relevan sebelum diterbitkan dan tim redaksi berhak merubah struktur naskah tanpa merubah isi naskah.
- Naskah dapat diterima atau ditolak. Naskah ditolak, jika tidak memenuhi kriteria penulisan, pelanggaran hak cipta, kualitas rendah, dan tidak menanggapi korespondensi redaksi. Pengumuman naskah ditolak atau diterima paling lambat 1 (satu) bulan setelah naskah terkirim.
- Penulis atau penulis pertama memperoleh 1 (satu) eksemplar jurnal yang sudah diterbitkan.
- Info selengkapnya dapat diperoleh pada website OJS: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/>.



© Jurusan Matematika FMIPA Unpatti 2018



Barekeng terbit dua kali dalam setahun yaitu Bulan Maret dan Desember. **Barekeng** menerima naskah dalam bentuk hasil penelitian, catatan penelitian (*note*) atau artikel ulasan balik (*review/ minireview*) dan ulasan (*feature*) baik dalam bahasa Indonesia maupun dalam bahasa Inggris yang berkaitan dengan bidang Matematika dan Terapannya. Naskah yang dikirimkan merupakan naskah asli yang belum pernah diterbitkan di media manapun.

PENGIRIMAN NASKAH

Naskah dikirimkan kepada:

Redaksi arekeng
Jurusan Matematika
Fakultas MIPA
Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Poka-Ambon, Indonesia

Email: barekeng_math@yahoo.com

Naskah yang dikirimkan harus dalam bentuk naskah naskah lunak (*soft copy*), disertai dengan alamat korespondensi lengkap dan alamat *email* dan nomor kontak yang dapat dihubungi.

Naskah cetak (*hard copy*):

Naskah cetak dikirim sebanyak satu eksemplar dengan format pengetikan menggunakan *Microsoft Word* seperti berikut:

- Naskah diketik 1 spasi pada kertas HVS Ukuran A4 dengan batas tepi 2 cm dan font *Times New Roman* berukuran 11 point.
- Jumlah halaman maksimum 12 halaman termasuk Lampiran (Gambar dan Tabel). Setiap halaman diberi nomor secara berurutan pada tepi kanan atas. Untuk keterangan Lampiran: Tipe huruf Times New Roman berukuran 10 point.
- Persamaan matematika (*equations*) dapat diketik dengan menggunakan *MS Equations* atau *MathType* dengan tipe huruf *Cambria* atau Times New Roman berukuran 11 point.

Naskah lunak (*soft copy*):

Naskah lunak harus disubmit dalam format *Microsoft Word* pada laman *Open Journal System* (OJS) Barekeng pada:

Website: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/> atau dikirim melalui e-mail: barekeng_math@yahoo.com.

SUSUNAN NASKAH

- a. Judul ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- b. Nama Lengkap Penulis (tanpa gelar).
- c. Nama Lembaga atau Institusi, disertai Alamat Lengkap dengan nomor kode pos. Untuk korespondensi dilengkapi No. Telp., fax dan *email*.
- d. Judul Ringkas (*Running Title*) (jika diperlukan).
- e. Abstrak (*Abstract*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- f. Kata Kunci (*Keywords*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- g. Pendahuluan (*Introduction*) meliputi latar belakang, masalah dan tujuan penelitian.

- h. Tinjauan Pustaka meliputi ulasan (*Review*) penelitian dari beberapa literatur serta teori-teori dasar yang mendukung penelitian.
- i. Metode Penelitian (*Methods and Materials*) meliputi bahan, cara, dan analisis dalam penelitian (jika ada).
- j. Hasil dan Pembahasan (*Results and Discussion*) ditulis secara berkesinambungan dalam satu rangkaian naskah penulisan.
- k. Kesimpulan (*Conclusion*)
- l. Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgements*) (Jika diperlukan)
- m. Daftar Pustaka ditulis memakai sistem indeks sesuai *reference style* IEEE. Di bawah ini beberapa contoh penulisan sumber acuan:

Jurnal:

- [1] K. R. Gabriel, "The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis," *Biometrika*, vol. 58, pp. 453-467, 1997.

Buku:

- [2] D. Rosadi, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews* (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan), Yogyakarta: Andi Offset, 2012.

Skripsi/ Tesis/ Disertasi:

- [3] M. Apri, "Model Biaya Total Jaringan Pipa Transmisi Gas dan Optimasinya," Departemen Matematika ITB, Bandung, 2002.

Informasi dari Internet:

- [4] G. Skye, "Transformation," 8 Desember 2012. [Online]. Available: <http://www.livelove.co.uk/ap/>. [Diakses 4 Oktober 2014].

- n. Lampiran meliputi Gambar dan Tabel beserta keterangannya (jika diperlukan).

CATATAN (NOTE)

- Naskah harus dikirimkan ke redaksi selambat-lambatnya 2 (dua) bulan sebelum bulan penerbitan jurnal (Maret dan Desember).
- Naskah akan dinilai oleh tim penilai yang relevan sebelum diterbitkan dan tim redaksi berhak merubah struktur naskah tanpa merubah isi naskah.
- Naskah dapat diterima atau ditolak. Naskah ditolak, jika tidak memenuhi kriteria penulisan, pelanggaran hak cipta, kualitas rendah, dan tidak menanggapi korespondensi redaksi. Pengumuman naskah ditolak atau diterima paling lambat 1 (satu) bulan setelah naskah terkirim.
- Penulis atau penulis pertama memperoleh 1 (satu) eksemplar jurnal yang sudah diterbitkan.
- Info selengkapnya dapat diperoleh pada website OJS: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/>.



© Jurusan Matematika FMIPA Unpatti 2018

