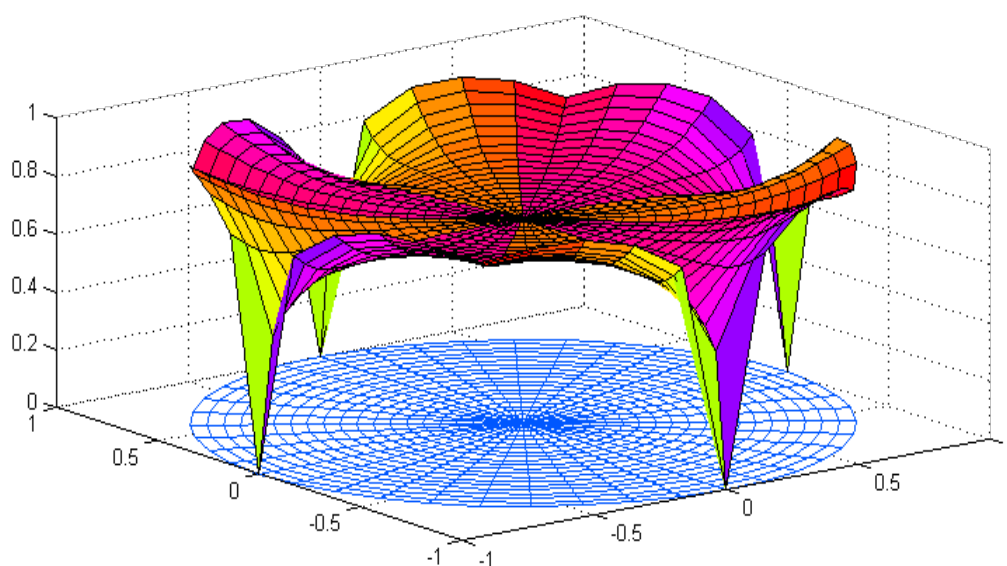


# Barekeng

**jurnal ilmu matematika dan terapan**

ISSN 1978-7227





**jurnal ilmu matematika dan terapan**

ISSN 1978-7227

**Volume 11 Nomor 2 | Desember 2017**

**PENANGGUNG JAWAB**

Ketua Jurusan Matematika  
FMIPA - Universitas Pattimura

**KETUA DEWAN REDAKSI**

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

**PENYUNTING AHLI**

Prof. Drs. Subanar, Ph.D (Universitas Gajah Mada, Yogyakarta)

Prof. Dr. Edi Tri Baskoro (Institut Teknologi Bandung, Bandung)

Prof. Dr. Ir. Siswadi, M.Sc (Institut Pertanian Bogor, Bogor)

Prof. Dr. Basuki Widodo, M.Sc (Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya)

Prof. Dr. Budi Nuraini, MS. (Universitas Padjajaran, Bandung)

Prof. Marjono, M.Phil, Ph.D. (Universitas Brawijaya, Malang)

Prof. Dr. Thomas Pentury, M.Si (Universitas Pattimura, Ambon)

Prof. Dr. T. G. Ratumanan, M.Pd. (Universitas Pattimura, Ambon)

Prof. Dr. Th. Laurens, M.Pd. (Universitas Pattimura, Ambon)

**PENYUNTING PELAKSANA**

Meilin I. Tilukay, S.Si, M.Si.

B. P. Tomasouw, S.Si., M.Si.

N. Lewaherilla, ST., M.Si.

J. E. T. Radjabaycolle, S.Si., M.Cs.

Muh. Y. Matdoan, S.Si, M.Si

**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/>

E-mail: [barekeng.math@yahoo.com](mailto:barekeng.math@yahoo.com); Telp./HP.: 085243358669



## PENELITIAN

<p><b>PEMODELAN TINGKAT KEPUASAN MASYARAKAT TERHADAP PROSES PELAYANAN PEMBUATAN SURAT IZIN MENGEMUDI DI SATLANTAS POLRES AMBON MENGGUNAKAN REGRESI LOGISTIK ORDINAL</b> <i>Modeling of Community Satisfaction Level to Service Process in Making Driving License in Satlantas Polres Ambon using Ordinal Logistic Regression</i></p>	<p>A. Z. Wattimena M. W. Talakua Vanbasten Temartenan</p>	<p>85-94</p>
<p><b>APLIKASI METODE FUZZY K-MEANS UNTUK MENENTUKAN TINGKAT PENGANGGURAN</b> <i>Application of Fuzzy Method C-Means Clustering to Determine the Joblessness Rate</i></p>	<p>Dorteus L. Rahakbauw Lexy J. Sinay Vilomina Enus</p>	<p>95-100</p>
<p><b>PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA AMBON MENGGUNAKAN METODE HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING</b> <i>Rainfall Forecasting in Ambon City using the Exponential Holt-Winter Smoothing Method</i></p>	<p>Lexy J. Sinay Th. Pentury D. Anakotta</p>	<p>101-108</p>
<p><b>PENGGUNAAN METODE ANALISIS KOMPONEN UTAMA UNTUK MEREDUKSI FAKTOR-FAKTOR INFLASI DI KOTA AMBON</b> <i>The Useful of Main Component Analysis Method to Reduce Inflation Factors in Ambon City</i></p>	<p>M. S. Noya van Delsen A. Z. Wattimena S. D. Saputri</p>	<p>109-118</p>
<p><b>ANALISIS CLUSTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE K-MEANS UNTUK PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI MALUKU BERDASARKAN INDIKATOR INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA TAHUN 2014</b> <i>Cluster Analysis by using K-Means Method for Grouping District / City in Maluku Province Based on Indicators of Maluku Development Index in 2014</i></p>	<p>M. W. Talakua Z. A. Leleury A. W. Talluta</p>	<p>119-128</p>
<p><b>ANALISIS PERMINTAAN KONSUMEN TERHADAP KONSUMSI MINYAK TANAH RUMAH TANGGA DI DESA PELAUW DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS REGRESI BERGANDA</b> <i>Analysis of Consumer Demand for Household Oil Consumption in Village Pelauw by using Analysis of Double Regression</i></p>	<p>S. N. Aulele M. W. Talakua B. Tuasikal</p>	<p>129-138</p>
<p><b>PERBANDINGAN ALGORITMA HILL CLIMBING DAN ALGORITMA ANT COLONY DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMUM</b> <i>The Comparison of Hill Climbing Algorithm and Ant Colony Algorithm in Determine Optimum Route</i></p>	<p>V. Y. I. Ilwaru T. Sumah Y. A. Lesnussa Z. A. Leleury</p>	<p>139-149</p>
<p><b>PENERAPAN TEORI KONGRUENSI DALAM PERMAINAN NIM</b> <i>The Implementation of Congruency Theories in Nim Games</i></p>	<p>L. Tehuayo F. Kondolembang Z. A. Leleury</p>	<p>150-162</p>



merupakan Jurnal Ilmu Matematika dan Terapannya sebagai suatu wahana informasi ilmiah yang menyajikan artikel (naskah) hasil penelitian meliputi bidang-bidang sebagai berikut: matematika (analisis & aljabar), matematika terapan, statistika, aktuarial, ilmu computer dan pendidikan matematika. Jurnal ini diterbitkan dua kali dalam setahun yaitu pada bulan Maret dan bulan 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

2017

Copyright © Jurusan Matematika FMIPA UNPATTI 2017

# PEMODELAN TINGKAT KEPUASAN MASYARAKAT TERHADAP PROSES PELAYANAN PEMBUATAN SURAT IZIN MENGEMUDI DI SATLANTAS POLRES AMBON MENGGUNAKAN REGRESI LOGISTIK ORDINAL

A. Z. Wattimena<sup>1</sup>, M. W. Talakua<sup>2</sup>, Vanbasten Temartenan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura  
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>az.wattimena@staff.unpatti.ac.id; <sup>2</sup>ocat\_14@yahoo.com; <sup>3</sup>r.temartenanvanbasten73@gmail.com

## Abstrak

Kualitas pelayanan pembuatan Surat Izin Mengemudi (SIM) pada kantor Satlantas Polres Ambon dikaji menggunakan analisis regresi logistik ordinal. Tujuan penelitian ini adalah menentukan model yang dapat digunakan untuk menganalisa faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap tingkat kepuasan masyarakat dalam proses pelayanan pembuatan SIM di Satlantas Polres Ambon. Sebanyak 102 responden disurvei terhadap empat variabel yang diamati yakni: cara pelayanan, jalur birokrasi, biaya pengurusan, dan informasi pengurusan. Hasil persamaan regresi logistik ordinal dari empat variabel yang diteliti terdapat tiga variabel bebas yang berpengaruh secara signifikan mempengaruhi tingkat kepuasan masyarakat dalam pelayanan pembuatan SIM di Satlantas Polres Ambon. Variabel tersebut adalah cara pelayanan ( $X_1$ ), biaya pengurusan ( $X_3$ ), dan informasi pengurusan ( $X_4$ ). Sehingga model regresi logistik ordinal yang terbentuk untuk tingkat kepuasan masyarakat adalah:

$$\text{Logit} ( Y_0 ) = 12,932 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_1 ) = 14,968 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_2 ) = 17,031 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

Penelitian ini selain menganalisa kepuasan masyarakat akan tetapi sebagai bahan masukan bagi kantor Satlantas Polres Ambon dalam mengevaluasi kinerja dan mengambil kebijakan untuk dapat terus mengutamakan kepuasan masyarakat.

**Kata Kunci:** kualitas pelayanan, model regresi logistik ordinal, *odds ratio*.

## MODELING OF COMMUNITY SATISFACTION LEVEL TO SERVICE PROCESS IN MAKING DRIVING LICENSE IN SATLANTAS POLRES AMBON USING ORDINAL LOGISTIC REGRESSION

## Abstract

Quality of service of making Driving License at Satlantas Polres Ambon office is reviewed using ordinal logistic regression analysis. The purpose of this study is to determine the model that can be used to analyze the factors that significantly affect the level of community satisfaction in the process of making Driver's License services in Satlantas Polres Ambon. A total of 102 respondents surveyed to four variables observed namely: way of service, bureaucratic path, cost management, and information management. The results of of ordinal logistic regression equation of four variables under study there is three independent variable the significantly influence the level of public satisfaction in service production of Driver's License at Satlantas Polres Ambon. The variable is way of service ( $X_1$ ), cost management ( $X_3$ ), and information management ( $X_4$ ). So the ordinal logistic regression model that formed for the level of community satisfaction is:

$$\text{Logit} ( Y_0 ) = 12,932 + 0,477 X_1 + 0,213 X_2 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_1 ) = 14,968 + 0,477 X_1 + 0,213 X_2 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_2 ) = 17,031 + 0,477 X_1 + 0,213 X_2 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

This research in addition to analyze the satisfaction of the community but as an input for the Office of Satlantas Polres Ambon in evaluating the performance and take policy to be able to continue to prioritize community satisfaction.

**Keywords:** Service Quality, Ordinal Logistic Regression Model, Odds Ratio.

## 1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi dengan kondisi persaingan yang cukup ketat dan penuh tantangan, aparatur pemerintah dituntut untuk bisa memberikan pelayanan sebaik-baiknya kepada masyarakat dan berorientasi kepada kebutuhan masyarakat. Kualitas pelayanan kepada masyarakat menjadi salah satu indikator dari keberhasilan penyelenggara pemerintah. Negara sebagai organisasi publik, pada dasarnya dibentuk untuk menyelenggarakan pelayanan masyarakat dan bukan dimaksudkan untuk berkembang menjadi besar sehingga mematikan organisasi publik lainnya. Meskipun organisasi publik memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan organisasi bisnis, akan tetapi tidak ada salahnya dalam operasionalnya menganut paradigma yang dianut dalam organisasi bisnis, yaitu: efisiensi, efektif, dan menempatkan masyarakat sebagai pengguna jasa yang harus dilayani sebaik-baiknya. Fokus dari dinamika perbaikan kualitas pelayanan terletak pada kepuasan masyarakat yang di sini berperan sebagai pengguna jasa oleh karena itu perlu dipahami hal-hal yang berkaitan dengan masyarakat. Masyarakat dalam konteks ini adalah semua orang yang menuntut suatu organisasi publik untuk memenuhi standart kualitas tertentu dan karena itu memberi pengaruh organisasi publik.

Polres Ambon dan PP Lease merupakan bagian dari Kepolisian Republik Indonesia yang melayani di bidang pemeliharaan dan keamanan, ketertiban masyarakat, penegakan hukum, pengayoman dan pelayanan pada masyarakat. Berdasarkan data yang diperoleh dari Satlantas Polres Ambon memperlihatkan bahwa setiap tahunnya ada peningkatan jumlah dalam pengurusan SIM. Masyarakat atau pemakai jasa layanan akan menuntut pelayanan yang lebih baik dari organisasi publik. Pada dasarnya suatu organisasi yang bergerak dalam bidang jasa, kunci keberhasilan terletak pada layanan yang diberikan kepada masyarakat. Harus disadari pula bahwa pelayanan dan kepuasan masyarakat sebagai pengguna jasa merupakan suatu aspek vital dalam rangka mempertahankan eksistensi suatu organisasi. Meskipun demikian untuk mewujudkan kepuasan secara menyeluruh tidaklah mudah. Apalagi masyarakat sekarang lebih kritis dan telah memahami haknya. Masyarakat akan selalu memperhatikan haknya dan dengan semaksimal mungkin akan menggunakannya untuk mendapatkan semua kepuasan kebutuhan. Salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap tingkat kepuasan masyarakat terhadap proses pembuatan SIM adalah teknik Pemodelan Regresi Logistik Ordinal.

Analisis regresi logistik ordinal merupakan suatu analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel respon yang berskala ordinal. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penelitian ini digunakan untuk mengetahui model peluang tingkat kepuasan masyarakat berdasarkan faktor-faktor yang signifikan berpengaruh. Berdasarkan faktor-faktor itu, pihak Kepolisian memiliki prioritas yang harus dilaksanakan untuk meningkatkan kualitas pelayanannya terhadap masyarakat. Dengan demikian kepuasan masyarakat dapat dipenuhi secara maksimal dan tujuan proses pembuatan SIM dapat tercapai.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Uji Validitas dan Reliabilitas

Validitas adalah ketepatan atau kecermatan suatu instrumen dalam mengukur apa yang akan diukur. Uji Validitas dilakukan dengan cara mengkorelasikan masing-masing skor *item* dengan skor total. *Item-item* pertanyaan yang berkorelasi signifikan dengan skor total menunjukkan *item-item* tersebut valid. Jika nilai *p-value* kurang dari  $\alpha$ , maka *item-item* pertanyaan dikatakan valid.

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui konsistensi alat ukur, apakah alat pengukur yang digunakan dapat diandalkan dan tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang. Uji reliabilitas menggunakan metode Alpha (Cronbach's). Suatu kuesioner dikatakan reliabel jika nilai Alpha Cronbach's lebih dari 0,6.

### 2.2. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah analisis statistik yang digunakan untuk melihat pengaruh antara dua atau lebih variabel. Hubungan variabel tersebut bersifat fungsional yang diwujudkan dalam suatu model matematis yaitu variabel independen dengan tujuan untuk memprediksi nilai rata-rata variabel dependen didasarkan pada nilai variabel independen yang telah diketahui. Istilah 'regresi' pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli yang bernama Francis Galton pada tahun 1886.

### 2.3. Analisis Regresi Logistik

Analisis regresi logistik adalah metode regresi yang menggambarkan hubungan antara beberapa variabel prediktor dengan sebuah variabel respon dikotomus atau biner. Variabel respon ( $Y$ ) pada metode regresi logistik dikatakan biner karena terdiri atas dua kategori yaitu 0 dan 1. Analisis regresi logistik biner bertujuan untuk memperoleh hubungan antara  $X_i$  dan  $P_i$  (probabilitas kejadian yang diakibatkan oleh  $X_i$ ). Berapapun nilai  $x$  bila disubstitusikan kedalam fungsi logistik hasilnya akan berkisar antara 0 dan 1. Regresi logistic digunakan untuk analisis data respon kategorik (nominal atau ordinal) dengan variabel-variabel bebas kontinu dan kategorik. Berdasarkan jumlah kategori respon, regresi logistik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu regresi logistik dikotomus dan polikotomus [1].

Regresi logistik dikotomus adalah suatu analisis regresi yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel respon dengan sekumpulan variabel prediktor, dimana variabel responnya berskala biner atau dikotomus dengan variabel prediktor berskala dikotomus maupun polikotomus. Variabel dikotomus adalah variabel yang memiliki 2 kemungkinan (sukses atau gagal), sedangkan variabel polikotomus adalah variabel yang memiliki lebih dari dua kemungkinan [1].

Variabel respon biasanya disimbolkan dengan  $Y$ , sedangkan variabel prediktor disimbolkan dengan  $X$ . Variabel respon ( $Y$ ) mengikuti distribusi Bernoulli dengan fungsi probabilitas:

$$f(y_i) = p^{y_i}(1 - p)^{1-y_i}, y_i = 0,1$$

Distribusi dari variabel respon ini merupakan pembeda antara regresi logistik dengan regresi linear. Pada regresi linear variabel responnya diasumsikan berdistribusi normal, sedangkan untuk variabel respon pada regresi logistik bersifat kategorikal. Adapun fungsi logistik adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, -\infty < x < \infty$$

Untuk  $x = -\infty$  maka  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$  sedangkan  $x = \infty$  maka  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 1$ . Dengan melihat kemungkinan nilai  $f(x)$  yang berkisar antara 0 dan 1, ini menunjukkan bahwa regresi logistik sebenarnya menggambarkan probabilitas terjadinya suatu kejadian

#### Gambar 1. Kurva fungsi logistik

Untuk mempermudah maka digunakan notasi  $\pi(x) = E(y|x)$  untuk menyatakan rata-rata bersyarat dari  $Y$  jika diberikan nilai  $X$ . Bentuk model regresi logistik adalah (Agresti, 1990):

$$\pi(x) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$

### 2.4. Regresi Logistik Ordinal

Regresi logistik ordinal adalah suatu analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel respon yang berskala ordinal. Dalam regresi logistik ordinal ini, variabel respon ( $Y$ ) berskala ordinal dengan  $J$  kategori dan  $X' = (X_1, X_2, \dots, X_p)$  adalah variabel bebas ( $X$ ), maka peluang dari variabel respon kategori ke- $j$  pada variabel bebas  $X$  tertentu dapat dinyatakan dengan  $p[Y = j | x] = \pi_j(x)$  dan peluang kumulatifnya [5] adalah:

$$P[Y \leq j | x] = \pi_1(x) + \dots + \pi_j(x)$$

Model logit kumulatif didefinisikan dengan:

$$\begin{aligned}
 L_j(x) &= \text{logit } P[Y \leq j | x] \\
 &= \log \left[ \frac{P[Y \leq j | x]}{1 - P[Y \leq j | x]} \right] \\
 &= \log \left[ \frac{\pi_1(x) + \dots + \pi_j(x)}{\pi_{j+1}(x) + \dots + \pi_J(x)} \right] \\
 &= \alpha_j - x \cdot \beta
 \end{aligned}$$

Dimana  $j = 1, \dots, J - 1$  dan  $\alpha_1, \dots, \alpha_{J-1}$  adalah *threshold* model serta  $\beta$  merupakan vektor koefisien regresi.

Metode pendugaan parameter yang dapat digunakan pada regresi logistik ordinal diantaranya adalah dengan metode kemungkinan maksimum. Metode ini dapat dilakukan jika antara amatan yang satu dengan yang lain diasumsikan saling bebas. Fungsi kemungkinannya dapat dinyatakan sebagai [5].

Analisis regresi ordinal yang telah dijelaskan sebelumnya adalah analisis regresi ordinal dengan fungsi hubung logit atau sering disebut regresi logistik ordinal.

**Tabel 1. Fungsi Hubung Pada Regresi Ordinal**

Fungsi Hubung	Bentuk Fungsi
Logit	$\text{Log} \left[ \frac{\pi}{1 - \pi} \right]$
Complementary log-log	$\text{Log} (-\text{Log}(1 - \pi))$
Negative log-log	$-\text{Log} (-\text{Log}(\pi))$
Probit	$\Phi^{-1}(\pi)$
Chauchit	$\tan(\text{phi}(\pi - 0,5))$

a) Uji Serentak

Uji serentak ini dilakukan yaitu untuk mengetahui signifikansi parameter  $\beta$  terhadap variabel respon secara keseluruhan. Uji serentak disebut juga uji model *Chi-Square*, dilakukan sebagai upaya memeriksa peranan variabel prediktor dalam model secara bersama-sama. Pengujian signifikansi parameter tersebut menggunakan statistik uji G, dimana statistik uji G mengikuti distribusi *Chi-Square* dengan derajat bebas satu. Hipotesis yang digunakan:

$$\begin{aligned}
 H_0 &: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p \\
 H_1 &: \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, p.
 \end{aligned}$$

Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji G atau *Likelihood Ratio Test*:

$$\begin{aligned}
 G^2 &= -2 \ln \left[ \frac{l_1}{l_0} \right] \\
 &= -2 \ln \frac{\left(\frac{n_1}{n}\right)^{n_1} \left(\frac{n_0}{n}\right)^{n_0}}{\sum_{i=1}^n \hat{\pi}_i^{y_i} (1 - \hat{\pi}_i)^{(1-y_i)}}
 \end{aligned}$$

dengan:

$$n_1 = \sum_{i=1}^n y_i; \quad n_0 = \sum_{i=1}^n (1 - y_i); \quad n = n_1 + n_0$$

dimana:

- $n_1$  = banyaknya observasi yang berkategori 1
- $n_0$  = banyaknya observasi yang berkategori 0
- $n$  = banyaknya observasi ( $n_1 + n_0$ )

- $l_1$  = *Likelihood* tanpa variabel prediktor tertentu
- $l_0$  = *Likelihood* dengan variabel prediktor tertentu



## b) Uji Individu (Uji Parsial)

Untuk menguji pengaruh setiap  $\beta_j$  secara individual. Hasil pengujian secara individual akan menunjukkan apakah suatu variabel prediktor layak untuk masuk dalam model atau tidak [1]. Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p; p = \text{jumlah prediktor dalam model}$$

Statistik Uji yang digunakan adalah Uji Wald:

$$W = \frac{\hat{\beta}_i}{SE_i(\hat{\beta}_i)}$$

Dimana:

$\hat{\beta}_i$  : nilai koefisien regresi logistik untuk variabel ke- $i$

$SE_i$  : *standard error* variabel ke- $i$

## c) Uji Kesesuaian Model

Menurut [6], terdapat statistik uji yang digunakan untuk menguji kesesuaian model regresi logistik yaitu *Goodness of Fit* dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \text{Model sesuai}$$

$$H_1 : \text{Model tidak sesuai}$$

Statistik Uji:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^J \frac{(y_j - m_j \phi_j)^2}{m_j \phi_j (1 - \phi_j)}$$

dengan  $j = 1, 2, 3, \dots, J$

dimana,

$y_j$  : variabel respon ke- $j$

$m_j$  : banyaknya observasi yang memiliki nilai  $\phi_j$

$\phi_j$  : peluang kumulatif

Kriteria penolakan: tolak  $H_0$  apabila  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{(db, \alpha)}$  atau  $p\text{-value} < \infty$ .

## d) Menginterpretasi Koefisien Parameter

Pada regresi logistik ordinal, terdapat juga interpretasi koefisien model regresi logistik ordinal yang merupakan inferensi dan pengambilan keputusan berdasarkan koefisien yang diestimasi. Koefisien tersebut menggambarkan *slope* atau perubahan pada variabel terikat per unit perubahan pada variabel bebas. Untuk menginterpretasi koefisien parameter, digunakan *Odds ratio* ( $\psi$ ). *Odds ratio* didefinisikan sebagai *ratio odds* untuk  $x = 1$  terhadap *odds* untuk  $x = 0$ , yang dapat dituliskan dalam persamaan berikut [5]:

$$\psi = \frac{\pi(1)/1 - \pi(1)}{\pi(0)/1 - \pi(0)}$$

## 2.5. Kualitas Pelayanan

Kualitas pelayanan merupakan salah satu yang menjadi perhatian utama bagi masyarakat umum yang diselenggarakan oleh pemerintah dan penyedia jasa public. Kualitas pelayanan publik yang diselenggarakan oleh instansi pemerintahan pada saat ini menjadi sorotan bahkan menjadi tuntutan masyarakat. Persoalan yang sering dikritik masyarakat atau penerima layanan adalah persepsi terhadap kualitas yang melekat pada seluruh aspek pelayanan [8] adalah:

- 1) Kesesuaian dengan persyaratan
- 2) Kecocokan untuk pemakaian
- 3) Perbaikan berkelanjutan
- 4) Bebas dari kerusakan/cacat

- 5) Pemenuhan kebutuhan pelanggan sejak awal dan setiap saat
- 6) Melakukan segala sesuatu secara benar
- 7) Sesuatu yang bisa membahagiakan pelanggan

Menurut pendapat diatas, diketahui bahwa kualitas pelayanan mencakup berbagai faktor yaitu kualitas pelayanan publik merupakan hasil interaksi aspek pelayanan, sumber daya manusia, strategi dan pengguna jasa. Menurut [8] mengatakan bahwa kepuasan pelanggan adalah tingkat perasaan seseorang setelah membandingkan kinerja atau hasil yang dirasakan dibandingkan dengan harapannya. Setiap pelanggan tentu menghendaki kepuasan dan menerima suatu layanan sedangkan ukuran keberhasilan penyelenggaraan pelayanan ditentukan oleh tingkat kepuasan penerima layanan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka pengertian kualitas pelayanan adalah terpenuhinya karakteristik suatu konsep pelayanan yang mencakup seluruh aspek pelayanan dan tolak ukur kualitas pelayanan itu adalah dapat member kepuasan kepada para pelanggan atau penerima layanan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Variabel Yang Digunakan

Dalam penelitian ini variabel prediktor ( $X$ ) yang digunakan untuk analisis regresi logistik ordinal adalah sebagai berikut:

1.  $X_1$  : Cara Pelayanan
2.  $X_2$  : Jalur Birokrasi
3.  $X_3$  : Biaya Pengurusan
4.  $X_4$  : Informasi Pengurusan

#### 3.2. Hasil Penelitian

##### 3.2.1. Uji Validitas

Pengujian validitas menggunakan rumus *product moment* dari Pearson dengan menghitung korelasi antar masing-masing skor *item* pertanyaan tiap variabel dengan skor totalnya. Jika skor *item* tersebut berkorelasi positif dengan skor total *item* dan lebih tinggi dari korelasi antar *item* berarti menunjukkan kevalidan instrumen tersebut. Hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0$  : *item atau pertanyaan tidak valid*

$H_0$  : *item atau pertanyaan valid*

Dengan menggunakan *software* SPSS diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 2. Hasil Pengujian Validitas**

<i>Item / Pertanyaan</i>	<i>P-Value</i>	$\alpha$	<b>Keterangan</b>
X11	0,000	0,05	Valid
X12	0,000		Valid
X13	0,000		Valid
X14	0,000		Valid
X21	0,000		Valid
X22	0,000		Valid
X23	0,000		Valid
X24	0,000		Valid
X31	0,000		Valid
X32	0,000		Valid
X33	0,000		Valid
X34	0,000		Valid
X41	0,000		Valid
X42	0,000		Valid
X43	0,000		Valid
X44	0,000		Valid

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa dengan menggunakan  $\alpha$  sebesar 5% maka diperoleh semua *item*/pertanyaan memiliki nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05 sehingga tolak  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua *item*/pertanyaan valid.

### 3.2.2. Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha*. Hasil pengujian reliabilitas dengan menggunakan *software* SPSS adalah sebagai berikut.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Reliabilitas**

Variabel	Alpha	Keterangan
Cara Pelayanan	0,675	Reliabel
Jalur Birokrasi	0,608	Reliabel
Biaya Pengurusan	0,689	Reliabel
Informasi Pengurusan	0,605	Reliabel

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa nilai koefisien *Cronbach's Alpha* untuk semua variabel lebih dari 0,6. Hal ini menunjukkan bahwa kuesioner telah reliabel.

### 3.2.3. Pemodelan Regresi Logistik Ordinal

Selanjutnya akan dilakukan pemodelan tingkat kepuasan masyarakat terhadap proses pembuatan SIM dengan menggunakan model regresi logistik ordinal. Hasil estimasi parameter dengan menggunakan *software* SPSS disajikan sebagai berikut.

**Tabel 4. Hasil Estimasi Parameter Model**

Variabel	Koefisien	SE. Koefisien	P-Value	Odds Ratio
Respon [Y=0]	12,932	1,915	0,000	
[Y=1]	14,968	2,049	0,000	
[Y=2]	17,031	2,272	0,000	
Prediktor X <sub>1</sub>	0,477	0,167	<b>0,004</b>	1,611
X <sub>2</sub>	0,213	0,131	0,104	1,237
X <sub>3</sub>	0,327	0,158	<b>0,039</b>	1,386
X <sub>4</sub>	0,562	0,148	<b>0,000</b>	1,754

### 3.2.4. Uji Serentak

Pengujian secara serentak dilakukan untuk mengetahui apakah keseluruhan variabel bebas (prediktor) yang digunakan memiliki pengaruh terhadap variabel tak bebas (respon). Dalam pengujian serentak, uji signifikansi model yang dipakai adalah uji *likelihood ratio test*. Adapun hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0 ; J = 1, 2, \dots, 4 \text{ (tidak ada pengaruh sekumpulan variabel prediktor terhadap variabel respon)}$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; J = 1, 2, \dots, 4 \text{ (terdapat minimal satu variabel prediktor berpengaruh terhadap tingkat kepuasan masyarakat)}$$

Keputusan tolak  $H_0$  pada tingkat signifikan sebesar  $\alpha = 0,05$  jika statistik uji  $G > \chi^2_{(db,\alpha)}$  atau *p-value*  $< \alpha$ . Hasil Pengujian *likelihood ratio test* ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 5. Pengujian *likelihood ratio-test***

G	DF	P-value
188,000	4	0,000

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh informasi bahwa pengujian dengan *likelihood ratio test* menunjukkan nilai statistik Uji G sebesar 188,000 dan nilai *p-value* = 0,000 yang lebih kecil dari  $\alpha = 0,05$  artinya keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$ . Hal ini berarti terdapat satu atau lebih variabel bebas yang berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat kepuasan masyarakat. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian signifikansi parameter secara parsial.

### 3.2.5. Uji Parsial

Dari pengujian secara serentak diketahui bahwa terdapat satu atau lebih variabel bebas yang berpengaruh terhadap variabel respon. Oleh karena itu untuk mengidentifikasi variabel bebas apa saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon maka dilakukan pengujian parsial terhadap masing-masing variabel bebas. Dalam pengujian parsial, statistik uji yang digunakan adalah statistik uji Wald. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0 ; j = 1,2, \dots,4 \text{ (tidak ada pengaruh variabel prediktor yang di uji terhadap tingkat kepuasan masyarakat)}$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; j = 1,2, \dots,4 \text{ (terdapat pengaruh variabel prediktor yang di uji terhadap tingkat kepuasan masyarakat)}$$

Keputusan tolak  $H_0$  pada tingkat signifikan sebesar  $\alpha = 0,05$  jika statistik uji  $W > Z_{\alpha/2}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa terdapat satu variabel prediktor yang signifikan mempengaruhi tingkat kepuasan masyarakat dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% yaitu jalur birokrasi ( $X_2$ ), karena memiliki nilai  $p\text{-value}$  yang lebih kecil dari  $\alpha = 0,05$ . Dari pengujian secara parsial maka model regresi logistik yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$\text{Logit} ( Y_0 ) = 12,932 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_1 ) = 14,968 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_2 ) = 17,031 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

### 3.2.6. Uji Kesesuaian Model

Pengujian kesesuaian model ini bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan model yang dibentuk telah sesuai atau tidak. Adapun hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \text{Model sesuai}$$

$$H_1 : \text{Model tidak sesuai}$$

Keputusan tolak  $H_0$  jika statistik uji  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{(db,\alpha)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ . Tabel 6 (cek tabel sebelumnya) dibawah ini menunjukkan pengujian kesesuaian model menggunakan statistik uji *Deviance*.

**Tabel 6. Uji Kesesuaian Model**

<i>Goodness-of-Fit Tests</i>			
<i>Method</i>	<i>Chi-Square</i>	DF	P
<i>Deviance</i>	179,447	254	1,000

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh informasi bahwa nilai  $\chi^2_{hitung}$  sebesar 179,667 dan nilai  $p\text{-value}$  yakni 1,000 lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga keputusan yang diambil adalah terima  $H_0$  yang artinya model regresi logistik ordinal untuk tingkat kepuasan masyarakat yang dihasilkan sudah sesuai.

### 3.2.7. Interpretasi Model Regresi Logistik ordinal

Jika model regresi logistik ordinal telah diuji dan hasil modelnya baik dan signifikansinya nyata maka data tersebut dapat diinterpretasikan dengan menggunakan uji *odds ratio*.

**Tabel 7. Nilai Odds Ratio**

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
Cara Pelayanan	0,477	1,611
Jalur Birokrasi	0,213	1,237
Biaya Pengurusan	0,327	1,386
Informasi Pengurusan	0,562	1,754

- 1) *Odds ratio* Cara Pelayanan ( $X_1$ ):  $\psi = e^{0,477} = 1,61$ . Hal ini dapat diartikan bahwa peluang masyarakat merasa sangat puas pada cara pelayanan 1,61 kali dibanding dengan masyarakat yang merasa tidak puas.
- 2) *Odds ratio* Jalur Birokrasi ( $X_2$ ):  $\psi = e^{0,213} = 1,23$ . Hal ini dapat diartikan bahwa peluang masyarakat merasa sangat puas pada cara pelayanan 1,23 kali dibanding dengan masyarakat yang merasa tidak puas.
- 3) *Odds ratio* Biaya Pengurusan ( $X_3$ ):  $\psi = e^{0,327} = 1,38$ . Hal ini dapat diartikan bahwa peluang masyarakat merasa sangat puas pada cara pelayanan 1,38 kali dibanding dengan masyarakat yang merasa tidak puas.
- 4) *Odds ratio* Informasi Pengurusan ( $X_4$ ):  $\psi = e^{0,562} = 1,75$ . Hal ini dapat diartikan bahwa peluang masyarakat merasa sangat puas pada cara pelayanan 1,75 kali dibanding dengan masyarakat yang merasa tidak puas.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka kesimpulan dalam penelitian yaitu bahwa dengan menggunakan model regresi logistik ordinal yang melibatkan data 102 orang masyarakat yang mengurus SIM maka dari empat variabel bebas yang dianalisis terdapat satu variabel bebas yang signifikan mempengaruhi tingkat kepuasan masyarakat dalam pelayanan pembuatan SIM di Satlantas Polres Ambon. Variabel tersebut yaitu jalur birokrasi ( $X_2$ ). Sehingga model regresi logistik ordinal yang terbentuk untuk tingkat kepuasan masyarakat adalah sebagai berikut.

$$\text{Logit} ( Y_0 ) = 12,932 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_1 ) = 14,968 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

$$\text{Logit} ( Y_2 ) = 17,031 + 0,477 X_1 + 0,327 X_3 + 0,562 X_4$$

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Agresti, *Categorical Data Analysis*, New York: John Wiley & Sons. Inc, 1990.
- [2] A. Agresti, *Categorical Data Analysis*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [3] A. Lisna and H. R. V., “Analisa Tingkat Kepuasan Masyarakat Dalam Pelayanan Pembuatan Surat Izin Mengemudi di Satlantas Polres Tapanuli dengan Regresi Logistik,” *Jurnal Saintia Matematika*, pp. 435-444, 2013.
- [4] A. Widarjono, *Ordinal Logistik Regression*, New York: Wiley & Sons, 2010.
- [5] D. L. S. Hosmer, *Applied Logistic Regression*, Second Ed, Singapura: John Wiley & Sons. Inc, 2000.
- [6] D. W. Hosmer and S. Lemeshow, *Applied Logistic Regression*, First Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [7] D. Kleinbaum and M. Klein, *Logistic Regression*, New York: Springer-Verlag, 2002.
- [8] F. Tjiptono, *Perspektif Manajemen dan Pemasaran*, Yogyakarta: Andy offset, 1996.
- [9] M. Albana, “Aplikasi Regresi Logistik Ordinal Untuk Menganalisa Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa Terhadap Pelayanan di Stasiun Jakarta Kota,” Universitas Pakuan, Bogor, 2013.



## APLIKASI METODE FUZZY C-MEANS UNTUK MENENTUKAN TINGKAT PENGANGGURAN

Dorteus L. Rahakbauw<sup>1</sup>, Lexy J. Sinay<sup>2</sup>, Vilomina Enus<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Pattimura*  
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon  
e-mail:<sup>1</sup>lodewyik@gmail.com; <sup>2</sup>lj.sinay@staff.unpatti.ac.id

---

### Abstrak

Pada penelitian ini Algoritma Fuzzy C-Means digunakan untuk menentukan tingkat pengangguran pada 11 kabupaten di Provinsi Maluku. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jumlah Penduduk, Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), Jumlah Angkatan Kerja, Penduduk Usia 15 Tahun ke Atas, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) dengan 11 kabupaten yaitu kabupaten Maluku Tenggara Barat (MTB), Maluku Tenggara (MTr), Maluku Tengah (MTh), Buru (B), Kepulauan Aru (KA), Seram Bagian Barat (SBB), Seram Bagian Timur (SBT), Maluku Barat Daya (MBD), Buru Selatan (BS), Ambon (A), Tual (T). Hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan pengelompokan cluster dengan (Kota, Derajat Keanggotaan) adalah Cluster I : (MTB ; 0,9768), (MTr ; 0,8175), (B ; 0,9982), (SBB ; 0,7808), (SBT ; 0,8483), Cluster II : (KA ; 0,6426), (MBD ; 0,9946), (BS ; 0,9587), (T ; 0,9900) dan Cluster III : (MTh ; 0,9986), (A ; 0,9986). Cluster I merupakan kabupaten – kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat rendah, Cluster II merupakan kabupaten – kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat sedang, dan cluster III kabupaten – kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat tinggi.

**Kata Kunci:** Pengklasteran , Fuzzy C - Means, Pengangguran.

## APPLICATION OF FUZZY METHOD C-MEANS CLUSTERING TO DETERMINE THE JOBLESSNESS RATE

### Abstract

In this research, the Algorithm of Fuzzy C-Means clustering is used to determine the level of Joblessness in 11 districts in Maluku Province. The variables used in this study is the number of population, the labor force participation rate (LFPR), the number of the labor force, the population aged 15 years and over, the rate of open Joblessness (TPT) with 11 districts, namely districts South East West Moluccas (MTB), South East Moluccas (MTr), Center Moluccas (MTh), Buru (B), Aru Islands (KA), West Seram (SBB), East Seram (SBT), Southwest Moluccas (MBD), Buru South (BS), Ambon (A), Tual (T). The results obtained based on the grouping of the cluster with (the City, the Degree of Membership) is the Cluster I : (MTB ; 0,9768), (MTr ; 0,8175), (B ; 0,9982), (SBB ; 0,7808), (SBT ; 0,8483), Cluster II : (KA ; 0,6426), (MBD ; 0,9946), (BS ; 0,9587), (T ; 0,9900) and Cluster III : (MTh ; 0,9986), (A ; 0,9986). Cluster I is the districts included in the joblessness rate is low, cluster II is one of the districts included in the joblessness rate was, and cluster III districts are included in the joblessness level high.

**Keywords:** *Clustering , Fuzzy C-Means, Joblessness*

---

### 1. Pendahuluan

Dalam ekonomi kapitalisme modern masalah utama dalam ekonomi nasional adalah adanya pengangguran. Pengangguran merupakan masalah yang sangat umum di hadapi oleh Negara berkembang dimana orang yang menganggur didefinisikan sebagai orang yang tidak bekerja, dan secara aktif mencari pekerjaan. Pengangguran adalah mereka yang berusia kerja yang sedang tidak bekerja dan tidak mencari pekerjaan Masalah ini muncul karena perekonomian tidak mencapai kondisi kesempatan kerja penuh sehingga dari sekelompok orang yang tidak dapat bekerja walaupun mereka sangat menginginkan pekerjaan tersebut. Kesempatan untuk bekerja tersebut hilang karena perusahaan, organisasi pemerintahan dan badan usaha lain sudah cukup mempekerjakan karyawannya untuk menghasilkan produk barang dan jasa . Hal ini

mengakibatkan adanya sekelompok orang yang harus menerima kenyataan tidak dapat bekerja dalam system ekonomi tersebut.

Sebab umum yang mempengaruhi pengangguran adalah: Angkatan kerja yang terus meningkat dan pertumbuhan kesempatan kerja yang tidak seimbang. Angkatan kerja yang mencari kerja tidak memenuhi persyaratan yang diminta oleh dunia usaha. Tingkat investasi yang rendah. Sebab khusus yang mempengaruhi pengangguran adalah: Tidak adanya lowongan pekerjaan. Tidak memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan. Tenaga kerja merupakan faktor yang sangat krusial bagi pembangunan ekonomi di setiap negara. Tujuan peningkatan penyerapan tenaga kerja sering menjadi prioritas dalam pembangunan suatu negara. Ketenagakerjaan Tenaga kerja merupakan penduduk yang berada dalam usia kerja. Penduduk tergolong tenaga kerja jika penduduk tersebut telah memasuki usia kerja. Batas usia kerja yang berlaku di Indonesia adalah berumur 15 tahun - 64 tahun. Tenaga kerja merupakan salah satu faktor produksi yang penting setiap negara.

## 2. Tinjauan Pustaka

*Fuzzy C-Means cluster* pertama kali dikemukakan oleh Dunn (1973) dan kemudian dikembangkan oleh Bezdek (1981) yang banyak digunakan dalam *pattern recognition*. Pengelompokan data dengan metode ini sebelumnya sudah dibuat dan digunakan, namun dengan aplikasi yang berbeda bahkan menggunakan program yang dapat mempermudah. Beberapa yang pernah dibuat adalah : Muhammad Faisal Mirza (2013) Judul penelitian ini adalah Metode Clustering dengan Algoritma Fuzzy C-Means untuk Rekomendasi pemilihan bidang keahlian pada program studi teknik informatika. Dalam penelitian ini Algoritma Fuzzy C - Means untuk rekomendasi penjurusan dapat diterapkan dengan manfaat penentu mahasiswa masuk kelompok mana dan setiap kelompok di identifikasikan sebagai jurusan apa. Ubai Fadilah (2011) Judul penelitian ini adalah Analisis penyandang masalah kesejahteraan social di Indonesia menggunakan metode Fuzzy C-Means clustering dan biplot. Dalam penelitian ini Fuzzy C-Means pengclusteran digunakan untuk mengelompokkan data kedalam cluster tertentu sedangkan biplot untuk memberikan penerangan kedalam plot. Widiyari Sedyono (2006) Judul penelitian ini adalah Penentuan Lokasi Fasilitas Gudang menggunakan Fuzzy C – Means (FCM). Dalam penelitian ini perangkat lunak yang telah di buat dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah ini dengan menggunakan metode Fuzzy C-Means adalah dengan menentukan pusat cluster pada lokasi fasilitas

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Data Input

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang di ambil di kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku dari tahun 2008-2015 . Dalam penelitian ini variabel yang digunakan untuk Menentukan tingkat pengangguran pada 11 kabupaten di provinsi Maluku menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* adalah sebagai berikut :

1.  $x_{i1}$  : Rata-rata Jumlah penduduk
2.  $x_{i2}$  : Rata-rata Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)
3.  $x_{i3}$  : Rata-rata Jumlah Angkatan Kerja
4.  $x_{i4}$  : Rata-rata Penduduk usia 15 tahun ke atas
5.  $x_{i5}$  : Rata-rata Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)

### 3.2. Hasil Pengclusteran

Bab ini memuat tentang analisis data dan hasil pengklasteran menggunakan metode Fuzzy C-Means dengan menggunakan Microsoft Excel. Data yang digunakan dalam penelitian ini, diambil dari kantor BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Maluku, datanya dapat dilihat pada lampiran 1. Untuk membagi 11 Kabupaten menjadi 3 kelompok, menggunakan beberapa variabel, yaitu:

1. Jumlah Penduduk  
Jumlah penduduk adalah banyaknya orang yang mendiami suatu wilayah negara. Penduduk suatu negara dapat dibagi dalam dua kelompok, yakni kelompok penduduk usia kerja (tenaga kerja) dan kelompok penduduk bukan usia kerja.
2. Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)  
TPAK adalah penduduk yang berusia > 15 tahun yang berpartisipasi dalam kegiatan ekonomi



3. Angkatan Kerja  
Angkatan Kerja adalah penduduk yang bekerja atau tidak bekerja (pengangguran)
4. Penduduk Usia > 15 tahun  
Penduduk yang berusia > 15 tahun adalah tenaga kerja yang merupakan angkatan kerja dan bukan angkatan kerja
5. Pengangguran Terbuka  
Pengangguran Terbuka adalah :
  - Penduduk yang tidak punya pekerjaan dan mencari pekerjaan
  - Penduduk yang tidak punya pekerjaan dan menyiapkan usaha
  - Penduduk yang tidak punya pekerjaan dan tidak mencari pekerjaan
  - Penduduk yang punya pekerjaan tetapi belum mulai bekerja

Langkah awal dari proses pengklasteran ini adalah menentukan parameter awal yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan algoritma Fuzzy C- Means. Parameter-parameter tersebut adalah

- |   |             |
|---|-------------|
| a. Jumlah cluster (c)                       | = 3         |
| b. Pangkat (w)                              | = 2         |
| c. Maksimum iterasi (MaxIter)               | = 100       |
| d. Error terkecil yang diharapkan ( $\xi$ ) | = $10^{-3}$ |
| e. Fungsi objektif awal ( $P_0$ )           | = 0         |

Langkah pertama adalah memulai perhitungan dengan terlebih dahulu membangkitkan bilangan random sebagai matriks partisi awal.

Matriks partisi awal U yang terbentuk (secara random) adalah sebagai berikut:

$$U = \begin{bmatrix} 0.0239 & 0.9445 & 0.0316 \\ 0.2307 & 0.1330 & 0.6362 \\ 0.1578 & 0.1088 & 0.7334 \\ 0.1684 & 0.2020 & 0.6296 \\ 0.3704 & 0.1568 & 0.4728 \\ 0.9467 & 0.0226 & 0.0306 \\ 0.8924 & 0.0397 & 0.0678 \\ 0.0684 & 0.0532 & 0.8784 \\ 0.0449 & 0.9171 & 0.0381 \\ 0.2556 & 0.2290 & 0.5154 \\ 0.2328 & 0.0625 & 0.7046 \end{bmatrix}$$

Langkah kedua adalah menentukan pusat cluster  $V_{kj}$  dengan  $k = 1,2,3$ ; dan  $j = 1,2,3,4,5$  pada setiap iterasi, pada iterasi ke-1, diperoleh pusat cluster sebagai berikut :

$$V_{kj} = \begin{bmatrix} 109,819.03 & 53.60 & 45,835.80 & 68,686.97 & 6.88 \\ 72,751.21 & 48.95 & 32,891.73 & 47,614.52 & 4.76 \\ 123,771.69 & 48.72 & 49,698.45 & 78,415.76 & 6.10 \end{bmatrix}$$

Langkah ketiga adalah menghitung fungsi objektif. Perhitungan fungsi Objektifnya pada iterasi ke-1, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2 dan di peroleh

$$P_1 = 62,725,531,584.6956$$

Langkah keempat yaitu, hitung perubahan matriks partisi. Perbaikan Matriks partisi U selengkapnya disajikan dalam lampiran 2. Perhitungan derajat keanggotaan baru yang terhimpun dalam matriks partisi seperti terlihat pada tabel pada lampiran 2. Pengalihan setiap kolom pada tabel dengan  $10^{-9}$  hanya ditujukan untuk memperkecil nilai, karena hasil L1, L2, L3, L4, dan L5 yang sangat besar. Diperoleh Matriks Partisi U atau derajat keanggotaan yang baru sebagai berikut:

$$U = \begin{bmatrix} 0.3526 & 0.5121 & 0.1353 \\ 0.0401 & 0.9412 & 0.0187 \\ 0.3481 & 0.2446 & 0.4072 \\ 0.4922 & 0.3572 & 0.1506 \\ 0.0208 & 0.9676 & 0.0116 \\ 0.1421 & 0.0197 & 0.8382 \\ 0.0592 & 0.9134 & 0.0274 \\ 0.1192 & 0.8038 & 0.0769 \\ 0.1766 & 0.7002 & 0.1232 \\ 0.3483 & 0.2416 & 0.4101 \\ 0.1502 & 0.7484 & 0.1014 \end{bmatrix}$$

Langkah kelima cek kondisi berhenti.

Karena  $|P_1 - P_0| = |62,725,531,584.6956 - 0| = 62,725,531,584.6956 \gg \xi = 10^{-3}$  maka harus dilanjutkan keiterasi ke-2.

Pada iterasi ke-2, langkah pertama yaitu memulai perhitungan dengan terlebih dahulu menjadikan perubahan matriks pada iterasi ke-2 sebagai matriks partisi awal.

Langkah kedua, dengan menggunakan matrik spartisi U yang baru, dihitung kembali 3 pusat cluster  $V_{kj}$  dengan  $k = 1,2,3$ ; dan  $j = 1,2,3,4,5$  sebagai berikut:

$$V_{kj} = \begin{bmatrix} 153,846.00 & 51.27 & 65,418.47 & 103,624.47 & 7.07 \\ 72,864.66 & 50.30 & 30,172.69 & 44,926.18 & 5.11 \\ 174,653.82 & 52.46 & 72,044.80 & 109,584.72 & 7.84 \end{bmatrix}$$

Langkah ketiga yaitu menghitung fungsi objektif. Perhitungan fungsi Objektifnya pada iterasi ke-2, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3 dan di peroleh  $P_2 = 32,127,750,076.9494$

Langkah keempat yaitu, hitung perubahan matriks partisi. Perbaikan Matriks Partisi U selengkapnya disajikan dalam lampiran 3. Perhitungan derajat keanggotaan baru yang terhimpun dalam matriks partisi dapat dilihat pada lampiran 3. Pengalihan setiap kolom pada tabel dengan  $10^{-9}$  hanya ditujukan untuk memperkecil nilai, karena hasil L1, L2, L3, L4, dan L5 yang sangat besar. Diperoleh Matriks Partisi U atau derajat keanggotaan yang baru sebagai berikut:

$$U = \begin{bmatrix} 0.0810 & 0.8682 & 0.0507 \\ 0.0102 & 0.9830 & 0.0068 \\ 0.3712 & 0.1419 & 0.4869 \\ 0.1003 & 0.8382 & 0.0615 \\ 0.0019 & 0.9968 & 0.0013 \\ 0.6117 & 0.1430 & 0.2453 \\ 0.0141 & 0.9766 & 0.0093 \\ 0.0330 & 0.9427 & 0.0243 \\ 0.0692 & 0.8781 & 0.0528 \\ 0.3716 & 0.1355 & 0.4929 \\ 0.0514 & 0.9100 & 0.0386 \end{bmatrix}$$

Langkah kelima yaitu cek kondisi berhenti,

karena  $|P_2 - P_1| = |32,127,750,076.9494 - 62,725,531,584.6956| = 29,597,781,507.7461 \gg \xi = 10^{-3}$  maka harus dilanjutkan ke iterasi ke-3.

Demikian seterusnya hingga  $|P_t - P_{t-1}| < \xi = 10^{-3}$ . Untuk kasus ini, proses baru akan berhenti setelah iterasi ke-42. Pada iterasi ke -42, dihitung kembali 3 pusat cluster  $V_{kj}$  dengan  $k = 1,2,3$ ; dan  $j = 1,2,3,4,5$  sebagai berikut:

$$V_{kj} = \begin{bmatrix} 90,557.34 & 54.69 & 41,918.48 & 60,366.56 & 5.72 \\ 53,639.21 & 44.76 & 19,145.52 & 28,458.06 & 4.68 \\ 286,526.92 & 48.07 & 114,132.36 & 191,123.48 & 10.45 \end{bmatrix}$$

Informasi yang dapat diperoleh dari ketiga pusat cluster diatas adalah:

Pada Provinsi Maluku, Tingkat pengangguran dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok:

1. Kelompok pertama (Pengangguran tingkat rendah), berisi kabupaten-kabupaten yang memiliki jumlah penduduk sekitar 90,557.34 jiwa; memiliki tingkat partisipasi angkatan kerja sekitar 54.69%; memiliki Jumlah angkatan kerja sekitar 41,918.48 orang; memiliki jumlah penduduk yang berusia > 15 tahun sekitar 60,366.56 orang; dan memiliki tingkat pengangguran terbuka sekitar 5.72%.
2. Kelompok kedua (Pengangguran tingkat sedang), berisi kabupaten-kabupaten yang memiliki jumlah penduduk sekitar 53,639.21 jiwa; memiliki tingkat partisipasi angkatan kerja sekitar 44.76%; memiliki Jumlah angkatan kerja sekitar 19,145.52 orang; memiliki jumlah penduduk yang berusia > 15 tahun sekitar 28,458.06 orang; dan memiliki tingkat pengangguran terbuka sekitar 4.68%.
3. Kelompok ketiga (Pengangguran tingkat tinggi), berisi kabupaten-kabupaten yang memiliki jumlah penduduk sekitar 286,526.92 jiwa; memiliki tingkat partisipasi angkatan kerja sekitar 48.07%; memiliki Jumlah angkatan kerja sekitar 114,132.36 orang; memiliki jumlah penduduk yang berusia > 15 tahun sekitar 191,123.48 orang; dan memiliki tingkat pengangguran terbuka sekitar 10.45%.

Beberapa hal penting yang diperoleh dalam proses pengklasteran ini adalah nilai fungsi obyektif selama iterasi, pusat cluster serta derajat keanggotaan setiap cluster pada iterasi terakhir.

Proses perhitungan fungsi objektif dapat dilihat pada lampiran 2 sampai lampiran 43, berikut ini hanya tabel nilai fungsi objektif dari 42 iterasi:

**Tabel 1. Nilai Fungsi Objektif dari 42 Iterasi**

Iterasi ke-	Nilai Fungsi Objektif
1	62,725,531,584.6956
2	32,127,750,076.9494
3	10,686,839,517.7767
4	6,518,573,826.3522
5	4,180,644,477.1363
6	4,000,149,126.8185
7	3,885,562,448.4606
8	3,772,024,525.4177
9	3,634,874,744.0891
10	3,466,377,907.6328
⋮	⋮
40	2,949,480,028.3424
41	2,949,480,028.3422
42	2,949,480,028.3422

Pada iterasi ke- 42, diperoleh Matriks Partisi U atau derajat keanggotaan yang baru sebagai berikut:

**Tabel 2. Derajat Keanggotaan pada Iterasi ke- 42**

$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	$\mu_{i3}$
0.9768	0.0222	0.0010
0.8175	0.1790	0.0035
0.0008	0.0006	0.9986
0.9982	0.0017	0.0001
0.3530	0.6426	0.0044
0.7807	0.1756	0.0437
0.8483	0.1485	0.0032
0.0053	0.9946	0.0002
0.0395	0.9587	0.0018
0.0008	0.0006	0.9986
0.0096	0.9900	0.0004

Dari derajat keanggotaan pada iterasi terakhir tersebut dapat diperoleh informasi mengenai kecenderungan untuk setiap observasi masuk ke cluster mana. Derajat keanggotaan terbesar menunjukkan bahwa kecenderungan tertinggi observasi untuk masuk mejadi anggota cluster tertentu. Kecenderungan cluster secara keseluruhan dapat dilihat dalam tabel 3:

**Tabel 3. Kecenderungan Cluster**

Nama Kabupaten	Derajat keanggotaan pada cluster ke-			Data cenderung masuk cluster ke-		
	1	2	3	1	2	3
Maluku Tenggara Barat	0.9768	0.0222	0.0010	*		
Maluku Tenggara	0.8175	0.1790	0.0035	*		
Maluku Tengah	0.0008	0.0006	0.9986			*
Buru	0.9982	0.0017	0.0001	*		
Kepulauan Aru	0.3530	0.6426	0.0044		*	
Seram Bagian Barat	0.7807	0.1756	0.0437	*		
Seram Bagian Timur	0.8483	0.1485	0.0032	*		
Maluku Barat Daya	0.0053	0.9946	0.0002		*	
Buru Selatan	0.0395	0.9587	0.0018		*	
Ambon	0.0008	0.0006	0.9986			*
Tual	0.0096	0.9900	0.0004		*	

Informasi yang dapat diperoleh dari tabel kecendurungan cluster di atas adalah :

1. Kelompok pertama (Pengangguran tingkat rendah) yaitu kabupaten Maluku Tenggara Barat, Kabupaten Maluku Tenggara, Kabupaten Kepulauan Buru, Kabupaten Seram Bagian Barat, Kabupaten Seram Bagian Timur
2. Kelompok kedua (pengangguran tingkat sedang) yaitu kabupaten kepulauan Aru, Kabupaten Maluku Barat Daya, Kabupaten Buru Selatan, Kabupaten Kota Tual
3. Kelompok ketiga (pengangguran tingkat tinggi) yaitu Kabupaten Maluku Tengah dan Kabupaten Kota Ambon

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini berdasarkan pengelompokan cluster dengan (Kota, Derajat Keanggotaan) adalah Cluster I : (MTB ; 0,9768), (MTr ; 0,8175), (B ; 0,9982), (SBB ; 0,7808), (SBT ; 0,8483), Cluster II : (KA ; 0,6426), (MBD ; 0,9946), (BS ; 0,9587), (T ; 0,9900) dan Cluster III : (MTh ; 0,9986), (A ; 0,9986). Cluster I merupakan kabupaten-kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat rendah, Cluster II merupakan kabupaten-kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat sedang, dan cluster III kabupaten-kabupaten yang termasuk dalam pengangguran tingkat tinggi.

#### Daftar Pustaka

- [1] D. S. Kusuma, H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan.*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- [2] E. Turban, R. Sharda, and D. Delen, *Prentice – hall decision Support and Bussines Intelligence System. 8<sup>th</sup>*, Prentice – Hall International Inc, New Jersey, 2007.
- [3] E. Sedyono, I. R. Widiyari, & Milasari, Penentuan Lokasi Fasilitas Gudang menggunakan Fuzzy C – Means (FCM), *Jurnal Informatika, Vol.2, No. 2*, Desember 2006:155 – 166, 2006.
- [4] Mirza, M. Faisal, *Metode Clustering dengan Algoritma Fuzzy C-Means untuk Rekomendasi Pemilihan Bidang Keahlian Pada Program Studi Teknik Informatika*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, 2013.
- [5] Rerenie's Blog, [2013]. *Pengangguran, Inflasi Dan Kebijakan Pemerintah.* (online) (<https://www.rerenie.wordpress.com/pengangguran-inflasi-dan-kebijakan-pemerintah>) diakses tanggal 17 Mei pukul 19.00 WIT.
- [6] U. Fadilah, *Analisis Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial di Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means Clustering dan Biplot*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2011.
- [7] Ulfah, A. Noviciatie, *Analisis Kinerja algoritma Fuzzy C-Means pada data Kemiskinan*. Jatisi. Yogyakarta, 2015.

## PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA AMBON MENGGUNAKAN METODE HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING

L. J. Sinay<sup>1</sup>, Th. Pentury<sup>2</sup>, D. Anakotta<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>lj.sinay@staff.unpatti.ac.id

---

### Abstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan curah hujan bulanan di Kota Ambon menggunakan metode Holt-Winter Exponential Smoothing. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan pada periode Januari 2005 – Desember 2016. Data tersebut merupakan hasil pengamatan Stasiun Meteorologi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Ambon. Hasil analisis data menyatakan bahwa curah hujan bulanan di Kota Ambon mengandung pola musiman. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa model Holt-Winter berdasarkan metode musiman perkalian merupakan model yang sesuai untuk meramalkan data curah hujan bulanan di Kota Ambon karena memiliki nilai SSE/RMSE yang kecil. Peramalan menggunakan model Holt-Winter menunjukkan bahwa curah hujan di Kota Ambon mengalami peningkatan pada tahun ke depan.

**Kata Kunci :** Curah hujan, *Holt-Winters Exponential Smoothing*, Kota Ambon, Musiman, RMSE, SSE.

## RAINFALL FORECASTING IN AMBON CITY USING HOLT-WINTER EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD

### Abstract.

This study aims to predict monthly rainfall in Ambon City using Holt-Winter Exponential Smoothing method. The study used monthly rainfall data in the period January 2005 - December 2016. This data came from observation of Meteorology Station, Meteorology Climatology and Geophysics Agency Ambon. The data had the seasonal pattern. The result of this study is Holt-Winter model based on multiplicative seasonal method, as the best model for predicting monthly rainfall in Ambon City, which had the smallest values of SSE/RMSE. Forecasting result shows that rainfall in Ambon City has increased in the next years.

**Keywords :** *Rainfall, Holt-Winters Exponential Smoothing, Ambon City, Seasonal, RMSE/SSE.*

---

### 1. Pendahuluan

Iklim di Kota Ambon diklasifikasikan sebagai iklim dengan ciri khas rata-rata bulan kering (curah hujan yang terjadi kurang dari 60 mm) yaitu 1,67 bulan dan bulan basah kering (curah hujan yang lebih dari 100 mm) yaitu 9,58 bulan dengan nilai  $Q$  sebesar 17,4% [1]. Kondisi ini berfluktuasi yakni dapat berubah-ubah secara acak dalam jangka waktu tertentu sehingga sulit untuk memprediksi cuaca secara tepat [2] [3]. Oleh karena itu, informasi cuaca yang akurat berdasarkan suatu kajian ilmiah sangat penting dan dapat dijadikan sebagai referensi. Informasi tersebut dapat berupa perkiraan curah hujan baik dalam jangka waktu yang pendek maupun dalam jangka waktu yang panjang. Peramalan tentang jumlah curah hujan merupakan informasi yang sangat penting, karena dapat digunakan sebagai acuan dalam merencanakan beberapa sektor seperti produksi pertanian, perkebunan, perikanan, penerbangan, *public service*, dan sebagainya. Selain itu, informasi tersebut bermanfaat sebagai deteksi dini terhadap bencana yang dapat terjadi akibat curah hujan ekstrim.

Dalam beberapa tahun terakhir, Kota Ambon mengalami kondisi cuaca yang cenderung tidak menentu dan sulit untuk diperkirakan. Oleh karena itu, perlu adanya informasi yang jelas mengenai jumlah curah hujan dan waktu/periode terjadinya hujan. Kontribusi berupa laporan perkiraan cuaca kepada masyarakat di Kota Ambon sangat penting. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk meramalkan

jumlah curah hujan dan periode curah hujan tersebut menggunakan metode Holt-Winter. Penggunaan metode Holt-Winter pada penelitian ini, dikarenakan data yang digunakan adalah data *time series* (runtun waktu) dengan variabel tunggal. Jadi penelitian ini hanya menganalisis jumlah curah hujan berdasarkan data histori curah hujan bulanan yang terjadi di Kota Ambon.

## 2. Tinjauan Pustaka

Analisis tentang curah hujan di Kota Ambon pernah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan data hasil observasi pada dua lokasi yang berbeda, yakni lokasi yang diobservasi oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Ambon pada Stasiun Geofisika dan Stasiun Meteorologi. Beberapa publikasi hasil penelitian berdasarkan data yang diobservasi oleh Stasiun Geofisika BMKG Ambon adalah *Rainfall and Number of Rainy Days Prediction in Ambon Island Using Vector Autoregression Model* oleh Sinay & Aulele pada tahun 2015 [4]. Kemudian pada tahun 2017, Kafara et. al menggunakan data yang sama dengan [4] dan melakukan peramalan curah hujan bulanan di Kota Ambon menggunakan model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) [3]. Sedangkan penelitian lainnya yang menggunakan data observasi Stasiun Meteorologi BMKG Ambon adalah Analisis Model Curah Hujan Di Kota Ambon menggunakan Metode Box – Jenkins dilakukan oleh Sinay et. al pada tahun 2016 [2]. Penelitian ini menggunakan data hasil observasi Stasiun Meteorologi BMKG Ambon, namun periode data dan metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian [2].

### 2.1 Pemodelan Data Runtun Waktu

Data runtun waktu adalah data yang dikumpulkan, dicatat, atau diobservasi berdasarkan urutan waktu baik itu secara harian, mingguan, bulanan, kuartalan, semesteran, tahunan, dan sebagainya. Tujuan analisis runtun waktu secara umum adalah untuk menemukan dan mempelajari bentuk atau pola variasi dari data di masa lampau dan untuk melakukan peramalan di masa yang akan datang berdasarkan sifat-sifat data tersebut. Data yang bersifat stasioner menjadi prioritas dalam analisis runtun waktu, karena sifat-sifat masa lalu dari data yang tidak berubah oleh perubahan waktu sangat berguna dan mempermudah untuk meramalkan sifat-sifat data yang akan datang.

### 2.2 Dekomposisi dan Seasonal Adjustment

Untuk tujuan peramalan, data runtun waktu sering didekomposisikan ke dalam empat komponen utama, yaitu :

1. *Trend*, yang ditandai dengan adanya bentuk penurunan atau kenaikan data dalam perubahan waktu.
2. Musiman (*seasonal*), pada plot data menurut waktu terlihat adanya fluktuasi berulang (dan beraturan) dalam suatu kurun waktu tertentu.
3. Siklikal (*cyclical*) atau pola siklus, umumnya periode waktu relatif lebih panjang dibandingkan musiman.
4. Komponen tak beraturan (*irregular*) berupa pola acak.

### 2.3 Pemodelan Komponen Trend

Bentuk trend dari data time series dapat dimodelkan dengan berbagai cara, seperti menggunakan model yang bersifat deterministik, yaitu:

1. Dengan menggunakan model *linear filtering*
2. Regresi Trend dari waktu

### 2.4 Exponential Smoothing

Metode yang sering digunakan untuk peramalan data runtun waktu adalah metode *exponential smoothing* (penghalusan eksponensial). Teknik prediksi satu satuan waktu ke depan yakni  $t + 1$ , dimana data masa lampau yang diketahui adalah  $X_t$ , maka dapat menggunakan rata-rata terbobot dari data pada masa lampau tersebut, dan dirumuskan seperti persamaan berikut ini.

$$S_{t+i} = \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i X_{t-i}$$

Pada metode *exponential smoothing*, nilai  $\beta_i$  diberikan sebagai bobot geometrik, seperti berikut:

$$\beta_i = \alpha(1 - \alpha)^i, 0 < \alpha < 1.$$

## 2.5 Metode Holt-Winter Exponential Smoothing

Model Holt-Winter ini terbagi menjadi dua [5] [6], yakni:

1. Model *Multiplicative Seasonal*

$$X_t = (\beta_1 + \beta_2 t)S_t + \varepsilon_t$$

2. Model *Additive Seasonal*

$$X_t = \beta_1 + \beta_2 t + S_t + \varepsilon_t$$

## 2.6 Analisis Keakuratan Model

Beberapa ukuran kebaikan model yang sering digunakan dalam analisis *time series* yaitu pendekatan *Mean Square Error* (MSE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (X_i - \hat{X}_i), \quad RMSE = \sqrt{MSE}, \quad m < n$$

Model yang memiliki nilai MSE/RMSE terkecil merupakan model yang baik untuk peramalan.

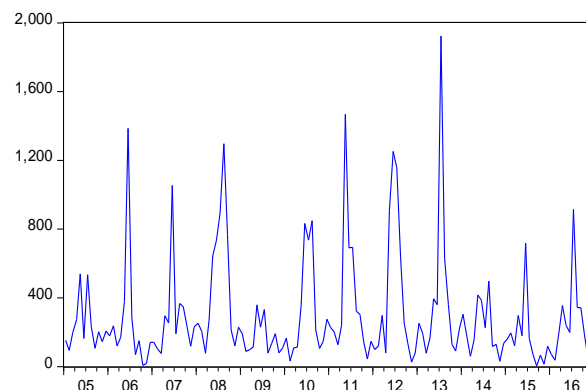
## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu kajian ilmiah terhadap kasus curah hujan di Kota Ambon. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder hasil pengamatan Stasiun Meteorologi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) klas II Pattimura Ambon. Data tersebut berupa data curah hujan bulanan periode Januari 2005 – Desember 2016. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Holt-Winter Exponential Smoothing*.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Karakteristik Curah Hujan Di Kota Ambon

Data curah hujan Kota Ambon yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengamatan selama 12 tahun dengan jumlah observasi 144 bulan. Secara visual, curah hujan bulanan di Kota Ambon untuk periode Januari 2005 – Desember 2016 disajikan dalam bentuk diagram garis (*line plot*) pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1. Grafik Curah Hujan Bulanan Di Kota Ambon Periode Januari 2005 – Desember 2016**

Berdasarkan Gambar 1, pola curah hujan bulanan di Kota Ambon sangat bervariasi. Curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2013, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2015. Pola curah hujan bulanan yang diperlihatkan pada Gambar 1, mengalami fluktuasi setiap tahun dengan kecenderungan curah hujan tinggi terjadi pada pertengahan tahun yakni bulan Mei sampai dengan bulan Agustus.

Sedangkan pada bulan-bulan lainnya curah hujan cenderung lebih rendah. Hal ini cenderung berulang setiap tahun, sehingga mengindikasikan bahwa terdapat pola musiman pada data curah hujan di Kota Ambon. Pada Gambar 1, terlihat bahwa data curah hujan selama 12 tahun sangat bervariasi setiap tahun dan terjadi kenaikan ataupun penurunan secara signifikan pada kejadian hujan bulanan di Kota Ambon setiap tahun. Kejadian hujan di Kota Ambon berdasarkan pengamatan setiap bulan mengindikasikan bahwa ada pola trend yang terbentuk di beberapa tahun, dan tahun-tahun lainnya mengalami fluktuasi. Dengan demikian indikasi pola trend yang terbentuk pada data curah hujan sangat lemah.

**Tabel 1. Deskripsi Statistik Data Curah Hujan Kota Ambon  
Periode Januari 2005 – Desember 2016**

Curah hujan maksimum	1923
Curah hujan minimum	3
Curah hujan rata-rata	300,70
Deviasi baku	319,08
Uji Normalitas:	
Statistik uji Jarque-Bera ( <i>JB</i> )	379,55
( <i>p value</i> )	(0,00)

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa rata-rata curah hujan bulanan di Kota Ambon periode Januari 2005 – Desember 2016 adalah 300,70 dengan standar deviasi sebesar 319,08. Hal ini mengindikasikan bahwa curah hujan bulanan di Kota Ambon dalam sebelas tahun terakhir memiliki variasi yang relatif tinggi. Curah hujan tertinggi di Kota Ambon terjadi pada bulan Juli 2013 dengan jumlah curah hujan adalah 1923 mm, dan curah hujan terendah adalah 3 mm pada bulan September 2015. Secara keseluruhan, data curah hujan bulanan di Kota Ambon tidak berdistribusi normal pada taraf kepercayaan 95%, karena *p value* adalah 0,00 lebih kecil dari taraf nyata  $\alpha = 0,05$ .

**Tabel 2. Deskripsi Statistik Curah Hujan Setiap Bulan di Kota Ambon  
Periode Januari 2005 – Desember 2016**

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
<b>Mean</b>	183,1	140,8	130	211,1	511,3	667,2	671	449,8	258,6	145,3	72,5	167,8
<b>Maks</b>	305	237	298	355	1468	1386	1923	1297	769	232	146	276
<b>Min</b>	70	32	60	80	180	164	164	70	3	7	14	79

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa rata-rata curah hujan pada bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus di atas 450 mm, sedangkan pada bulan-bulan lain curah hujan lebih kecil dari 300 mm. Ini mengindikasikan bahwa curah hujan di Kota Ambon pada bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus cenderung lebih tinggi, yakni masuk kategori lebat dan sangat lebat. Sementara itu, pada beberapa bulan yang lain cenderung rendah dan sedang. Hal ini mempertegas penjelasan sebelumnya, bahwa curah hujan di Kota Ambon mengalami pola musiman, meskipun intensitas hujan tahunan mengalami fluktuasi (jumlah curah hujan tidak sama setiap tahunnya).

## 4.2. Analisis Penghalusan Ekponensial Menggunakan Metode Holt-Winter

### 4.2.1. Model Holt-Winter Non Musiman

Pada bagian ini akan diberikan model Holt-Winter non musiman yang merupakan suatu model regresi linier sederhana dengan variabel bebas adalah waktu. Model Holt-Winter non musiman yang didasarkan atas nilai-nilai parameter optimal adalah

$$X_{t+t'} = 123,6548 + 1,041667t'$$

dimana  $X_{t+t'}$  adalah nilai ramalan curah hujan di Kota Ambon pada periode (bulan) ke  $t + t'$ . Untuk peramalan, umumnya  $t$  menunjukkan periode terakhir dari data yang digunakan. Dalam penelitian ini  $t$



adalah bulan Desember 2016. Sementara  $t'$  menunjukkan waktu peramalan atau periode (bulan) yang akan diramalkan.

#### 4.2.2. Model Holt-Winter Musiman Penjumlahan

Berdasarkan Pemodelan Holt-Winter musiman penjumlahan diperoleh nilai parameter  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  yang optimal secara terurut adalah 0,07 ; 0 dan 0. Berdasarkan ketiga parameter optimal tersebut diperoleh model Holt-Winter musiman penjumlahan untuk data curah hujan bulanan di Kota Ambon sebagai berikut.

$$X_{t+t'} = 243,6815 + 0,113005t' + S_{t+t'-c}$$

Dalam penelitian ini  $t$  adalah bulan Desember 2016. Dan  $t'$  menunjukkan waktu peramalan atau periode (bulan) yang akan diramalkan. Sementara  $c$  menunjukkan panjang periode musiman. Dalam penelitian ini, nilai  $c = 12$ . Dengan demikian, nilai-nilai komponen musiman yang digunakan untuk peramalan ke depan adalah nilai-nilai komponen musiman pada periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Nilai-nilai komponen musiman yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Komponen Musiman Tahun 2016  
Model Holt-Winter Musiman Penjumlahan**

Bulan	$S_t$
Januari	-116,996
Februari	-159,442
Maret	-170,305
April	-89,335
Mei	210,801
Juni	366,688
Juli	370,242
Agustus	148,879
September	-42,400
Oktober	-155,846
November	-228,709
Desember	-133,572

#### 4.2.3. Model Holt-Winter Musiman Perkalian

Pada bagian ini akan diberikan hasil pemodelan Holt-Winter musiman perkalian dari data curah hujan di Kota Ambon. Diperoleh hasil bahwa nilai parameter  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  yang optimal secara terurut adalah 0,2 ; 0 dan 0. Berdasarkan ketiga parameter optimal tersebut diperoleh model Holt-Winter musiman perkalian untuk data curah hujan bulanan di Kota Ambon sebagai berikut.

$$X_{t+t'} = (252,8521 + 0,113005t')S_{t+t'-c}$$

Dalam penelitian ini  $t$  adalah bulan Desember 2016. Dan  $t'$  menunjukkan waktu peramalan atau periode (bulan) yang akan diramalkan. Sementara  $c$  menunjukkan panjang periode musiman. Dalam penelitian ini, nilai  $c = 12$ . Dengan demikian, nilai-nilai komponen musiman yang digunakan untuk peramalan ke depan adalah nilai-nilai komponen musiman pada periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Nilai-nilai komponen musiman yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Tabel Komponen Musiman Tahun 2016  
Model Holt-Winter Musiman Perkalian**

Bulan	$S_{t+t'-c}$
Januari	0.671317
Februari	0.508979
Maret	0.468364
April	0.790450
Mei	1.669028
Juni	2.287620
Juli	2.087886
Agustus	1.355741
September	0.792386
Oktober	0.526853
November	0.252740
Desember	0.588638

#### 4.3. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik didasarkan atas keakuratan peramalan dengan menggunakan SSE ataupun RMSE. Nilai-nilai SSE dan RMSE ketiga model di atas dirangkum pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5. Rangkuman Nilai-Nilai SSE dan RMSE Setiap Model**

Model	SSE	RMSE
Holt-Winter Non Musiman	14.713.255	319,6488
Holt-Winter Musiman Penjumlahan	8.480.417	242,6763
Holt-Winter Musiman Perkalian	8.367.369	241,0534

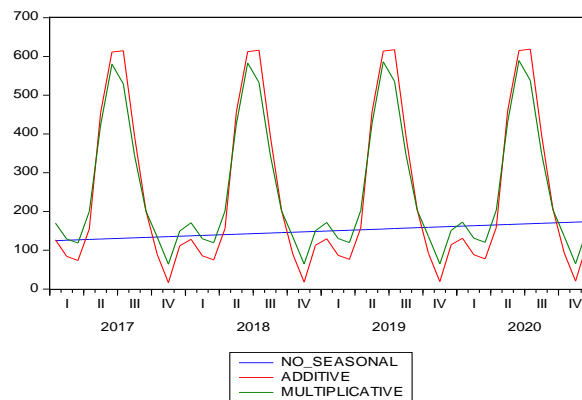
Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada Tabel 5, diperoleh bahwa nilai SSE dan RMSE dari model Holt-Winter non musiman lebih besar dibandingkan kedua model yang lain. Dengan demikian, model Holt-Winter non musiman bukan merupakan model terbaik. Dengan kata lain, model yang cocok untuk peramalan data ini adalah model Holt-Winter musiman.

Selanjutnya hasil yang diperoleh pada Tabel 5, menyatakan bahwa model Holt-Winter musiman perkalian memiliki SSE dan RMSE yang lebih kecil dibandingkan model Holt-Winter musiman penjumlahan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa model Holt-Winter musiman perkalian lebih baik dibandingkan model Holt-Winter musiman penjumlahan untuk meramalkan data curah hujan bulanan di Kota Ambon.

#### 4.4. Peramalan

Secara visual hasil peramalan ketiga model di atas diperlihatkan pada Gambar 2, yakni peramalaan menggunakan model Holt-Winter non musiman ditunjukkan oleh grafik garis lurus berwarna biru, sedangkan peramalan untuk model Holt-Winter musiman ditunjukkan oleh grafik garis berwarna hijau untuk model perkalian dan grafik garis berwarna merah untuk model penjumlahan. Grafik yang ditunjukkan oleh model musiman penjumlahan memiliki variasi yang besar dibandingkan model musiman perkalian. Hal ini dikarenakan sebaran data ramalan untuk model musiman penjumlahan lebih tinggi dan lebih rendah dibandingkan model musiman perkalian. Secara keseluruhan ketiga model tersebut

menunjukkan bahwa pola curah hujan di Kota Ambon mengalami peningkatan untuk empat tahun ke depan.



**Gambar 2. Perbandingan Hasil Ramalan Ketiga Model**

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada bagian 4.3 yang menyatakan bahwa hasil ramalan menggunakan model Holt-Winter musiman perkalian merupakan model terbaik. Berikut ini akan diberikan hasil ramalan model Holt-Winter musiman perkalian.

**Tabel 6. Hasil Ramalan Dua Tahun ke Depan**

Bulan	Tahun 2017	Tahun 2018
Januari	169,8197	170,7300
Februari	128,8113	129,5015
Maret	118,5855	119,2207
April	200,2243	201,2962
Mei	422,9601	425,2234
Juni	579,9804	583,0826
Juli	529,5778	532,4091
Agustus	344,0277	345,8661
September	201,1622	202,2368
Oktober	133,8112	134,5256
November	64,2200	64,5627
Desember	149,6366	150,4348

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Data curah hujan bulanan di Kota Ambon untuk periode Januari 2005 - Desember 2016 memiliki pola musiman. Dengan demikian model *exponential smoothing* yang sesuai untuk data tersebut adalah model Holt-Winter musiman.
2. Model Holt-Winter musiman terbaik untuk peramalan data curah hujan bulanan di Kota Ambon adalah model Holt-Winter musiman perkalian karena memiliki nilai SSE dan RMSE yang paling kecil dibandingkan model Holt -Winter yang lain.
3. Hasil peramalan untuk beberapa tahun ke depan menggunakan model Holt-Winter musiman perkalian menunjukkan trend meningkat, yakni curah hujan bulanan di Kota Ambon untuk empat tahun ke depan mengalami peningkatan dibandingkan curah hujan yang terjadi pada tahun 2016.

## Daftar Pustaka

- [1] D. Rosadi, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan)*, Yogyakarta: Andi Offset, 2012.
- [2] D. Rosadi, *Analisis Ekonometrika & Runtun Waktu Terapan dengan R (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan)*, Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- [3] W. S. Wei, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, Addison Wesley, 1994.
- [4] L. J. Sinay and S. N. Aulele, "Rainfall and Number of Rainy Days Prediction in Ambon Island using Vector Autoregression Model," in *International Seminar Basic Science*, Ambon, 2015.
- [5] L. J. Sinay, H. W. M. Patty and Z. A. Leleury, "Analisis Model Curah Hujan Di Kota Ambon Menggunakan Metode Box-Jenkins," in *Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, Ambon, 2016.
- [6] C. A. Benzera, "Evaluation of Holt-Winter Models In the Solid Residua Forecasting: A Case Study in the City of Toledo," in *Thrid International Conference on Production Research-America's Region*, 2006.
- [7] Schmidt, F. H dan Ferguson, J. H. A , *Rainfall Types Based On Wet and Dry Period Rations for Indonesia With Western New Guinea*, Jakarta: Kementrian Perhubungan Meteorologi dan Geofisika, 1951.
- [8] Z. Kafara, F. Y. Rumlawang and L. J. Sinay, "Peramalan Curah Hujan Dengan Pendekatan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) (Studi Kasus: Curah Hujan Bulanan di Kota Ambon, Provinsi Maluku)," *Barekeng (Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan)*, vol. 11, no. 1, pp. 63-74, 2017.
- [9] S. Makridakis, S. C. Wheelwright and V. E. McGree, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jakarta: Erlangga, 1999.
- [10] R. J. Hyndman, A. B. Koehler, J. K. Ord and R. D. Snyder, *Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach*, Berlin: Springer, 2008.
- [11] P. S. Kalekar, "Time Series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing," 6 Desember 2004. [Online]. Available: <https://labs.omniti.com/people/jesus/papers/holtwinters.pdf>. [Accessed 3 Maret 2017].

## **PENGGUNAAN METODE ANALISIS KOMPONEN UTAMA UNTUK MEREDUKSI FAKTOR-FAKTOR INFLASI DI KOTA AMBON**

**M. S. Noya Van Delsen<sup>1</sup>, A. Z. Wattimena<sup>2</sup>, S. D. Saputri<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>marlonvd@gmail.com; <sup>3</sup>Susantri\_saputri@yahoo.com;

---

### **Abstrak.**

*Principal Component Analysis (PCA)* merupakan suatu teknik statistik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan dan saling berkorelasi satu dengan yang lainnya, menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas (tidak berkorelasi lagi). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Kota Ambon dengan menggunakan analisis komponen utama. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 10 variabel, yaitu Bahan makanan ( $X_1$ ), Makanan jadi, minuman, tembakau, rokok ( $X_2$ ), Perumahan, air, listrik, gas, bahan bakar ( $X_3$ ), Sandang ( $X_4$ ), Kesehatan ( $X_5$ ), Pendidikan, rekreasi, olahraga ( $X_6$ ), Transportasi, komunikasi, dan jasa keuangan ( $X_7$ ), Nilai Tukar ( $X_8$ ), Ekspor ( $X_9$ ) dan Impor ( $X_{10}$ ). Berdasarkan hasil penelitian terlihat dari 10 (sepuluh) variabel, yang terbentuk menjadi satu faktor utama yang mempengaruhi Inflasi di Kota Ambon, yaitu faktor Kebutuhan Ekonomi dengan total varian (*comulative percent of variance*) sebesar 77,778%.

**Kata Kunci :** Analisis Komponen Utama (AKU), Inflasi

### ***THE USEFULL OF MAIN COMPONENT ANALYSIS METHOD TO REDUCE INFLATION FACTORS IN AMBON CITY***

### **Abstract**

*This study aims to determine the extent to which factors affect inflation in the city of Ambon by using the Main Component Analysis. This research was conducted at the Central Bureau of Statistics of Maluku Province. Researchers obtained data by conducting direct interviews with resource persons and retrieving data directly from the Central Bureau of Statistics of Maluku Province, as well as taking data from the relevant literature of literature and books related to the problem. Causes Inflation in Indonesia is mostly influenced by non-monetary factors such as the increase of fuel oil (BBM) and the increase of basic electricity tariff (TDL), while the main factor in Ambon City is influenced by several factors such as food, beverages, tobacco, cigarettes, housing, water, electricity, fuel, health, education, recreation, sports, transportation, communications and financial services, farmer exchange, export and import. This circumstance causes the substitution of replacement goods to be limited or even absent so that prices rise. Based on the discussion on Main Component Analysis to reduce Inflation factors in Ambon City, from ten variables, there are seven variables of reduction result into one main factor affecting Inflation in Ambon City, namely Economic Needs factor with total variance (comulative percent of variance) of 77,788%.*

**Keywords:** Inflation, Main Component Analysis (AKU).

---

## **1. Pendahuluan**

Penyebab inflasi di Indonesia lebih banyak dipengaruhi oleh faktor non-moneter seperti kenaikan bahan bakar minyak (BBM) dan kenaikan tarif dasar listrik (TDL). Sedangkan faktor-faktor inflasi secara umum pada suatu daerah adalah meningkatnya kegiatan ekonomi, kenaikan biaya produksi, tingkat pengeluaran, nilai tukar petani, tingginya indeks harga konsumen (IHK), kenaikan upah dari pekerja dan keamanan politik ekonomi. Hal ini yang menyebabkan faktor produksi dan penyediaan barang menjadi

turun, sementara faktor-faktor utama di Kota Ambon dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah bahan makanan, makanan jadi, minuman, tembakau, rokok, perumahan, air, gas, listrik, bahan bakar, sandang, kesehatan, pendidikan, rekreasi, olahraga, transportasi, komunikasi, dan jasa keuangan, nilai tukar petani, ekspor dan impor [1]. Keadaan ini yang menyebabkan substitusi barang pengganti terbatas atau bahkan tidak ada, sehingga harga-harga menjadi naik.

Untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan cara mereduksi faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi. Salah satu metode yang akan digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah metode Analisis Komponen Utama (AKU). Analisis Komponen Utama merupakan Analisis dalam ilmu statistika yang bertujuan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. Selain untuk mereduksi faktor-faktor, Analisis Komponen Utama juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah multikolinieritas dalam Analisis Regresi Linier Berganda. Hingga kini Analisis Komponen Utama masih terus dikembangkan untuk mereduksi faktor-faktor. Salah satunya, penelitian [2] yang menggunakan Analisis Komponen Utama untuk mengatasi penyakit jantung koroner.

## 2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) ditemukan oleh Karl Pearson pada tahun 1901 yang digunakan pada bidang biologi. Pada tahun 1947 teori ini ditemukan kembali oleh Karhunen, dan kemudian dikembangkan oleh Loeve pada tahun 1963, sehingga teori ini juga dinamakan *Karhunen-Loeve transform* pada bidang ilmu telekomunikasi. *Principal component analysis* (PCA) merupakan suatu teknik statistik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. Jadi *principal component analysis* (PCA) berguna untuk mereduksi data, sehingga lebih mudah untuk menginterpretasikan data-data tersebut[3].

Tahun 2011, pada penelitian [4] yang berjudul “*Perbandingan Reduksi Data Menggunakan Transformasi Cosinus Diskrit dan Analisa Komponen Utama (AKU)*” Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Informatika dan Komputer Indonesia Malang. Dalam penelitian ini membahas bahwa ada metode *Diskrit Cosinus Transforms* (DCT) untuk reduksi dimensi data menggantikan metode *Principal Component Analysis* (PCA).

Tahun 2016, pada penelitian [5] yang berjudul “*Perbandingan Regresi Ridge dan Principal Component Analysis dalam Mengatasi Multikolinearitas*” Dosen pada Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Istana Negeri Makassar. Membahas tentang metode *ridge* lebih baik dari *Principal Component Analysis* (PCA) karena nilai MSE yang diteliti untuk regresi *ridge* minimum dan nilai  $R^2$  besar.

### 2.2. Landasan Teori

#### 2.2.1. Analisis komponen utama

Analisis Komponen Utama biasanya digunakan untuk [6]:

1. Identifikasi variabel baru yang mendasari data variabel ganda.
2. Mengurangi banyaknya dimensi himpunan variabel yang biasanya terdiri atas variabel yang banyak dan saling berkorelasi dengan mempertahankan sebanyak mungkin keragaman dalam himpunan data tersebut.
3. Menghilangkan variabel-variabel asal yang mempunyai sumbangan informasi yang relatif kecil variabel baru yang dimaksud di atas disebut komponen utama yang mempunyai ciri yaitu :
  - a. Merupakan kombinasi linier variabel-variabel asal.
  - b. Jumlah kuadrat koefisien dalam kombinasi linier tersebut bernilai satu.
  - c. Tidak berkorelasi, dan mempunyai ragam berurut dari yang terbesar ke yang terkecil.

Bila pendekatan *pearson* dapat dikaitkan dengan masalah ruang vektor, yaitu mencari ruang vektor optimum. pendekatan *Hotelling* dapat dikaitkan dengan masalah variabel acak, yaitu variabel acak baru yang tertata keragamannya dan tidak berkorelasi, maka pendekatan lainnya ialah dari sisi komputasi.

Analisis komponen utama digunakan untuk menjelaskan struktur matriks varians-kovarians dari suatu set variabel melalui kombinasi linier dari variabel-variabel tersebut. Secara umum komponen utama dapat digunakan untuk mereduksi dan menginterpretasi variabel-variabel. Misalkan saja terdapat  $p$  buah variabel yang terdiri atas  $n$  buah objek. Misalkan pula bahwa dari  $p$  buah variabel tersebut dibuat sebanyak  $k$  buah komponen utama (dengan  $k \leq p$ ) yang merupakan kombinasi linier atas  $p$  buah variabel tersebut.  $K$  komponen utama tersebut, dapat menggantikan  $p$  buah variabel yang membentuknya tanpa kehilangan banyak informasi mengenai keseluruhan variabel. Umumnya analisis komponen utama merupakan (*analisis intermediate/analisis antara*) yang berarti hasil komponen utama dapat digunakan untuk analisis selanjutnya [7].

### 2.2.2. Menghitung Barlett Test of Sphericity dan nilai Keiser-Meyers-Oklin (KMO)

Sebelum melakukan Proses analisis komponen utama didasarkan pada sebuah matriks korelasi. Langkah awal yang dilakukan dalam analisis komponen utama adalah pembentukan matriks korelasi. Matriks ini digunakan untuk mendapatkan nilai kedekatan hubungan antar variabel penelitian. Nilai kedekatan ini dapat digunakan untuk melakukan beberapa pengujian untuk melihat kesesuaian dengan nilai korelasi yang diperoleh dari analisis komponen utama [8].

#### a. Uji Bartlett

Pengujian dengan uji Bartlett digunakan untuk melihat apakah matriks korelasinya merupakan matriks identitas. Uji ini digunakan apabila sebagian besar koefisien korelasinya kurang dari 0,5.

Hipotesis :

$H_0$  : matriks korelasi merupakan matriks identitas

$H_1$  : matriks korelasi bukan matriks identitas

Statistik uji :

$$x_{obs}^2 = - \left[ (N - 1) - \frac{(2p + 5)}{6} \right] \ln|R|$$

dimana :

$N$  = jumlah observasi

$p$  = jumlah variabel

$|R|$  = determinan matriks korelasi

Keputusan :

$H_0$  : diterima jika  $x_{obs}^2 < x_{\sigma.p(p-1)/2}^2$

$H_0$  : ditolak jika  $x_{obs}^2 \geq x_{\sigma.p(p-1)/2}^2$

Tahap selanjutnya adalah melakukan uji *Bartlett test of sphericity* yang dipakai untuk menguji korelasi antar variabel-variabel dalam sampel. Pengujian untuk melihat apakah data yang diperoleh layak digunakan untuk diolah yaitu dengan melihat nilai *Keiser Meyer Olkin* (KMO) dan *Measure Of Sampling Adequacy* (MSA). Analisis faktor dianggap layak digunakan apabila besaran KMO  $> 0,5$  dan MSA yang digunakan untuk mengukur derajat korelasi antar variabel dengan kriteria MSA  $> 0,6$ . [6]

#### b. Uji Kaiser Meyer Olkin (KMO)

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data observasi tersebut layak dan dapat dianalisis dengan analisis komponen utama [9]. Nilai statistik *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) digunakan untuk mengukur kecukupan samplingnya, dengan rumus :

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}, i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, p$$

dimana :

$r_{ij}$  = koefisien korelasi sederhana antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$

$a_{ij}$  = koefisien korelasi parsial antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$

Jika nilai koefisien korelasi parsial adalah kecil dibandingkan dengan koefisien korelasi, maka nilai KMO akan mendekati 1. Nilai KMO yang kecil mengindikasikan bahwa penggunaan analisis faktor harus dipertimbangkan kembali, karena korelasi antara variabel tidak dapat diterangkan oleh variabel lain. Adapun kriteria keputusannya adalah sebagai berikut [10] :

**Tabel 1. Kriteria Keputusan**

Nilai KMO	Interpretasi (Analisis Faktor)
0.90 – 1.00	Data sangat baik
0.80 – 0.90	Data baik
0.70 – 0.80	Data agak cukup
0.60 – 0.70	Data lebih dari cukup
0.50 – 0.60	Data cukup
0.00 – 0.50	Data tidak layak

Sumber : Widarjono (2010)

### 2.2.3 Penentuan Faktor Componen Berdasarkan Nilai *Eigen Value*

Nilai *Eigen value* merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar pengaruh suatu variabel terhadap pembentukan karakteristik yang dinotasikan dengan  $\lambda$ . Mengekstraksi Faktor atau *Extracting Factors* yaitu metode yang umum digunakan untuk melihat *eigen value* lebih besar atau sama dengan 1 atau 0 dan melihat diagram *scarter*. Faktor penentuan berdasarkan nilai *eigen value* lebih besar dari 1 dipertahankan, tetapi jika lebih kecil dari 1 maka faktornya dikeluarkan dalam model. Suatu *eigen value* menunjukkan besar sumbangan dari faktor terhadap varian seluruh variabel asli. Hanya faktor dengan varian lebih dari 1 dimasukkan dalam model. Faktor dengan varian kurang dari 1 tidak baik karena variabel asli telah dibakukan yang berarti rata-ratanya 0 dan variansinya 1.[11]

### 2.2.4 Penentuan Analisis Komponen Utama (AKU)

Ada tiga cara yang digunakan untuk jumlah komponen utama (*principal component*) yang akan digunakan untuk analisa selanjutnya, pertama dengan melihat nilai variansi yang dapat dijelaskan lebih dari 80%. Cara kedua adalah dengan melihat nilai eigen yang lebih dari satu. Cara ketiga adalah dengan mengamati *scree plot* yaitu dengan melihat patahan siku dari dari *scree plot*. Pada penelitian ini untuk menentukan jumlah komponen utama yang dihasilkan pada Analisis Komponen Utama (AKU) adalah dengan melihat nilai eigen lebih dari satu.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder. Cakupan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pada tahun 2016. Data diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) melalui catatan atau arsip yang dibuat dan dipublikasikan oleh lembaga-lembaga terkait dengan penelitian ini melalui media informasi berbasis internet, dan akan diolah dengan *software* SPSS. Dimana variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 10 variabel, yaitu Bahan makanan ( $X_1$ ), Makanan jadi, minuman, tembakau, rokok ( $X_2$ ), Perumahan, air, listrik, gas, bahan bakar ( $X_3$ ), Sandang ( $X_4$ ), Kesehatan ( $X_5$ ), Pendidikan, rekreasi, olahraga ( $X_6$ ), Transportasi, komunikasi, dan jasa keuangan ( $X_7$ ), Nilai Tukar ( $X_8$ ), Ekspor ( $X_9$ ), Impor ( $X_{10}$ ). Pada penelitian kali ini digunakan 10 faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya inflasi di Kota Ambon.

Tabel 2 di bawah menunjukkan data pada tahun 2016 yang diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) melalui catatan atau arsip yang dibuat dan dipublikasikan oleh lembaga-lembaga terkait [12]. Berikut data penelitiannya:



**Tabel 2. Data Penelitian (%)**

No	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
1.	126,19	110,43	116,84	113,82	112,97	124,52	136,58	103,55	30	108,49
2.	130,28	110,89	116,64	113,93	113,95	124,09	133,56	103,83	94,32	88,58
3.	128,64	111,1	116,7	114,10	113,59	123,85	132,91	103,9	101,02	224
4.	122,97	111,4	116,68	114,31	113,09	123,91	132,19	103,96	0	17,41
5.	124,35	112,7	116,83	115,3	113,89	124,37	139,03	103,5	20,81	0
6.	123,62	113,7	117,23	116,23	114,13	124,71	139,68	103,01	34,69	436,19
7.	123,71	113,78	117,74	116,79	114,97	124,74	141,37	103,34	171,49	199,42
8.	132,47	113,67	117,83	117,17	115,12	124,73	134,24	102,28	1,86	148,99
9.	130,18	113,56	117,96	117,66	115,35	135,16	135,66	101,52	2,05	149,77
10.	129,64	113,88	118,23	117,76	115,58	135,16	135,78	100,93	17,93	276,33
11.	132,67	114,42	118,4	117,7	115,66	134,6	135,1	100,83	0	202,31
12.	130,10	115,45	118,44	118,77	115,3	134,58	140,6	100,67	21,32	216,82

Selanjutnya akan dilakukan uji statistik deskriptif yaitu sebagai berikut :

**Tabel 3. Hasil Uji Deskriptif Statistik**

	Mean	Std. Deviation	Analysis N
X1	1.2790E2	3.54993	12
X2	1.1292E2	1.59215	12
X3	1.1746E2	.71317	12
X4	1.1604E2	1.64967	12
X5	1.1454E2	.88931	12
X6	1.2698E2	4.71277	12
X7	1.3639E2	3.09406	12
X8	1.0261E2	1.29316	12
X9	41.2908	53.40333	12
X10	1.7236E2	117.76751	12

Sumber : Hasil penelitian (output SPSS)

Statistika deskriptif ialah variabel yang mempengaruhi inflasi. Dilihat dari Tabel 3 rata-rata tertinggi dari variabel yang didefinisikan adalah variabel ekspor ( $X_9$ ) sebesar 41,2908.

Selanjutnya akan dilakukan uji *Bartlett* dan uji *Kaiser Meyer Olkin* (KMO). Berikut hasil uji *Bartlett* dan uji *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) :

**Tabel 4. KMO dan Bartlett Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0,571
Bartlett's Test of Sphericity Approx. ChiSquare	118,434
Df	45
Sig.	0,000

Hasil perhitungan dengan SPSS dihasilkan nilai *Bartlett Test of Sphericity* sebesar 118,434 dengan signifikansi sebesar 0,000. Dengan demikian *Bartlett Test of Sphericity* memenuhi persyaratan karena signifikansi di bawah 0,05 (5%). Sedangkan pada tabel KMO and Bartlett's test, terlihat angka K-M-O *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) adalah 0,571. Oleh karena angka MSA di atas 0,5, maka kumpulan variabel tersebut dapat diproses lebih lanjut. Selanjutnya tiap variabel dianalisis untuk mengetahui mana yang dapat diproses lebih lanjut dan mana yang harus dikeluarkan. Setelah dilakukan uji *Bartlett* dan uji *Kaiser Meyer Olkin* (KMO), berikutnya akan dilakukan uji MSA (*Measure of Sampling Adequacy*). Berikut hasil ujinya :

**Tabel 5. MSA (Measure of Sampling Adequacy)**

		Anti-image Matrices									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Anti-image Covariance	X1	.157	-.032	.003	.001	.015	.051	.058	.032	-.070	.081
	X2	-.032	.034	-.002	-.001	-.010	-.018	-.030	-.010	.031	-.045
	X3	.003	-.002	.021	-.007	.004	-.008	.007	.007	-.020	.025
	X4	.001	-.001	-.007	.008	-.008	.016	-.010	.001	.012	-.025
	X5	.015	-.010	.004	-.008	.013	-.008	.023	.003	-.025	.045
	X6	.051	-.018	-.008	.016	-.008	.079	.003	.022	-.012	-.011
	X7	.058	-.030	.007	-.010	.023	.003	.053	.012	-.057	.085
	X8	.032	-.010	.007	.001	.003	.022	.012	.013	-.023	.023
	X9	-.070	.031	-.020	.012	-.025	-.012	-.057	-.023	.084	-.113
	X10	.081	-.045	.025	-.025	.045	-.011	.085	.023	-.113	.271
Anti-image Correlation	X1	.473 <sup>a</sup>	-.438	.054	.040	.333	.455	.630	.705	-.608	.395
	X2	-.438	.700 <sup>a</sup>	-.061	-.089	-.477	-.348	-.697	-.471	.575	-.470
	X3	.054	-.061	.836 <sup>a</sup>	-.514	.257	-.198	.211	.424	-.474	.328
	X4	.040	-.089	-.514	.695 <sup>a</sup>	-.747	.646	-.471	.123	.460	-.544
	X5	.333	-.477	.257	-.747	.583 <sup>a</sup>	-.238	.858	.232	-.764	.760
	X6	.455	-.348	-.198	.646	-.238	.708 <sup>a</sup>	.046	.666	-.142	-.078
	X7	.630	-.697	.211	-.471	.858	.046	.235 <sup>a</sup>	.458	-.847	.704
	X8	.705	-.471	.424	.123	.232	.666	.458	.674 <sup>a</sup>	-.693	.380
	X9	-.608	.575	-.474	.460	-.764	-.142	-.847	-.693	.174 <sup>a</sup>	-.751
	X10	.395	-.470	.328	-.544	.760	-.078	.704	.380	-.751	.288 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Pada Tabel 5 hasil analisis awal menunjukkan nilai MSA (*Measure of Sampling Adequacy*) untuk variabel- variabel yang diteliti. Nilai MSA pada tabel di atas ditunjukkan pada baris *Anti Image Correlation* dengan tanda “a”. Dari Tabel 5 di atas, dapat dilihat bahwa ada nilai MSA yang  $< 0,5$  yaitu ada pada  $X_1$  dengan nilai MSA = 0,473 dimana  $< 0,5$  maka  $X_1$  tidak memenuhi syarat MSA, MSA  $X_7 = 0,235 < 0,5$   $X_7$  tidak memenuhi syarat MSA berlaku juga pada  $X_9$  dengan nilai MSA  $X_9 = 0,174$  dan  $X_{10}$  dengan nilai MSA  $X_{10} < 0,5$ . Dari 10 variabel, ada 4 variabel dengan MSA  $< 0,5$ , maka 4 variabel dikeluarkan dari pengujian. Sehingga harus mengulangi pengujian tanpa mengikut sertakan ke-4 variabel diatas ( $X_1, X_7, X_9, X_{10}$ ). Karena ada 4 variabel yang tidak memenuhi syarat nilai MSA maka pengulangan pengujian dilakukan 4 (empat) kali dengan mengeluarkan satu-satu variabel. Pertama akan dikeluarkan  $X_1$  kemudian  $X_7$ , dan  $X_9$  tapi pada saat dikeluarkannya  $X_9$  nilai MSA pada  $X_{10}$  sudah berubah menjadi  $0,757 > 0,5$  maka  $X_{10}$  memenuhi syarat MSA. Sehingga pengujian ulang hanya dilakukan 3 (tiga) kali saja untuk mendapatkan nilai MSA untuk semua variabel  $> 0,5$  agar memenuhi syarat nilai MSA. Pengujian ulang untuk nilai MSA ini juga mengubah nilai KMO dan Bartlett dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. ( Output KMO dan Bartlett Test)**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0,750
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	93,058
Df	21
Sig.	0,000

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Pada analisis ulang untuk nilai MSA maka nilai KMO dan *Bartlett Test* berubah menjadi 0,750 dari nilai semula 0,571.

**Tabel 7. Output MSA (Measure of Sampling Adequacy)****Anti-image Matrices**

	X2	X3	X4	X5	X6	X8	X10	
Anti-image Covariance	X2	.066	.006	-.024	.027	-.047	-.026	.005
	X3	.006	.035	-.010	-.003	-.021	.010	-.002
	X4	-.024	-.010	.014	-.021	.030	.014	-.026
	X5	.027	-.003	-.021	.073	-.037	-.021	.084
	X6	-.047	-.021	.030	-.037	.115	.054	-.055
	X8	-.026	.010	.014	-.021	.054	.049	-.032
	X10	.005	-.002	-.026	.084	-.055	-.032	.666
Anti-image Correlation	X2	.749*	.123	-.776	.389	-.537	-.454	.025
	X3	.123	.918*	-.444	-.066	-.323	.244	-.014
	X4	-.776	-.444	.663*	-.647	.728	.524	-.264
	X5	.389	-.066	-.647	.790*	-.409	-.347	.381
	X6	-.537	-.323	.728	-.409	.631*	.710	-.200
	X8	-.454	.244	.524	-.347	.710	.769*	-.175
	X10	.025	-.014	-.264	.381	-.200	-.175	.757*

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Berdasarkan Tabel 7, menunjukkan bahwa 7 (tujuh) variabel diuji memenuhi persyaratan MSA yaitu di atas 0,5 sehingga dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya.

### 3.1 Komunalitas

**Tabel 8. Output Komunalitas**

	Initial	Extraction
X <sub>2</sub>	1,000	0,869
X <sub>3</sub>	1,000	0,964
X <sub>4</sub>	1,000	0,934
X <sub>5</sub>	1,000	0,870
X <sub>6</sub>	1,000	0,668
X <sub>8</sub>	1,000	0,909
X <sub>10</sub>	1,000	0,232

Extraction Method: Principal Component Analysis

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Berdasarkan Tabel 8, Pada kolom *Initial* terlihat nilai *communalities* untuk setiap variabel masing-masing 1 (satu). Angka ini terlihat didalam diagonal matriks korelasi. Sedangkan pada kolom *Extraction* menunjukkan seberapa besar faktor yang terbentuk dapat menerangkan varian suatu variabel. Angka pada kolom ini selalu bernilai positif. Nilai *communalities* tertinggi adalah variabel X<sub>3</sub> sebesar 0,964 artinya faktor perumahan, air, gas, listrik, dan bahan bakar dapat menjelaskan 96.9% varians faktor yang terbentuk. Sebaliknya nilai *communalities* yang terendah adalah variabel X<sub>10</sub> sebesar 0,232 artinya faktor impor dapat menjelaskan 23, % varians faktor yang terbentuk. Demikian dengan variabel-variabel yang lainnya. Semua variabel dapat dijelaskan oleh faktor yang terbentuk dengan ketentuan semakin besar *communalities* maka semakin erat hubungan variabel yang bersangkutan dengan faktor yang terbentuk.

### 3.2 Total Varians

Berdasarkan Tabel 9, kriteria pertama yang digunakan adalah nilai eigen dari tabel diatas diperoleh nilai eigen yang lebih besar dari 1 pada 1 faktor dengan kriteria ini diperoleh jumlah faktor yang digunakan adalah 1 faktor. Penentuan berdasarkan nilai persentase variansi total yang dapat dijelaskan oleh banyaknya faktor yang akan dibentuk. Dengan mengekstraksi variabel-variabel awal menjadi 1 faktor telah dihasilkan variansi total kumulatif sebesar 77,788%. Jadi faktor 1 menjelaskan 77,788% dari total variansi jika dibandingkan dengan nilai yang lain terlihat bahwa faktor 1 sangat mendominasi dalam total variansi.

**Tabel 9. ( Output Total varians)**

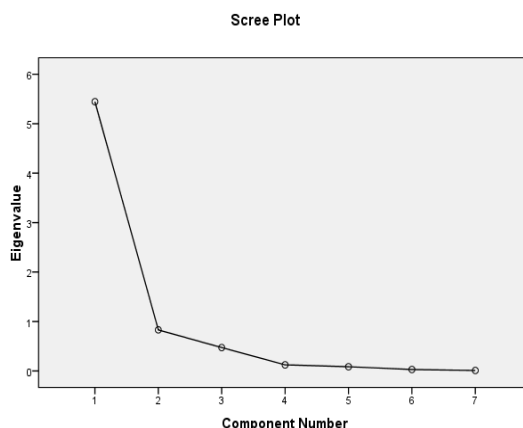
**Total Variance Explained**

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.445	77.788	77.788	5.445	77.788	77.788
2	.831	11.866	89.655			
3	.474	6.766	96.421			
4	.124	1.771	98.192			
5	.086	1.230	99.422			
6	.031	.436	99.858			
7	.010	.142	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Nilai eigen untuk faktor 1 setelah ekstraksi pun tetap sama sebesar 77,788%, perhatikan karena faktor yang terekstraksi hanya 1 maka rotasi tidak dapat dilakukan, sehingga SPSS tidak memunculkan kolom nilai eigen setelah rotasi. Dengan demikian ekstraksi 2 faktor yang diperoleh telah dapat dihentikan dan telah memenuhi kriteria kedua. Kriteria ketiga adalah penentuan berdasarkan *scree plot*. Pada Gambar 1 diketahui bahwa *scree plot* mulai mendatar pada ekstraksi variabel-variabel awal menjadi 1 faktor.



**Gambar 1. Scree Plot**

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Dari kombinasi ketiga kriteria tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel bagian kedua menghasilkan jumlah faktor sebanyak 1 faktor. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hanya satu kelompok dengan faktor yang telah terbentuk pada penyederhanaan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Kota Ambon.

**3.3 Komponen Matriks**

**Tabel 10. (Output Component Matriks)**

	Component
	1
X <sub>2</sub>	0.932
X <sub>3</sub>	0.982
X <sub>4</sub>	0.966
X <sub>5</sub>	0.933
X <sub>6</sub>	0.817
X <sub>8</sub>	-0.953
X <sub>10</sub>	0.481

Extraction Method: Principal Component Analysis

Sumber : Hasil penelitian (Output SPSS)

Dari Tabel 10, diketahui bahwa hanya satu mengekstrak 1 faktor. Menurut kriteria [10] hasil ekstraksi 1 faktor ini dikatakan akurat jika variabel yang diambil kurang dari 30 variabel, dalam kasus ini hanya 7 variabel sampel berukuran lebih dari 250 dan rata-rata communalities 0,7 atau lebih. dari interpretasi sebelumnya diketahui bahwa rata-rata communalities lebih besar dari 0,7 sehingga ekstraksi satu faktor pada analisis ini bernilai akurat. Dengan demikian kesepuluh variabel telah tereduksi menjadi 1 (satu) komponen yang disebut dengan faktor 1 terdiri atas variabel  $X_2$  (Makanan jadi, minuman, rokok, tembakau),  $X_3$  (perumahan, air, gas, listrik, bahan bakar),  $X_4$  (sandang),  $X_5$  (kesehatan),  $X_6$  (pendidikan, rekreasi, olahraga),  $X_8$  (nilai tukar),  $X_{10}$  (impor) faktor ini dinamakan faktor Kebutuhan Ekonomi.

Berdasarkan Tabel 8, Pada kolom *Initial* terlihat nilai komunalitas untuk setiap variabel masing-masing 1 (satu). Angka ini terlihat didalam diagonal matriks korelasi. Sedangkan pada kolom *Extraction* menunjukkan seberapa besar faktor yang terbentuk dapat menerangkan varian suatu variabel. Angka pada kolom ini selalu bernilai positif.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai penggunaan metodologi Analisis Komponen Utama untuk mereduksi faktor-faktor inflasi di Kota Ambon dari 10 variabel yang ada maka diperoleh 7 variabel hasil reduksi yaitu variabel  $X_2$  (Makanan jadi, minuman, rokok, tembakau),  $X_3$  (perumahan, air, gas, listrik, bahan bakar),  $X_4$  (sandang),  $X_5$  (kesehatan),  $X_6$  (pendidikan, rekreasi, olahraga),  $X_8$  (nilai tukar),  $X_{10}$  (impor), menjadi 1 (satu) faktor yaitu kebutuhan ekonomi yang mempengaruhi inflasi di Kota Ambon dengan total varian (*cumulative percent of variance*) sebesar 77,788%.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. Maggi & S. D. Birgitta, "Faktor-faktor yang Mempengaruhi Inflasi di Indonesia: Model Demand Pull Inflation," 2013.
- [2] G. M. Hendro, T. B. Adji, N. A. Setiawan, "Penggunaan Metodologi Analisa Komponen Utama (PCA) untuk Mereduksi Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyakit Jantung.," 2012.
- [3] Johnson & Wichern, "Applied Multivariate Statistical Analysis," no. Edisi keenam, 2007.
- [4] L. Isriyah, E. Poerbaningtyas, "Perbandingan Reduksi Data menggunakan Transformasi Cosinus Diskrit dan Analisa Komponen Utama," 2011.
- [5] Irwan & Hasriani, "Perbandingan Regresi Ridge dan Principal Component Analysis dalam mengatasi Multikolinieritas," 2016.  
Gourlay dan Watson, *Computational Methods for Matrix Eigenproblems*, 1973.
- [6] J. F. Hair, R. E. Anderson, R. I. Tatham., & W. C. Black, "Multivariate Data Analysis With Readings," no. Edisi ke-4., 1995.
- [7] R. Susetyoko & E. Purwantini, "Teknik Reduksi Dimensi Menggunakan Komponen Utama Data Partisi Pada Pengklasifikasian Data Berdimensi Tinggi dengan Ukuran Sampel Kecil".
- [8] I. T. Jolliffe, "Principal Component Analysis," vol. Edisi kedua, 2002.
- [9] M. A. Supranto, "Analisis Multivariat (Arti & Interpretasi)", Jakarta : Rineka Cipta., 2004.
- [10] H. F. Kaiser, "The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*", 20, 141-151, 1960.
- [11] S. Santoso, "SPSS Statistik Multivariat", Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2002.
- [12] B. P. S. R. Indonesia, "www. BPS.go.id," Badan Pusat Statistik, 2010-2013. [Online].



## **ANALISIS *CLUSTER* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *K-MEANS* UNTUK PENGELOMPOKKAN KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI MALUKU BERDASARKAN INDIKATOR INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA TAHUN 2014**

**M. W. Talakua<sup>1</sup>, Z. A. Leleury<sup>2</sup>, A. W. Talluta<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura  
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>ocat\_14@yahoo.com; <sup>3</sup>wandatalluta@yahoo.co.id

---

### **Abstrak**

Pembangunan manusia merupakan suatu tujuan utama untuk mengukur keberhasilan sebuah negara. Salah satu aspek penting untuk mengukur tingkat pembangunan manusia adalah masyarakat yang unggul dari segi kuantitas dan kualitas, maka dilihat dari tiga dimensi kehidupan yaitu peluang hidup, pengetahuan, dan kehidupan yang layak. Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan algoritma *k-means* untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Maluku berdasarkan kemiripan karakteristik daerah yang ditinjau dari lima ukuran Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Lima ukuran tersebut adalah Angka Harapan Hidup (AHH), Angka Melek Huruf (AMH), Rata-rata Lama Sekolah (RLS), dan Pengeluaran Per Kapita (PPK). Terdapat tiga *cluster* berdasarkan IPM yaitu: *cluster* 1: Kota Ambon, yang mempunyai angka IPM sangat maksimal. *Cluster* 2: MTB, Kepulauan Aru, SBB, SBT, MBD, dan Bursel, yang mempunyai angka IPM, AHH, AMH, RLS, dan PPK. *Cluster* 3: Malra, Malteng, Buru, Tual mempunyai angka IPM, AHH, AMH, RLS dan angka PPK. Berdasarkan angka Indeks Pembangunan Manusia, Angka Harapan Hidup, Angka Melek Huruf, Angka Rata-rata Lama Sekolah dan angka Pengeluaran Per Kapita, disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tahun 2014.

**Kata Kunci:** analisis klaster, indeks pembangunan manusia, *k-means cluster*.

## **CLUSTER ANALYSIS BY USING K-MEANS METHOD FOR GROUPING OF DISTRICT/CITY IN MALUKU PROVINCE INDUSTRIAL BASED ON INDICATORS OF MALUKU DEVELOPMENT INDEX IN 2014**

### **Abstract**

Human development is a major goal to measure the success of a country. One important aspect to measure the level of human development is a society that is superior in terms of quantity and quality, it is seen from three dimension life that is the opportunity of life, knowledge, and a decent life. In this study discusses the utilization of *k-means* algorithm to cluster or grouping district or city in Maluku province. Based on the similarity of the regional characteristics in the review of the limits of the indicator size of IPM mortality of the area, namely Life Expectancy, Literacy Rate, Average School Attendance, and Income Per Capita. The purpose of this study is how to categorize and also to know whether there is a real difference between that groups. The data obtained from the central statistical agency then the results obtained from the five variables in telita there are three groups and also there are some differences found according to the characteristic of each variable. From this research, it becomes an input for the Maluku provincial government to be able to pay attention to all kinds of problems about IPM in this case the mortality of AHH, AMH, RLS and PPP. Based on human development index number, live expectancy, literacy rate, mean sof school duration and expendituri rate per capita, it can be concluded that there are significant differences in 2014

**Keywords:** *Human Development Index, Cluster Analysis, K-Means Cluster*

---

## 1. Pendahuluan

Pembangunan nasional Indonesia menempatkan rakyat sebagai titik sentral pembangunan. Untuk dapat ikut berpartisipasi dalam proses pembangunan, tentunya dibutuhkan masyarakat yang unggul dari segi kuantitas dan kualitas. Oleh karena itu, dirumuskan suatu konsep baru dalam mengukur pembangunan yang berorientasi pada manusia [1]. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan pengukur perbandingan keberhasilan pembangunan manusia yang mencakup tiga dimensi kehidupan manusia. Diantaranya peluang hidup (diukur dengan indikator hidup yang sehat dan panjang umur yang diukur dengan harapan hidup saat kelahiran dalam tahun), pengetahuan (diukur dengan indikator angka tingkat baca tulis dan rata-rata lama sekolah dalam tahun), dan hidup layak (diukur dengan indikator logaritma natural dari produk domestik bruto per kapita dalam partisipasi daya beli per bulan dalam ribuan rupiah). Setiap tahun daftar negara menurut IPM diumumkan berdasarkan penilaian tersebut. Pengukuran alternatif lain adalah Indeks Kemiskinan Manusia yang lebih berfokus pada kemiskinan.

Pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Maluku perlu dilakukan sebagai bahan perencanaan dan evaluasi sasaran program pemerintah. Tujuannya untuk meningkatkan angka pembangunan manusia berdasarkan indikator pembentuk IPM. Oleh karena itu, digunakan salah satu analisis statistik yaitu analisis *cluster* dengan metode *C-Means*. Analisa dilakukan dengan mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Maluku berdasarkan indikator IPM. Indikator-indikator yang ada dinyatakan sebagai variabel dan IPM kabupaten/kota di Maluku dinyatakan sebagai objek yang dikelompokkan berdasarkan kemiripan karakteristiknya. Setiap objek lain berada dalam *cluster* yang sama.

Selain itu, salah satu algoritma data minim yang cukup populer digunakan baik dalam dunia bisnis, akademik, ataupun industri adalah Alogaritma *K-Means*. Alogaritma ini bekerja dengan cara membagi data dalam sejumlah *cluster* untuk dianalisis faktor kesamaan (*similarity*) maupun ketidaksamaan (*dissimilarity*) yang melekat pada kumpulan data tersebut. Kemudian dianalisis pola keterhubungan antar data.

Pada penelitian ini dibahas tentang pemanfaatan algoritma *K-Means* untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Maluku berdasarkan kemiripan karakteristik daerah yang ditinjau dari empat ukuran indikator mortalitas IPM di daerah. Ukuran indikator tersebut adalah Angka Harapan Hidup (AHH), Angka Melek Huruf (AMH), Rata-rata Lama Sekolah (RLS), dan Pengeluaran Per Kapita (PPK). Secara umum, *output* penelitian berupa hasil klasterisasi dapat digunakan sebagai sebuah acuan untuk menggambarkan distribusi pengelompokan berdasarkan kondisi profil IPM di Maluku.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan salah satu jenis analisis statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan banyak peubah bebas dan peubah terikat. Secara umum analisis multivariat di bagi menjadi dua metode, yaitu: metode dependen (*dependent method*) dan metode independen (*independent method*). Metode dependen digunakan untuk menganalisis ketergantungan di gunakan untuk menjelaskan atau memprediksi variabel terikat berdasarkan dua atau lebih variabel bebas. Sedangkan metode independen ini digunakan untuk menjelaskan seperangkat variabel untuk pengelompokan berdasarkan variabel-variabel tertentu. Metode ini dikelompokkan menjadi tiga, yaitu analisis faktor, analisis *cluster*, dan skala multidimensional.

Menurut Fadhli (2011), data dalam analisis multivariat dapat dinyatakan dalam bentuk matriks dengan  $n$  baris (objek) dan  $p$  kolom (variabel). Misalnya dalam suatu pengamatan terdapat  $p$  variabel, dari banyaknya  $n$  objek, maka data tersebut dapat di sajikan dalam bentuk matriks seperti berikut.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1i} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{ni} \end{bmatrix}$$



## 2.2 Analisis Cluster

*Clustering* adalah proses membuat pengelompokan sehingga semua anggota dari setiap partisi mempunyai persamaan berdasarkan matriks tertentu. Analisis *cluster* atau analisis kelompok merupakan teknik analisa data yang bertujuan untuk mengelompokkan individu atau objek ke dalam beberapa kelompok yang memiliki sifat berbeda antar kelompok, sehingga individu atau objek yang terletak di dalam satu kelompok akan mempunyai sifat relatif homogen. Tujuan analisis *cluster* adalah mengelompokkan objek-objek tersebut.

Analisis *Cluster* memiliki beberapa kelebihan dan juga kekurangan sebagai berikut:

- 1) Kelebihan
  - a. Dapat mengelompokkan data observasi dalam jumlah besar dan variabel yang relatif banyak. Data yang di reduksi dengan kelompok akan mudah dianalisis.
  - b. Dapat dipakai dalam skala data ordinal, interval dan rasio.
- 2) Kelemahan
  - a. Pengelompokan bersifat subjektifitas peneliti karena hanya melihat dari gambar dendrogram.
  - b. Untuk data heterogen antara objek penelitian yang satu dengan yang lain akan sulit bagi peneliti untuk menentukan jumlah kelompok yang di bentuk.
  - c. Metode-metode yang dipakai memberikan perbedaan yang signifikan, sehingga dalam perhitungan biasanya masing-masing metode dibandingkan.
  - d. Semakin besar observasi, biasanya tingkat kesalahan akan semakin besar.

## 2.3. Proses Analisis Cluster

- 1) Menetapkan ukuran jarak antar data.

Mengukur kesamaan antara objek. Sesuai prinsip dasar cluster yang mengelompokkan objek yang mempunyai kemiripan, maka proses pertama adalah mengukur seberapa jauh ada kesamaan objek. Pengukuran jarak yang populer adalah metode *Euclidean distance*. Pada dasarnya, cara ini akan memasukan sebuah data ke dalam *cluster* tertentu dengan mengukur jarak data tersebut ke pusat *cluster*.

- 2) Melakukan proses standarisasi data jika diperlukan.
- 3) Melakukan pengklasteran.

Proses inti *clustering* adalah pengelompokan data, yang biasa dilakukan dengan dua metode yaitu:

- a) Metode Hierarki

Metode ini memulai pengelompokan dengan dua atau lebih objek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Kemudian proses diteruskan ke objek lain yang mempunyai kedekatan kedua. Demikian seterusnya sehingga *cluster* akan membentuk semacam pohon dimana ada hierarki (tingkatan yang jelas) antara objek. Dendrogram biasanya digunakan untuk membantu memperjelas proses hierarki tersebut.

- b) Metode Nonhierarki

Berbeda dengan metode hierarki, metode ini justru di mulai dengan menentukan terlebih dahulu jumlah *cluster* yang diinginkan. Setelah jumlah *cluster* diketahui, baru proses *cluster* dilakukan tanpa mengikuti proses hierarki. Metode ini juga disebut *K-Means cluster*.

- 4) Melakukan penanaman *cluster-cluster* yang terbentuk.
- 5) Melakukan validasi dan *profiling cluster*.

Adapun ciri-ciri *cluster* adalah homogenitas (kesamaan) yang tinggi antara anggota dalam satu *cluster* (*within cluster*) dan heterogenitas (perbedaan) yang tinggi antara *cluster* yang satu dengan *cluster* lain (*between-cluster*). Analisis cluster memiliki beberapa istilah penting, antara lain:

- 1) *Distances between cluster centers*, yaitu jarak yang menunjukkan bagaimana terpisahnya pasangan individu *cluster*.
- 2) Keanggotaan *cluster* (*cluster membership*), ialah keanggotaan yang menunjukkan *cluster* untuk setiap objek yang menjadi anggotanya
- 3) Pusat *cluster* (*cluster centers*), ialah titik awal di mulai pengelompokan dalam *cluster* nonhierarki.

- 4) Rata-rata lama *cluster* (*cluster centroid*), ialah nilai rata-rata variabel dari semua objek atau observasi dalam *cluster* tertentu.
- 5) Skedul aglomerasi (*agglomeration schedule*), ialah jadwal yang memberikan informasi tentang objek atau kasus yang dikelompokkan pada setiap tahap pada suatu proses analisis *cluster* yang hierarki.

## 2.4. Metode C-Means

*C-Means* merupakan salah satu metode data *clustering* nonhierarki yang berusaha mempartisi data yang ada dalam bentuk satu atau lebih *cluster*, sehingga data dengan karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu *cluster* yang sama pula. Data dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan dalam kelompok yang lain. Metode yang termasuk dalam algoritma *clustering* berbasis jarak yang membagi data kedalam sejumlah *cluster* dan algoritma ini hanya bekerja pada atribut numerik.

*C-Means* merupakan salah satu algoritma dalam *data mining* yang biasa digunakan untuk melakukan *clustering* suatu data. Ada banyak pendekatan untuk membuat *cluster*, diantaranya adalah membuat aturan yang mendikte keanggotaan dalam kelompok yang sama berdasarkan tingkat persamaan di antara anggota-anggotanya. Pendekatan lainnya adalah dengan membuat sekumpulan fungsi yang mengukur beberapa properti dari pengelompokan tersebut sebagai fungsi dari beberapa parameter dari sebuah *clustering*. Mengelompokkan data dengan metode *C-Means* dilakukan dengan algoritma sebagai berikut.

- 1) Tentukan jumlah kelompok.
- 2) Alokasikan data ke dalam kelompok secara acak.
- 3) Hitung pusat kelompok dari data yang ada di masing-masing kelompok. Lokasi *centroid* setiap kelompok diambil dari rata-rata semua nilai data dari setiap fiturnya. Jika  $M$  menyatakan jumlah data dalam sebuah kelompok,  $i$  menyatakan fitur ke- $i$  dalam sebuah kelompok, dan  $p$  menyatakan dimensi data, maka persamaan untuk menghitung *centroid* fitur ke- $i$  digunakan persamaan (1).

$$C^1 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M X_j \quad (1)$$

Persamaan (1) dilakukan sebanyak  $p$  dimensi dari  $i = 1$  sampai dengan  $i = p$ .

- 4) Alokasikan masing-masing data ke *centroid*/rata-rata terdekat. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengukur jarak data ke pusat kelompok, diantaranya adalah Euclidean pengukuran jarak pada ruang jarak (*distance space*). Euclidean dapat dicari menggunakan persamaan 2.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Pengalokasian kembali data ke dalam masing-masing kelompok dalam metode *K-Means* didasarkan pada perbandingan jarak antara data dengan *centroid* setiap kelompok yang ada. Data dialokasikan ulang secara tegas ke kelompok yang mempunyai *centroid* dengan jarak terdekat dari data tersebut. Pengalokasian data ini menurut MacQueen (1967) dapat ditentukan menggunakan persamaan (3).

$$a_{i1} = \begin{cases} 1, & d = \min\{D(X_i, C_l)\} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

$a_{i1}$  adalah nilai keanggotaan titik  $x_i$  ke pusat kelompok  $C_l$ ,  $d$  adalah jarak terpendek dari data  $x_i$  ke  $K$  kelompok setelah dibandingkan, dan  $C_l$  adalah *centroid* ke- $l$ . Fungsi objektif yang digunakan untuk metode *K-Means* ditentukan berdasarkan jarak dan nilai keanggotaan data dalam kelompok. Fungsi objektif menurut MacQueen (1967) dapat ditentukan menggunakan persamaan (4).

$$J = \sum_{i=0}^n \sum_{i=1}^k a_{ic} D(x_i, c_1)^2 \quad (4)$$

dengan  $n$  adalah jumlah data,  $k$  adalah jumlah kelompok,  $a_{i1}$  adalah nilai keanggotaan titik data  $x_i$  ke kelompok  $c_1$  yang diikuti.  $a$  mempunyai nilai 0 atau 1. Apabila data merupakan anggota suatu kelompok, nilai  $a_{i1} = 1$ . Jika tidak, nilai  $a_{i1} = 0$ . Kembali ke langkah 3, apabila masih ada data yang berpindah kelompok atau apabila ada perubahan nilai *centroid* di atas nilai ambang yang ditentukan, atau apabila perubahan nilai pada fungsi objektif yang digunakan masih di atas nilai ambang yang ditentukan.

## 2.5. Konsep Pembangunan Manusia

Manusia adalah kekayaan bangsa yang sesungguhnya. Tujuan utama dari pembangunan adalah menciptakan lingkungan memungkinkan bagi rakyatnya untuk menikmati umur panjang, sehat dan menjalankan kehidupan yang produktif. Hal ini tampaknya merupakan suatu kenyataan yang sederhana, akan tetapi sering terlupakan oleh berbagai kesibukan jangka pendek untuk mengumpulkan harta dan uang. Dalam [2], pembangunan manusia adalah suatu proses untuk memperbanyak pilihan-pilihan yang dimiliki manusia. Diantara banyak pilihan-pilihan tersebut, pilihan terpenting adalah untuk berumur panjang dan sehat, untuk berilmu pengetahuan, dan untuk mempunyai akses terhadap sumber daya yang di butuhkan agar dapat hidup layak.

Pembangunan manusia adalah pembangunan yang berpusat pada manusia, yang menempatkan manusia sebagai tujuan akhir dan bukan hanya sebagai alat pembangunan. Konsep pembangunan manusia yang di rekomendasikan oleh UNDP mencakup 4 indikator, yaitu kesejahteraan, produktifitas, pemberdayaan, dan berkelanjutan [1].

## 2.6. Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah pengukuran perbandingan dari harapan hidup, pendidikan dan standar hidup untuk semua negara diseluruh dunia. IPM digunakan untuk mengklasifikasikan apakah sebuah negara adalah negara maju, negara berkembang atau negara terbelakang, dan juga untuk mengukur pengaruh dari kebijakan ekonomi terhadap kualitas hidup. IPM mengukur pencapaian rata-rata sebuah negara dalam tiga dimensi dasar pembangunan manusia yaitu:

- 1) Hidup yang sehat dan panjang umur yang diukur dengan harapan hidup saat kelahiran.
- 2) Pengetahuan yang diukur dengan angka tingkat baca tulis dan rata-rata lama sekolah.
- 3) Standar kehidupan yang layak diukur dengan logaritma natural dari produk domestik bruto per kapita dalam paritasi daya beli.

Terdapat empat indikator Indeks Pembangunan Manusia, yaitu (BPS 2012)

- 1) Angka Harapan Hidup  
Angka Harapan Hidup (AHH) merupakan rata-rata perkiraan banyak tahun yang dapat ditempuh seseorang selama hidupnya. Perhitungan AHH melalui pendekatan tak langsung (*indirect estimation*). Jenis data yang digunakan adalah Anak Lahir hidup dan Anak Masih Hidup. Indeks harapan hidup dihitung dengan menghitung nilai maksimum dan nilai minimum harapan hidup sesuai standar UNDP, yaitu angka tertinggi sebagai batas atas untuk menghitung indeks dipakai 85 tahun dan terendah adalah 20 tahun.
- 2) Angka Melek Huruf  
Angka Melek Huruf (AMH) adalah persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang bisa membaca dan menulis.
- 3) Rata-rata Lama Sekolah (RLS).  
Rata-rata Lama Sekolah ( RLS ) adalah lama sekolah (tahun) penduduk usia 15 tahun ke atas.
- 4) Kemampuan daya beli penduduk yaitu kemampuan masyarakat secara ekonomi dalam memenuhi kebutuhan konsumsinya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Variabel Yang Digunakan

Data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil pendataan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku. Dalam penelitian ini variabel-variabel yang digunakan adalah indikator IPM sebagai berikut.

- $X_1$  : Persentase Angka IPM
- $X_2$  : Persentase AHH
- $X_3$  : Persentase AMH
- $X_4$  : Persentase Angka RLS
- $X_5$  : Persentase PPK.

### 3.2. Hasil Penelitian

#### 3.2.1. Data indikator Indeks Pembangunan Manusia

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari BPS tahun 2014, yakni IPM ( $X_1$ ), AHH ( $X_2$ ), AMH ( $X_3$ ), RLS ( $X_4$ ), dan PPK ( $X_5$ ).

**Tabel 1. Data Derajat Indikator IPM**

No	Kabupaten/Kota	IPM	AHH	AMH	RLS	PPK
1	Maluku Tenggara Barat	59,81	62,50	11,81	8,88	5.600
2	Maluku Tenggara	62,74	63,98	12,06	8,71	6.804
3	Maluku Tengah	68,69	65,59	13,55	8,88	9.547
4	Buru	65,15	65,50	12,23	7,15	9.420
5	Kep. Aru	59,91	61,57	11,03	7,98	6.891
6	Seram Bagian Barat	62,39	59,90	12,70	8,42	7.779
7	Seram Bagian Timur	59,50	57,70	11,71	6,97	8.492
8	MBD	58,09	60,63	11,30	7,60	6.150
9	Buru selatan	60,74	65,36	11,69	6,62	6.915
10	Ambon	79,09	69,46	15,88	11,61	13.146
11	Tual	64,95	63,76	13,84	9,65	6.642

Data yang telah diperoleh dari BPS Provinsi Maluku, selanjutnya diproses menggunakan SPSS.16 untuk membentuk *cluster* berdasarkan indikator IPM di Provinsi Maluku dengan menggunakan metode nonhierarki.

#### 3.2.2 Proses Pengelompokkan Dengan Metode Non Hierarki

Pada statistik deskriptif dibawah ini menunjukkan bahwa semua data lengkap yaitu angka IPM, AHH, AMH, angka RLS, dan angka PPK pada 11 kabupaten/kota di Provinsi Maluku.

**Tabel 2. Statistik Deskriptif**

	IPM	AHH	AMH	RLS	PPP
<i>N</i>	11	11	11	11	11
<i>Minimum</i>	58	57	11	6	5
<i>Maximum</i>	79	69	15	11	13
<i>Means</i>	63,18	62,64	12,00	7,73	7,44
<i>Std.Deviation</i>	6.080	3.355	1.265	1.421	2.255

#### 3.2.3. Data Quick Cluster

**Tabel 3. Hasil Output Data Quick Cluster SPSS.16**

	<i>Initial Cluster Centers</i>		
	<i>Cluster</i>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
IPM	2,60177	-0,68782	0,79249
AHH	1,89689	-1,68010	0,70456
AMH	2,31717	-0,79057	0,79057
RLS	2,30372	-1,21585	0,19198
PPP	2,46389	0,24631	0,68983

*Output* ini adalah tampilan pertama proses *clustering* data sebelum melakukan iterasi. Karena nanti akan dihasilkan proses *clustering* sesudah iterasi yang justru adalah hasil akhir *cluster*, maka *output* ini tidak akan dianalisis.

#### 3.2.4. Proses Iterasi

Dari hasil *output* SPSS.16, dapat diketahui bahwa proses iterasi dilakukan sebanyak 3 kali. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan *cluster* yang tepat dalam mengelompokkan 11 kabupaten/kota. Jarak minimum antar pusat *cluster* yang terjadi dari nilai minimum adalah 3,544.

**Tabel 4. Final Cluster Centers**

	<i>Final Cluster</i>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
IPM	2,60177	-0,60558	0,25793
AHH	1,89689	-0,58713	0,40648
AMH	2,31717	-0,65881	0,39528
RLS	2,30372	-0,51194	0,19198
PPP	2,46389	-0,42702	0,02455

Berdasarkan *output* di Tabel 4, dapat diketahui bahwa data tersebut masih terkait dengan proses standarisasi yang mengacu pada *z-score* dengan ketentuan sebagai berikut.

- 1) Angka negatif (-) berarti data dibawa rata-rata total.
- 2) Angka positif (+) berarti diatas rata-rata total.

### 3.2.5. Tafsiran Setiap Cluster

Berdasarkan Tabel 3 dengan ketentuan yang telah dijelaskan, dapat didefinisikan sebagai berikut.

*Cluster 1*: Pada *cluster 1* diperoleh bahwa pada tahun 2014 angka RLS, angka PPK dan angka IPM dan AHH di atas rata-rata pada 11 kabupaten/kota di Provinsi Maluku. Angka RLS sangat minim. AMH dan angka PPK biasa dikatakan bahwa masih sedang diatas rata-rata. Sedangkan angka IPM dan AHH sangat banyak terjadi pada tahun 2014.

*Cluster 2*: Pada *cluster 2* diperoleh bahwa pada tahun 2014, angka RLS dan PPK di bawah rata-rata. AMH dapat dikatakan bahwa masih sedang dibandingkan dengan RLS dan PPK pada 11 kabupaten/kota di Provinsi Maluku. Dari ciri-ciri tersebut dapat dikatakan bahwa angka RLS dan angka PPK sangat rendah terjadi pada tahun 2014.

*Cluster 3*: Pada *cluster 3* diperoleh bahwa pada tahun 2014, AHH dan angka IPM di atas rata-rata sedangkan AMH masih sedang dibandingkan dengan angka RLS dan angka PPK di bawah rata-rata. Dari ciri tersebut, dapat dikatakan bahwa untuk angka PPK dan RLS sangat rendah terjadi pada tahun 2014.

Setelah membentuk 3 *cluster*, langkah selanjutnya adalah melihat apakah variabel-variabel yang telah terbentuk *cluster* mempunyai perbedaan pada setiap *cluster*. Dalam hal ini dapat dilihat dari *F* dan nilai probabilitas (*sig*) masing-masing variabel. Hal ini dilakukan dengan melihat *output* Anova berikut.

**Tabel 5. Anova**

ANOVA						
	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Zscore(IPM)	4.618	2	.096	8	48.338	.000
Zscore(AHH)	3.164	2	.459	8	6.891	.018
Zscore(AMH)	4.427	2	.143	8	30.909	.000
Zscore(RLS)	3.514	2	.372	8	9.455	.008
Zscore(PPP)	3.584	2	.354	8	10.121	.006

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa kolom *cluster* menunjukkan besaran *between Cluster means*, sedangkan kolom *error* menunjukkan besaran *within Cluster means* sehingga nilai *F* diperoleh dari:

$$F = \frac{\text{between means}}{\text{within means}}$$

Sebagai contoh:

1. angka *F* pada *Z* IPM didapat dari:

$$F = \frac{\text{between means } Z \text{ IPM}}{\text{within means } Z \text{ IPM}}$$

$$F = \frac{4,618}{0,096} = 48,338$$

2. angka *F* = pada *Z* AHH didapat dari:

$$F = \frac{\text{between means } Z \text{ AHH}}{\text{within means } Z \text{ AHH}}$$

$$F = \frac{3,164}{0,459} = 6,891$$

3. angka F pada Z AMH didapat dari:

$$F = \frac{\text{between means Z AMH}}{\text{within means Z AMH}}$$

$$F = \frac{4,427}{0,143} = 30,909$$

4. angka F pada Z RLS didapat dari:

$$F = \frac{\text{between means Z RLS}}{\text{within means Z RLS}}$$

$$F = \frac{3,514}{0,372} = 9,455$$

5. angka F pada Z PPP didapat dari:

$$F = \frac{\text{between means Z PPP}}{\text{within means Z PPP}}$$

$$F = \frac{3,584}{0,354} = 10,121$$

Interpretasi angka F adalah semakin besar angka F suatu variabel dan angka signifikansinya adalah 0,05, maka semakin besar pula perbedaan variabel tersebut pada ketiga variabel. Sebagai contoh, angka F terbesar (48,338) ada pada Z IPM, dengan angka kolom SIG 0,000 yang berarti signifikansinya adalah nyata. Hal ini berarti faktor angka IPM sangat membedakan karakteristik ketiga *cluster* tersebut. Atau dapat dikatakan angka IPM pada ketiga *cluster* yang sangat berbeda antara *cluster* 1 dengan *cluster* lainnya. Perhatikan variabel Z AMH, yang mempunyai angka F sebesar 30,909 dan sig 0,00 yang berarti signifikansinya juga adalah nyata. Perhatikan pula perbedaannya dengan variabel Z AHH, yang mempunyai tingkat F sebesar 6,891 dan sig 0,18. Hal tersebut menyatakan bahwa signifikansinya di atas 0,05 (  $0,018 > 0,05$  ). Maka variabel Z AHH pada *cluster* 1, *cluster* 2 dan *cluster* 3 tetap mempunyai perbedaan. Walaupun demikian, angka F variabel Z IPM lebih besar dari F variabel Z AMH. Dengan demikian, angka IPM lebih banyak dari angka melek huruf pada ketiga *cluster*.

### 3.2.6. Jumlah Anggota Setiap Cluster

**Tabel 6. Number Of Cases In Each Cluster**

Cluster	Jumlah Kab/Kota
1	1.000
2	6.000
3	4.000

Pada Tabel 6, dapat dilihat bahwa data terbanyak ada pada *cluster* 2, yaitu 6 kabupaten/kota. Data sedang ada pada *cluster* 3, yaitu 4 kabupaten/kota. Sedangkan data paling sedikit ada pada *cluster* 1 yaitu 1 kabupaten/kota. Karena tidak ada variabel yang hilang (*missing*), dengan demikian semua data sejumlah 11 kabupaten lengkap terdapat pada ke 3 *cluster* dengan komposisi seperti di atas karena *cluster* 2 merupakan *cluster* terbesar.

### 3.2.7. Analisis Komposisi Cluster

**Tabel 7. Komposisi Cluster**

Kab/Kota	Cluster	Distance
MTB	2	1,053
MALUKU TENGGARA	3	0,945
MALUKU TENGAH	3	0,987
BURU	3	1,089
KEP. ARU	2	0,259
SERAM BAGIAN BARAT	2	1,182
SERAM BAGIAN TIMUR	2	1,472
MBD	2	0,404
BURU SELATAN	2	1,495
AMBON	1	0,000
TUAL	3	1,095

Contoh penafsiran:

- Cluster* 1: Kota Ambon mempunyai angka IPM dan AHH sangat maksimal (sangat banyak sedangkan jumlah AMH, angka RLS dan PPK berbanding balik dengan angka IPM yaitu terjadi pada tahun 2014.
- Cluster* 2: MTB, Kepulauan Aru, SBB, SBT, MBD, dan Buru Selatan mempunyai angka IPM, AHH, AMH, RLS, dan angka PPK sangat rendah terjadi pada tahun 2014.

- c) *Cluster 3*: Maluku Tenggara, Maluku Tengah, Buru, Tual mempunyai angka IPM, AHH, AMH, RLS, dan angka PPK sangat banyak terjadi pada tahun 2014.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan angka Indeks Pembangunan Manusia, Angka Harapan Hidup, Angka Melek Huruf, angka Rata-rata Lama Sekolah, dan angka Pengeluaran per Kapita kurang terjadi pada tahun 2014. Terdapat 3 *cluster* atau 3 kelompok yaitu:

- a) *Cluster 1* yakni Kota Ambon dengan angka IPM sangat maksimal. Sedangkan jumlah AHH, AMH, RLS, dan angka PPK sangat banyak terjadi pada tahun 2014.
- b) *Cluster 2* yakni MTB, Kepulauan Aru, SBB, SBT, MBD, dan Buru Selatan mempunyai angka IPM AHH, AMH, RLS, dan PPK kurang terjadi pada tahun 2014.
- c) *Cluster 3* : Malra, Malteng, Buru, Tual, mempunyai angka IPM, AHH, AMH, RLS dan angka PPK banyak terjadi pada tahun 2014.

#### Daftar Pustaka

- [1] Abdyo and H. Permadi, *Metode Statistika Praktis*, Malang: Universitas Negeri Malang, 1999.
- [2] B. P. S. P. Maluku, "Indikator Indeks Pembangunan Manusia 2010-2014," Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Juli 2014. [Online]. Available: <https://maluku.bps.go.id/subject/26/indeks-pembangunan-manusia.html>. [Accessed Juli 2014].
- [3] B. P. S. P. Maluku, "Indikator Kesejahteraan Rakyat Provinsi Maluku 2014," Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, [Online]. Available: <https://maluku.bps.go.id/publication/2015/09/30/6cc18acb861407726a19addc/indikator-kesejahteraan-rakyat-provinsi-maluku-2014.html>.
- [4] Windha Mega P. D., "Clustering Menggunakan Metode K-Means Untuk Menentukan Status Gizi Balita," *Jurnal Informatika*, vol. 15, no. No.2, pp. 160-174, 2015.





## ANALISIS PERMINTAAN KONSUMEN TERHADAP KONSUMSI MINYAK TANAH RUMAH TANGGA DI DESA PELAUW DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS REGRESI BERGANDA

S. N. Aulele<sup>1</sup>, M. W. Talakua<sup>2</sup>, B. Tuasikal<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura  
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>salmon.aulele@fmipa.unpatti.ac.id; <sup>2</sup>ocat1615@yahoo.com; <sup>3</sup>bijiratuasikal@gmail.com

### Abstrak

Analisis regresi berganda adalah persamaan regresi yang melibatkan dua atau lebih variabel dalam analisa. Tujuannya adalah untuk menghitung parameter-parameter estimasi dan untuk melihat apakah variabel bebas mampu menjelaskan variabel terikat dan memiliki pengaruh. Variabel yang akan diestimasi adalah variabel terikat, sedangkan variabel-variabel yang mempengaruhi adalah variabel bebas. Dari variabel-variabel bebas pada penelitian ini, diperoleh model regresi linier berganda untuk menggambarkan permintaan minyak tanah di desa pelauw adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -0,794 + 0,001X_1 + 1,211X_2 + 0,164X_3 - 0,048X_4$$

Dimana variabel yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel dependen adalah harga minyak tanah diikuti dengan variabel jumlah anggota keluarga, harga kayu bakar dan pendapatan rumah tangga per bulan.

**Kata Kunci:** Analisis regresi linier berganda, Permintaan Minyak Tanah.

## ANALYSIS OF CONSUMER DEMAND TOWARDS HOUSEHOLD OIL CONSUMPTION IN PELAUW VILLAGE USING ANALYSIS OF DOUBLE REGRESSION

### Abstract

Multiple regression analysis is a regression equation involving two or more variables in the analysis. The objective is to calculate the estimation parameters and to see whether the independent variable is able to explain the dependent variable and have an effect. The variable to be estimated is dependent variable, while the variables that influence is independent variable. From the independent variables in this study, obtained multiple linear regression model to describe the demand for kerosene in pelauw village are as follows:

$$\hat{Y} = -0,794 + 0,001X_1 + 1,211X_2 + 0,164X_3 - 0,048X_4$$

The most dominant variable influencing dependent variable is kerosene price followed by variable of family member, firewood price and household income per month.

**Keywords:** Multiple linear regression analysis, Petroleum Demand.

### 1. Pendahuluan

Regresi linear berganda adalah persamaan regresi yang melibatkan dua atau lebih variabel dalam analisa. Tujuannya adalah untuk menghitung parameter-parameter estimasi dan untuk melihat apakah variabel bebas mampu menjelaskan variabel terikat dan memiliki pengaruh. Variabel yang diestimasi adalah variabel terikat, sedangkan variabel-variabel yang mempengaruhi adalah variabel bebas. Model ini memperlihatkan hubungan variabel bebas (*Independen variabel*) dengan variabel terikat (*Dependen variabel*), digunakan untuk melihat pengaruh pendapatan rumah tangga perbulan, jumlah anggota keluarga, harga minyak tanah dan harga kayu bakar dalam penggunaan energi untuk keperluan rumah tangga terhadap permintaan minyak tanah per bulan [1].

Manusia adalah makhluk hidup yang diciptakan oleh Tuhan yang diberi akal dan pikiran, manusia mengkonsumsi makanan tidak langsung dimakan mentah- mentah seperti makhluk hidup yang lainnya, sebelum makanan dikonsumsi oleh manusia makanan tersebut dimasak terlebih dahulu. Untuk memasak,

manusia memerlukan kompor dan untuk dapat memasak kompor membutuhkan bahan bakar yaitu minyak tanah.

Minyak tanah merupakan salah satu bahan bakar yang banyak dibutuhkan dan dipakai masyarakat untuk keperluan sehari-hari didalam rumah tangga. Minyak tanah dipergunakan untuk keperluan masak-memasak maupun untuk keperluan penerangan baik mereka yang bermukim dipedesaan maupun pada kota-kota kecil. Pada masyarakat di kota-kota kecil minyak tanah umumnya digunakan untuk keperluan masak-memasak. Sedangkan di pedesaan minyak tanah tidak saja digunakan untuk keperluan masak-memasak saja, melainkan juga digunakan untuk keperluan penerangan rumah waktu malam hari, terutama daerah-daerah pedesaan yang belum mendapat pelayanan listrik dari Perusahaan Umum Listrik Negara (PLN). Daerah pedesaan yang sudah mendapat pelayanan jaringan PLN menggunakan minyak tanah untuk masak-memasak [2].

Putriyani & Oswari [3] melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Permintaan Konsumsi Minyak Tanah Rumah Tangga (Studi Kasus: Konsumen Minyak Tanah Rumah Tangga Dikecamatan Sukmajaya, Depok)”. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rata-rata permintaan minyak tanah per bulan ( $Y$ ), pendapatan rumah tangga per bulan ( $X_1$ ), jumlah anggota keluarga ( $X_2$ ), harga minyak tanah ( $X_3$ ), harga gas elpiji ( $X_4$ ) dan selera rumah tangga dalam penggunaan energi untuk keperluan rumah tangga ( $X_5$ ) dengan menggunakan analisis *Statistik Korelasi Pearsons, regresi berganda dan koefisien determinas* disimpulkan bahwa permintaan konsumsi minyak tanah rumah tangga di Kecamatan Sukmajaya Depok secara signifikan dipengaruhi oleh faktor pendapatan rumah tangga, jumlah anggota keluarga dan selera rumah tangga dalam penggunaan energi untuk keperluan rumah tangga. Sedangkan faktor harga minyak tanah dan gas elpiji tidak berpengaruh secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena harga minyak tanah dan harga gas elpiji ditentukan oleh pemerintah pada tingkat tertentu dan tidak bergerak secara bebas. Kakisina [2], membuat penelitian yang berjudul “Analisis Permintaan Minyak Tanah Sektor Rumah Tangga di Kota Salatiga”. Menyimpulkan bahwa harga minyak tanah berpengaruh negatif terhadap jumlah minyak tanah yang diminta sektor rumah tangga di Kota Salatiga, pendapatan dan harga elpiji berpengaruh positif terhadap permintaan minyak tanah sektor rumah tangga di kota Salatiga, harga kayu bakar berpengaruh negatif terhadap permintaan minyak tanah sektor rumah tangga di kota Salatiga. Artinya bagi minyak tanah, elpiji merupakan barang substitusi dan kayu bakar merupakan barang komplemen.

Berdasarkan uraian diatas peneliti ingin membahas permintaan konsumen terhadap konsumsi minyak tanah rumah tangga di Desa Pelauw dengan Menggunakan Analisis Regresi Berganda”.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Analisis Regresi Berganda

Model ini memperlihatkan hubungan variabel bebas (*Independen variabel*) dengan variabel terikat (*Dependen variabel*), digunakan untuk melihat pengaruh pendapatan rumah tangga perbulan, jumlah anggota keluarga, harga minyak tanah dan harga kayu bakar dalam penggunaan energi untuk keperluan rumah tangga terhadap permintaan minyak tanah per bulan (Wahyuni, 2014). Secara umum Model regresi berganda untuk populasi adalah sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2.1)$$

dimana :

- $Y$  = Variabel terikat (dependen)
- $\beta_0$  = Konstanta
- $\beta_1 \dots \beta_k$  = Parameter regresi
- $X_1 \dots X_k$  = Variabel bebas (independen)
- $\varepsilon$  = Error (kesalahan pengganggu)

Model regresi berganda untuk populasi pada persamaan (2.1) dapat ditaksir berdasarkan sebuah sampel acak yang berukuran  $n$  dengan model regresi berganda untuk sampel yaitu :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_k x_k \quad (2.2)$$

dimana :

- $\hat{Y}$  = Nilai taksiran bagi Variabel  $Y$
- $b_0$  = Taksiran bagi parameter konstanta
- $b_1, b_2, \dots, b_k$  = Taksiran bagi parameter koefisien regresi

Untuk mencari nilai  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$  diperlukan  $n$  buah pasangan data  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$  yang dapat disajikan dalam tabel berikut :

**Tabel 1. Data Hasil Pengamatan dari  $n$  Responden**

Responden	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	...	X <sub>k</sub>
1	Y <sub>1</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>21</sub>	...	X <sub>k1</sub>
2	Y <sub>2</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>22</sub>	...	X <sub>k2</sub>
3	Y <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	...	X <sub>k3</sub>
⋮	⋮				
N	Y <sub>n</sub>	X <sub>1n</sub>	X <sub>2n</sub>	...	X <sub>kn</sub>

Dari tabel 2.1 dapat dilihat bahwa Y<sub>1</sub> berpasangan dengan X<sub>11</sub>, X<sub>21</sub>, ..., X<sub>k1</sub>, data Y<sub>2</sub> berpasangan dengan X<sub>12</sub>, X<sub>22</sub>, ..., X<sub>k2</sub>, dan umumnya data Y<sub>n</sub> berpasangan dengan X<sub>1n</sub>, X<sub>2n</sub>, ..., X<sub>kn</sub>.

Bentuk umum model regresi linear berganda dengan  $p$  variabel bebas adalah seperti persamaan berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i,p-1} + \varepsilon_i \quad (2.3)$$

Dimana :

$Y_i$  adalah variabel tidak bebas untuk pengamatan ke- $i$ , untuk  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p-1}$  adalah parameter

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{i,p-1}$  adalah variabel bebas

$\varepsilon_i$  adalah sisa (error) untuk pengamatan ke- $i$  yang di asumsikan berdistribusi normal yang saling bebas dan identik dengan rata-rata 0 (nol) dan varian  $\sigma^2$

Dalam notasi matriks persamaan (2.3) dapat di tulis menjadi persamaan berikut :

$$Y = X \beta + \varepsilon \quad (2.4)$$

dengan :

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1,p} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2,p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{n,p} \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{pmatrix}, \text{ dan } \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

dimana :

Y adalah vektor variabel tidak bebas berukuran  $n \times 1$ .

X adalah matriks variabel bebas berukuran  $n \times p$ .

$\beta$  adalah vektor parameter berukuran  $p \times 1$ .

$\varepsilon$  adalah vektor error berukuran  $n \times 1$ .

## 2.2. Asumsi-asumsi Model Regresi Berganda

Menurut [4] dalam metode regresi berganda ada beberapa asumsi yang harus dipenuhi, asumsi tersebut adalah :

1. Model regresinya linear dalam parameter
2. Nilai rata-rata kesalahan pengganggu nol, yaitu  $E(\varepsilon_i) = 0$ , untuk  $i = 1, 2, \dots, n$
3. Variansi dari error adalah konstan (homoskedastik)
4. Tidak terjadi autokorelasi pada error
5. Tidak ada multikolenieritas antara variabel bebas  $x$
6. Error berdistribusi Normal atau  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ , artinya kesalahan pengganggu mengikuti distribusi normal dengan rata-rata nol dan varian  $\sigma^2$ .

### 2.3. Estimasi Parameter Model Regresi Linear Berganda

Estimasi parameter ini bertujuan untuk mendapatkan model regresi linear berganda yang akan digunakan dalam analisis. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi linear berganda adalah metode kuadrat terkecil atau sering juga disebut dengan metode ordinary least square (OLS). Metode kuadrat terkecil merupakan suatu metode yang digunakan untuk menaksir parameter regresi dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat kekeliruan (error) dari model regresi yang terbentuk.

Metode kuadrat terkecil pada prinsipnya adalah meminimumkan  $\mathbf{J}$  dengan :

$$\mathbf{J} = \varepsilon \varepsilon' \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{J} &= \varepsilon \varepsilon' \\ &= (Y - X \beta)' (Y - X \beta) \\ &= (Y' - \beta' X') (Y - X \beta) \\ &= Y'Y - Y'X \beta - \beta' X' Y + \beta' X' X \beta \end{aligned}$$

Karena  $Y'X \beta$  merupakan scalar maka,  $Y'X \beta = (Y'X \beta)' = \beta' X' Y$  sehingga di peroleh :

$$\mathbf{J} = Y'Y - 2\beta' X' Y + \beta' X' X \beta \quad (2.6)$$

Untuk mendapatkan nilai  $b = [b_0, b_1, \dots, b_p]'$  yang merupakan estimator dari  $\beta = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p]'$  yaitu dengan menurunkan secara parsial  $\mathbf{J}$  terhadap  $\beta$  dan disamakan dengan nol

$$\left. \frac{\partial \mathbf{J}}{\partial \beta} \right|_{\hat{\beta}} = -2X'Y + 2X'X\beta = 0 \quad (2.7)$$

sehingga di peroleh persamaan normal dalam bentuk matriks .

Dengan mengganti semua parameter  $\beta$  dengan estimator  $b$  maka diperoleh persamaan normal yaitu :

$$\begin{aligned} X'X b &= X'Y \\ b &= (X'X)^{-1} X'Y \end{aligned} \quad (2.8)$$

Dalam hal ini  $b$  merupakan estimator yang mempunyai sifat takbias dan mempunyai variansi minimum.

### 2.4. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dinyatakan dengan ( $R^2$ ) untuk pengujian regresi linier berganda yang mencakup lebih dari dua variabel. Koefisien determinasi adalah suatu nilai untuk mengukur proporsi keragaman total dalam variabel terikat  $Y$  yang dapat dijelaskan atau diterangkan oleh variabel – variabel bebas  $X$  yang ada di dalam model persamaan regresi linier berganda secara bersama-sama. Maka akan ditentukan dengan rumus:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.9)$$

dimana :

JKR = Jumlah Kuadrat Regresi

JKT = Jumlah Kuadrat Total

Pada dasarnya ada dua sifat  $R^2$  yang perlu dicatat yaitu :

1.  $R^2$  merupakan besaran nonnegatif
2. Nilai  $R^2$  adalah  $0 \leq R^2 \leq 1$  makin dekat  $R^2$  dengan 1 maka makin baik kecocokan model dengan data, tetapi sebaliknya jika  $R^2$  makin mendekati nol maka berarti makin kurang baik kecocokannya.

### 2.5. Pengujian Parameter Model Regresi Linear Berganda

Pengujian parameter ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, baik secara simultan maupun secara parsial.

#### Uji Simultan (Uji F)

Uji  $F$  digunakan untuk menunjukkan apakah variabel-variabel bebas yang dimasukkan dalam model secara bersama-sama (*simultan*) mempengaruhi variabel terikat.

Rumus Uji  $F$  :

$$F_{hitung} = \frac{JK_{reg}/k}{JK_{res}/(n-k-1)} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$F_{hitung}$	= Nilai F tes dari observasi
$JK_{reg}$	= jumlah kuadrat regresi
$JK_{res}$	= jumlah kuadrat residu (sisa)
$(n - k - 1)$	= derajat kebebasan
$JK_{reg}$	= $\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2$
$JK_{res}$	= $\sum(y_i - \hat{y}_i)^2$

Prosedur pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Menentukan Hipotesis
  - $H_0 : \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k = 0$ , berarti variabel bebas secara bersama-sama tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.
  - $H_1 : \beta_j \neq 0$  untuk suatu  $j = 1, 2, \dots, k$  berarti variabel bebas secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.
- Menentukan taraf nyata ( $\alpha$ ) dan nilai  $F_{tabel}$ . Nilai taraf nyata yang digunakan 0,05 dan nilai  $F_{tabel}$  dengan derajat kebebasan  $V_1 = k$  dan  $V_2 = n - k - 1$
- Kriteria pengambilan keputusan : tolak  $H_0$  jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka terima  $H_1$
- Kesimpulan : Jika  $H_0$  ditolak berarti variabel bebas secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.

### Uji Parsial (Uji t)

Uji koefisien regresi secara parsial (uji t) digunakan untuk menguji tingkat signifikansi masing-masing koefisien variabel bebas secara individu terhadap variabel tidak bebas (terikat).

Rumus Uji t :

$$t_{hitung} = r \frac{\sqrt{n-k-1}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

$t_{hitung}$	= Nilai t tes dari observasi
$r$	= Koefisien korelasi parsial
$n$	= Jumlah data
$k$	= Jumlah variabel independen

Beberapa langkah dalam pengujian koefisien regresi secara parsial (uji t) adalah sebagai berikut :

- Menentukan Hipotesis
  - $H_0 : \beta_j = 0$ , untuk  $j = 1, 2, \dots, k$  berarti tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel bebas ke-j terhadap variabel terikat.
  - $H_1 : \beta_j \neq 0$  untuk  $j = 1, 2, \dots, k$  berarti ada pengaruh yang signifikan antara variabel bebas ke-j terhadap variabel terikat.
- Menentukan derajat kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ )
- Kriteria pengambilan keputusan : tolak  $H_0$  jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka terima  $H_1$
- Kesimpulan : Jika  $H_0$  ditolak berarti variabel bebas secara individu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.

### Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik dilakukan untuk melihat ada tidaknya penyimpangan-penyimpangan di dalam model regresi yang dapat mempengaruhi pengambilan kesimpulan. Uji asumsi klasik yang sering digunakan yaitu uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, uji normalitas, uji autokorelasi dan uji linearitas. Tidak ada ketentuan yang pasti tentang urutan uji mana dulu yang harus dipenuhi. Analisis dapat dilakukan tergantung pada data yang ada. Sebagai contoh, dilakukan analisis terhadap semua uji asumsi klasik, lalu dilihat mana

yang tidak memenuhi persyaratan. Kemudian dilakukan perbaikan pada uji tersebut, dan setelah memenuhi persyaratan, dilakukan pengujian pada uji yang lain. Adapun Uji asumsi klasik untuk analisis regresi berganda yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

#### 1. Uji Multikolinieritas

Multikolinieritas adalah suatu kondisi dimana terjadi korelasi yang kuat diantara variabel-variabel bebas ( $X$ ) yang diikutsertakan dalam pembentukan model regresi linier. Uji multikolinieritas merupakan bentuk pengujian asumsi dalam analisis regresi berganda. Uji multikolinieritas dilakukan untuk menguji apakah pada model regresi ditemukan adanya korelasi antar variabel bebas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel independen.

. Pengujian ada tidaknya gejala *multikolinieritas* dilakukan dengan memperhatikan nilai matriks korelasi yang dihasilkan pada saat pengolahan data serta nilai *VIF* (*Variance Inflation Factor*) dan Toleransinya. Apabila nilai matrik korelasi tidak ada yang lebih besar dari 0,05 maka dikatakan data yang akan dianalisis bebas dari multikolinieritas. *VIF* merupakan elemen diagonal utama dari invers matriks korelasi. *VIF* digunakan sebagai kriteria untuk mendeksi multikolinieritas pada regresi linier berganda yang melibatkan lebih dari dua variabel bebas. *VIF* yang melebihi 10, maka *multikolinieritas* dikatakan ada.

*VIF* untuk koefisien regresi- $j$  didefinisikan sebagai berikut :

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (2.12)$$

Dimana  $R_j^2$  = Koefisien determinasi antara  $X_j$  dengan variabel bebas lainnya;  $j = 1, 2, \dots, p$ . Kemudian jika nilai *TOL* lebih dari 0,1 maka tidak terjadi multikolinieritas dalam model regresi.

#### 2. Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah variansi dari *error* model regresi tidak konstan atau variansi antar *error* yang satu dengan *error* yang lain berbeda. Salah satu cara untuk mendeteksi *heteroskedastisitas* adalah dengan melihat grafik *scatter plot* antara nilai prediksi variabel terikat (*ZPRED*) dan nilai residualnya (*ZRESID*). Jika titik-titik membentuk pola tertentu yang teratur seperti gelombang besar melebar, kemudian menyempit maka telah terjadi *heteroskedastisitas*. Jika titik-titik menyebar diatas dan dibawah angka 0 pada sumbu Y tanpa membentuk pola tertentu, maka tidak terjadi *heteroskedastisitas*.

#### 3. Uji Normalitas

Pengujian normalitas adalah pengujian tentang kenormalan distribusi data. Uji ini merupakan pengujian yang paling banyak dilakukan untuk menganalisis karena pada analisis statistik parametrik, asumsi harus dimiliki oleh data adalah bahwa data tersebut terdistribusi normal. Tujuan uji normalitas adalah untuk menguji apakah dalam sebuah model regresi, variabel terikat dan variabel bebas atau keduanya mempunyai distribusi normal ataukah tidak. Model regresi yang baik memiliki nilai residual yang terdistribusi secara normal atau dengan kata lain data dari variabel yang diteliti tersebar secara normal. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat penyebaran data pada grafik *Normal P-P plot of Regression Standardized Residual*. Jika titik-titik menyebar di sekitar garis dan mengikuti garis diagonal maka dapat disimpulkan nilai residual terdistribusi secara normal. Selain dengan metode grafik, pengujian dapat juga dilakukan dengan Uji *Kolmogorov-Sminorv*. Apabila nilai signifikansinya lebih dari 0,05 maka hal tersebut mengindikasikan nilai residual terdistribusi secara normal.

#### 4. Uji Autokorelasi

*Autokorelasi* adalah terjadinya korelasi antara satu variabel *error* dengan variabel *error* yang lain. *Autokorelasi* seringkali terjadi pada data *time series* dan dapat juga terjadi pada data *cross section* tetapi jarang. Untuk mendeteksi adanya *autokorelasi* dalam model *regresi linier berganda* dapat digunakan metode *Durbin-Watson*. *Durbin-Watson* telah berhasil mengembangkan suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi adanya masalah *autokorelasi* dalam model *regresi linier berganda* menggunakan pengujian hipotesis dengan statistik uji yang cukup populer seperti pada persamaan berikut :

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=2}^n e_i^2} \quad (2.13)$$

Kemudian *Durbin-Watson* berhasil menurunkan nilai kritis batas bawah ( $d_L$ ) dan batas atas ( $d_U$ ) sehingga jika nilai  $d$  hitung dari persamaan di atas terletak di luar nilai kritis ini, maka ada atau tidaknya autokorelasi baik positif atau negatif dapat diketahui. Deteksi *autokorelasi* pada model *regresi linier berganda* dengan metode *Durbin-Watson* adalah seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2. Uji Statistik Durbin-Watson**

Nilai Statistik <i>Durbin-Watson</i>	Hasil
$0 < d < d_L$	Menolak hipotesis nol; ada <i>autokorelasi</i> positif
$d_L \leq d \leq d_U$	Daerah keragu-raguan; tidak ada keputusan
$d_U \leq d \leq 4 - d_U$	Menerima hipotesis nol; tidak ada <i>autokorelasi</i> positif/negative
$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$	Daerah keragu-raguan; tidak ada keputusan
$4 - d_L \leq d \leq 4$	Menolak hipotesis nol; ada <i>autokorelasi</i> positif

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Deskriptif Statistik Variabel Penelitian

permintaan minyak tanah per bulan memiliki nilai Minimum sebesar 15,0 (liter/bulan) dan nilai Maximum sebesar 63,0 (liter/bulan). Sedangankan rata-rata permintaan minyak tanah per bulan sebanyak 32,330 (liter/bulan) dengan Std. Deviation sebesar 11,0408. Pendapatan rumah tangga per bulan memiliki nilai Minimum sebesar Rp. 1.000.000/bulan dan nilai Maximum sebesar Rp. 4.887.500/bulan. Sedangkan rata-rata pendapatan rumah tangga sebesar Rp. 1.991.275/bulan. Jumlah anggota keluarga memiliki nilai Minimum sebanyak 2,0 jiwa dan nilai Maximum sebanyak 11,0 jiwa. Sedangkan rata-rata jumlah anggota keluarga sebanyak 5,780 atau setara dengan 6 jiwa. Harga minyak tanah memiliki nilai minimum sebesar Rp. 60.000/bulan dan nilai Maximum sebesar Rp. 315.000/bulan. Sedangkan rata-rata harga minyak tanah sebesar Rp. 153.260/bulan. Harga kayu bakar memiliki nilai minimum sebesar Rp. 20.0000/bulan dan nilai Maximum sebesar Rp. 100.000/bulan. Sedangkan rata-rata harga kayu bakar sebesar Rp. 30.050/bulan.

#### Estimasi Parameter

Berdasarkan hasil output dengan menggunakan *IBM SPSS Statistics 23* diperoleh hasil estimasi parameter sebagai berikut :

**Tabel 3. Estimasi Parameter Model Regresi Berganda**

Variabel	Koefisien	Std. Error	t	Sig.
(Constant)	-.794	1.055	-.752	.454
Pendapatan rumah tangga per bulan	.001	.001	2.331	.022
Jumlah anggota keluarga	1.211	.182	6.638	.000
Harga minyak tanah	.164	.009	18.082	.000
Harga kayu bakar	-.048	.018	-2.635	.010

#### Uji Signifikansi Parameter

##### a. Uji simultan (uji F)

Hasil uji F diperoleh nilai F hitung sebesar 482,562 dan nilai Sig. sebesar 0,000. Karena nilai Sig. lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa model regresi linier yang diestimasi layak digunakan untuk menjelaskan pengaruh pendapatan rumah tangga per bulan, jumlah anggota keluarga, harga minyak tanah dan harga kayu bakar terhadap permintaan minyak tanah per bulan.

##### b. Uji Parsial (Uji t)

*Uji t* dalam regresi linier berganda dimaksudkan untuk menguji apakah parameter (koefisien regresi dan konstanta) yang diduga untuk mengestimasi persamaan/model regresi linier berganda sudah merupakan parameter yang tepat atau belum. Berdasarkan Tabel 4.10 diperoleh hasil sebagai berikut:

- a) Pendapatan rumah tangga per bulan  
Variabel bebas pendapatan rumah tangga per bulan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat permintaan minyak tanah per bulan. Nilai koefisien variabel bertanda positif artinya pendapatan rumah tangga per bulan memiliki pengaruh yang searah dengan permintaan minyak tanah per bulan.
- b) Jumlah anggota keluarga  
Variabel bebas Jumlah anggota keluarga berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat permintaan minyak tanah per bulan. Nilai koefisien variabel bertanda positif artinya Jumlah anggota keluarga memiliki pengaruh yang searah dengan permintaan minyak tanah per bulan.
- c) Harga minyak tanah  
Variabel bebas Jumlah anggota keluarga berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat permintaan minyak tanah per bulan. Nilai koefisien variabel bertanda positif artinya Jumlah anggota keluarga memiliki pengaruh yang searah dengan permintaan minyak tanah per bulan.
- d) Harga kayu bakar  
Variabel bebas harga kayu bakar berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat permintaan minyak tanah per bulan. Nilai koefisien variabel bertanda negatif artinya harga kayu bakar memiliki pengaruh yang berlawanan arah dengan permintaan minyak tanah per bulan.
- Sehingga model regresi linier berganda yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -0,794 + 0,001X_1 + 1,211X_2 + 0,164X_3 - 0,048X_4$$

Koefisien regresi untuk pendapatan rumah tangga per bulan bernilai positif artinya bila pendapatan rumah tangga meningkat maka permintaan minyak tanah akan meningkat pula. Apabila pendapatan meningkat sebesar 1 rupiah maka permintaan minyak tanah akan naik sebesar 0,001 liter. Koefisien regresi untuk jumlah anggota keluarga bernilai positif artinya bila jumlah anggota keluarga meningkat sebanyak 1 jiwa maka akan terjadi kenaikan permintaan minyak tanah sebesar 1,211 liter. Koefisien regresi untuk harga minyak tanah bernilai positif artinya bila harga minyak tanah mengalami kenaikan sebesar 1 rupiah maka akan terjadi kenaikan permintaan minyak tanah sebesar 0,164 liter. Koefisien regresi untuk harga kayu bakar bernilai negatif artinya bila harga kayu bakar mengalami kenaikan sebesar 1 rupiah maka terjadi penurunan terhadap permintaan minyak tanah sebesar  $-0,048$  liter.

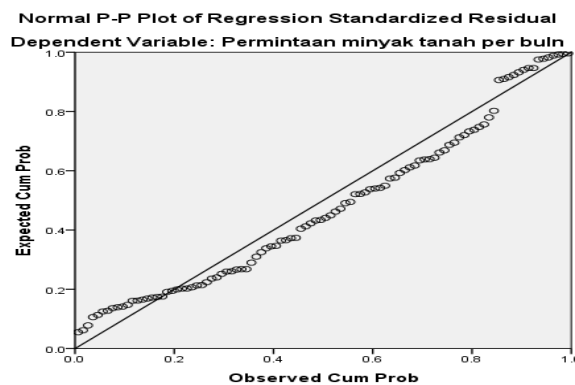
### Koefisien Determinasi

hasil uji koefisien determinansi  $R^2$  menunjukkan nilai *adjusted R square* sebesar 0,951 yang berarti bahwa 95,1% variasi atau perubahan dalam permintaan minyak tanah per bulan dapat dijelaskan oleh seluruh variabel bebas yang diduga berpengaruh. Sisanya sebesar 4,9% dijelaskan oleh faktor lain di luar dari penelitian. Sehingga nilai tersebut menggambarkan bahwa semua variabel independen yang digunakan bias menjelaskan faktor – faktor yang berpengaruh terhadap permintaan minyak tanah per bulan.

### Pengujian Asumsi Klasik

#### 1. Normalitas

Kriteria residual terdistribusi normal atau tidak dengan pendekatan *Normal P-P Plot* dapat dilakukan dengan melihat sebaran titik-titik yang ada pada gambar. Apabila sebaran titik-titik tersebut mendekati atau rapat pada garis lurus (diagonal) maka dikatakan bahwa residual terdistribusi normal, namun apabila sebaran titik-titik tersebut menjauhi garis maka tidak terdistribusi normal.



Gambar 1. Normal P-P Plot



Berdasarkan Gambar 1, *Normal P-P Plot* dapat dilihat sebaran titik-titik relatif mendekati garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa residual berdistribusi normal.

## 2. Uji Multikolinieritas

Hasil uji multikolinieritas dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

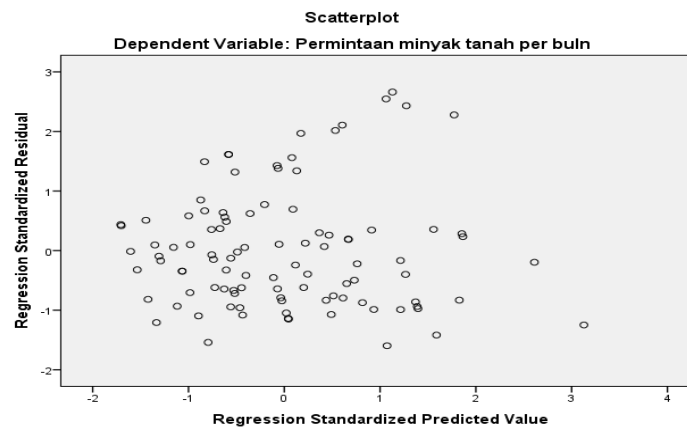
**Tabel 4. Nilai VIF**

Variabel	VIF
Pendapatan rumah tangga per bulan	2.916
Jumlah anggota keluarga	1.592
Harga minyak tanah	3.890
Harga kayu bakar	1.067

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat nilai VIF untuk semua variabel kurang dari 10 maka dapat dikatakan tidak terjadi multikolinieritas pada ke empat variabel bebas tersebut.

## 3. Heteroskedastisitas

Pengujian heteroskedastisitas dilakukan dengan membuat *Scatterplot* (alur sebaran) antara residual dan nilai prediksi dari variabel terikat yang telah distandarisasi. Hasil uji heteroskedastisitas dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 2. Scatterplot**

Berdasarkan Gambar 2, dapat terlihat bahwa titik – titik menyebar di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y serta tidak membentuk pola yang teratur. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil tidak menunjukkan heteroskedastisitas.

## 4. Autokorelasi

Uji Autokorelasi dapat terjadi apabila adanya penyimpangan terhadap suatu observasi oleh penyimpangan yang lain. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya autokorelasi yaitu dengan uji *Durbin-Watson*. Hasil uji autokorelasi dapat pada tabel 4.12 dibawah ini :

**Tabel 5. Hasil uji Durbin-Watson**

Durbin-Watson
1.767

Nilai *Durbin-Watson* yang tertera pada tabel disebut dengan DW hitung. Angka ini akan dibandingkan dengan kriteria penerimaan atau penolakan yang akan dibuat dengan nilai  $d_L$  dan  $d_U$  ditentukan berdasarkan jumlah variabel bebas dalam model regresi ( $k$ ) dan jumlah sampelnya ( $n$ ). Nilai  $d_L$  dan  $d_U$  dapat dilihat pada Tabel DW dengan tingkat signifikansi (*error*) 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

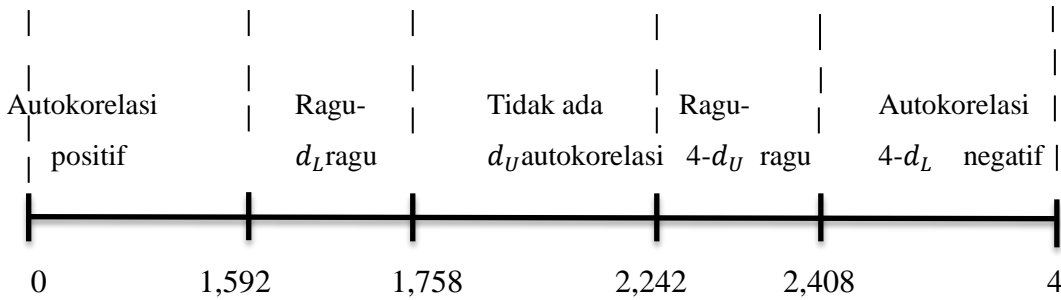
Dimana :

Jumlah variabel bebas :  $k = 4$

Jumlah sampel :  $n = 100$

Berdasarkan tabel *Durbin-Watson* pada lampiran 4 menunjukkan bahwa nilai:

$d_L = 1,592$  dan nilai  $d_U = 1,758$



Nilai DW hitung sebesar 1,767 lebih besar dari 1,758 dan lebih kecil dari 2,242 yang artinya berada pada daerah *tidak ada autokorelasi*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam model regresi linier tidak terjadi autokorelasi.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Model regresi linier berganda yang diperoleh untuk menggambarkan permintaan minyak tanah di desa pelauw adalah sebagai berikut :
 
$$\hat{Y} = -0,794 + 0,001X_1 + 1,211X_2 + 0,164X_3 - 0,048X_4$$
2. Semua variabel independen yang digunakan signifikan berpengaruh terhadap permintaan minyak tanah per bulan di desa Pelauw. Dari variabel-variabel independen pada penelitian ini, variabel yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel dependen adalah harga minyak tanah

## Daftar Pustaka

- [1] S. Wahyuni, "Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Rumah Tangga Konsumen Membayar Listrik di Desa Lero Kecamatan Masamba Kabupaten Luwu Utara," Jurusan Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Hasanuddin, Makassar, 2014.
- [2] Y. Kakisina, "Analisis Permintaan Minyak Tanah Sektor Rumah Tangga di Kota Salatiga," Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
- [3] D. Putriyani and T. Oswari, "Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Permintaan Konsumsi Minyak Tanah Rumah Tangga (Studi Kasus: Konsumen Minyak Tanah Rumah Tangga Dikecamatan Sukmajaya, Depok)," Jakarta, 2005.
- [4] D. N. Gujarati, Basic Econometrics, New York: McGraw-Hill Companies, Inc, 2003.

## PERBANDINGAN ALGORITMA *HILL CLIMBING* DAN ALGORITMA *ANT COLONY* DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMUM (Studi Kasus: Penentuan Rute Optimum Jalur Pelayaran Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease)

V. Y. I. Ilwaru<sup>1</sup>, T. Sumah<sup>2</sup>, Y.A.Lesnussa<sup>3</sup>, Z. A. Leleury<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Pattimura  
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon  
e-mail: <sup>1</sup>vennilwaru007@gmail.com; <sup>3</sup>yopi\_a\_lesnussa@yahoo.com

---

### Abstrak

Optimasi adalah pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Untuk memecahkan masalah optimasi tersebut, tentunya diperlukan algoritma yang handal. Algoritma *Hill Climbing* dan Algoritma *Ant Colony* adalah metode dari sekian banyak metode kecerdasan buatan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Karena algoritmanya yang cukup sederhana, metode *Hill Climbing* telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi. Disamping itu metode *Hill Climbing* juga mengefisienkan penggunaan memori yang besar. Algoritma *Ant Colony* adalah algoritma yang diadopsi dari perilaku koloni semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan, berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilewati. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan algoritma *Hill Climbing* dan Algoritma *Ant Colony* diperoleh rute optimum ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease yang berbeda. Pada Algoritma *Hill Climbing* diperoleh rute yang optimal yaitu Tulehu – Wainama – Umeputih – Wailey – Amahai - Nalahia dengan jarak tempuh 126 Km, sedangkan menggunakan Algoritma *Ant Colony* diperoleh rute yang optimal yaitu Tulehu – Wainama – Umeputih – Wailey – Amahai – Nalahia - Tulehu dengan jarak tempuh 197 Km.

**Kata Kunci :** Algoritma *Hill Climbing*, Algoritma *Ant Colony*, Jalur Optimum

## COMPARISON OF HILL CLIMBING ALGORITHM AND ANT COLONY ALGORITHM IN DETERMINING OPTIMUM ROUTE (Case Study: Determination of Optimum Route of Ferry Shipping Lines on Ambon Island, Seram Island, and Lease Islands)

### Abstract

Optimization is the search of the optimal variables values to achieve the desired results. To solve the optimization problem, of course required a reliable algorithm. Hill Climbing algorithm and Ant Colony algorithm are one of algorithm methods of artificial intelligence methods to solve optimization problems. Because of it's a simple algorithm, Hill Climbing method has been widely applied in various applications. Besides Hill Climbing method also efficiently in use the memory. The Ant Colony algorithm is an algorithm that is adopted from the behavior of ant colonies. Naturally, ant colonies are able to find the shortest route on the way from the nest to food sources, based on footprints on the route that has been skipped. From the results of research conducted by using Hill Climbing algorithm and Ant Colony algorithm obtained optimum ferry route in Ambon Island, Seram Island, and different Lease Islands. In Hill Climbing algorithm the optimal route is obtained from Tulehu - Wainama - Umeputih - Wailey - Amahai - Nalahia with 126 km distance, while using the Ant Colony algorithm obtained the optimal route is Tulehu - Wainama - Umeputih - Wailey - Amahai - Nalahia - Tulehu with 197 km distance.

**Keywords:** *Hill Climbing algorithm, Ant Colony algorithm, optimal route*

---

## 1. Pendahuluan

Optimasi adalah pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif dan juga efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan. Banyak permasalahan optimasi yang muncul dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah permasalahan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem/VRP*). Didalam pencarian rute yang harus dilalui, masih banyak orang yang menggunakan peta manual, baik itu untuk jalur yang harus dilalui dari satu lokasi ke lokasi yang lainnya ataupun untuk sekedar mencari suatu lokasi atau tempat tertentu.

Biasanya jalur terpendek tersebut didapatkan dengan cara menghitung waktu yang ditempuh ataupun berdasarkan jarak dari kota asal ke kota tujuan. Semakin banyak alternatif jalur ke kota tujuan maka semakin rumit cara untuk menghitung jalur terpendek. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan biaya dan waktu yang diperlukan. Dalam matematika permasalahan pencarian rute terpendek dijelaskan dalam teori graf. Secara umum teori graf adalah cabang ilmu matematika yang membahas tentang graf, dimana komponen utama dari graf adalah titik dan sisi. Titik dalam masalah ini merupakan tujuan sedangkan sisi merupakan jalan. Salah satu permasalahan optimasi yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik adalah Algoritma *Hill Climbing* dan Algoritma *Ant Colony*.

Metode *Hill Climbing* adalah salah satu metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pencarian terdekat (Rich *et al.*, 1991 dalam Russel dan Norvig, 2003). Cara kerjanya adalah menentukan langkah berikutnya dengan menempatkan titik yang akan muncul sedekat mungkin dengan sasarannya. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan fungsi heuristik. Pembangkitan keadaan berikutnya sangat tergantung pada *feedback* dari prosedur pengetesan. Tes yang berupa fungsi heuristik ini akan menunjukkan seberapa baiknya nilai terkaan yang diambil terhadap keadaan-keadaan lainnya yang mungkin (Kusumadewi, 2003). Terdapat dua jenis *Hill Climbing* yang sedikit berbeda, yaitu *Simple Hill Climbing* dan *Steepest-Ascent Hill Climbing*.

*Ant Colony Optimization (ACO)* diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, M., dan Gambardella, L., 1996). Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya, lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut.

Pada *Ant Colony Optimization (ACO)* setiap semut ditempatkan disemua titik graf (dalam hal ini titik-titik yang dikunjungi) yang kemudian akan bergerak mengunjungi seluruh titik. Setiap semut akan membuat jalur masing – masing sampai kembali ketempat semula dimana mereka ditempatkan pertama kali. Jika sudah mencapai keadaan ini, maka semut telah menyelesaikan sebuah siklus (tour). Solusi akhir adalah jalur terpendek dari seluruh jalur yang dihasilkan oleh pencarian semut tersebut. Metode Ant Colony mendapatkan jalur yang optimal dari pada tramper (F, Talakua M, & Lesnussa Y, 2014).

Sehingga dari permasalahan di atas penulis merasa tertarik untuk mengambil judul: “ Perbandingan Algoritma *Hill Climbing* Dan Algoritma *Ant Colony* Dalam Penentuan Rute Optimum (Studi Kasus: Penentuan Rute Optimum Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease)”.

## 2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus sehingga langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini yaitu mencari, mengumpulkan, mempelajari dan menganalisis karya ilmiah yang diperoleh dari bahan atau materi penelitian kemudian dipertanggungjawabkan secara ilmiah dalam bentuk skripsi.

Prosedur penelitiannya sebagai berikut:

1. Menentukan judul penelitian
2. Mencari bahan dan materi mengenai Algoritma *Hill Climbing*, Algoritma *Ant Colony*, Rute Kendaraan dan Graf
3. Menyusun pembahasan mengenai Algoritma *Hill Climbing* dan Algoritma *Ant Colony* pada Permasalahan rute kendaraan
4. Menyimpulkan penelitian yang dilakukan

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah hasil pengumpulan data dari PT. ASDP Indonesia Ferry Kantor Cabang Ambon. Dermaga pelabuhan ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease. Terdapat pada desa-desa berikut ini:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Tulehu (Tulehu)    | 5. Kulur (Umeputih)  |
| 2. Liang (Hunimua)    | 6. Latu (Wailey)     |
| 3. Kairatu (Waipirit) | 7. Nalahia (Nalahia) |
| 4. Kailolo (Wainama)  | 8. Amahai (Amahai)   |

#### 3.2 Penyelesaian dengan Algoritma *Hill Climbing*

Penerapan metode *Hill Climbing* berkaitan dengan hasil yang dicapai berupa pencarian lintasan terpendek dalam penerapannya menggunakan 8 sampel lokasi desa sebagai titik awalnya yang diambil berdasarkan lokasi yang mudah ditemui atau menjadi titik pada sebuah desa. Dari data yang didapat jarak antar masing-masing desa dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1. Jarak Antar Desa**

No.	Jarak Antar Desa	Jarak Tempuh (Km)
1.	Tulehu – Kailolo	11
2.	Tulehu – Kulur	43
3.	Liang – Kairatu	30
4.	Kailolo – Kulur	19
5.	Kulur – Latu	20
6.	Kulur – Nalahia	48
7.	Latu – Nalahia	37
8.	Latu – Amahai	36
9.	Nalahia – Amahai	47

Data menunjukkan rute perjalanan kapal ferry dari yang terdekat hingga yang terjauh. Informasi yang diperoleh berupa jarak dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Dimana pada data di atas jarak dari suatu kota A ke kota B sama saja dengan jarak dari kota B ke Kota A .

Sehingga Jarak dan Rute Ferry dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini:



**Gambar 1. Dermaga dan Rute Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease**



**Gambar 2. Dermaga dan Rute Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease yang feasible**

Karena pada rute Liang - Kairatu hanya menghubungkan antara Desa Liang dan Desa Kairatu, maka tidak dapat digunakan. Sehingga rute yang dapat digunakan dapat dilihat pada gambar 2. Sehingga dalam pencarian rute terpendek dengan menggunakan metode *hill climbing* hanya digunakan 6 lokasi desa dari 8 desa yaitu tulehu, liang, kailolo, kulur, latu, dan nahalia. Maka dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{n!}{2!(n-2)!}$$

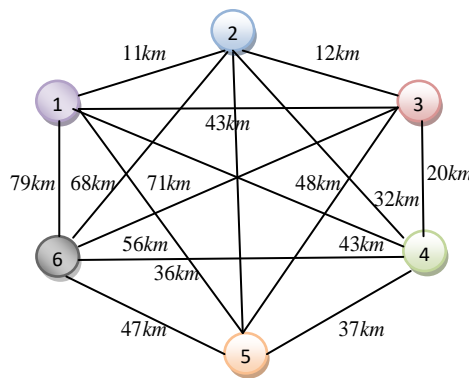
maka banyaknya lintasan yang mungkin dibentuk dari 6 desa adalah sebagai berikut:

$$\frac{6!}{2!(6-2)!} = 15$$

Ke 15 kombinasi ini akan dipakai sebagai operator, yaitu:

1. Tukar 1,2 (menukar urutan posisi desa ke-1 dengan desa ke-2).
2. Tukar 1,3 (menukar urutan posisi desa ke-1 dengan desa ke-3).
3. Tukar 1,4 (menukar urutan posisi desa ke-1 dengan desa ke-4).
4. Tukar 1,5 (menukar urutan posisi desa ke-1 dengan desa ke-5).
5. Tukar 1,6 (menukar urutan posisi desa ke-1 dengan desa ke-6).
6. Tukar 2,3 (menukar urutan posisi desa ke-2 dengan desa ke-3).
7. Tukar 2,4 (menukar urutan posisi desa ke-2 dengan desa ke-4).
8. Tukar 2,5 (menukar urutan posisi desa ke-2 dengan desa ke-5).
9. Tukar 2,6 (menukar urutan posisi desa ke-2 dengan desa ke-6).
10. Tukar 3,4 (menukar urutan posisi desa ke-3 dengan desa ke-4).
11. Tukar 3,5 (menukar urutan posisi desa ke-3 dengan desa ke-5).
12. Tukar 3,6 (menukar urutan posisi desa ke-3 dengan desa ke-6).
13. Tukar 4,5 (menukar urutan posisi desa ke-4 dengan desa ke-5).
14. Tukar 4,6 (menukar urutan posisi desa ke-4 dengan desa ke-6).
15. Tukar 5,6 (menukar urutan posisi desa ke-5 dengan desa ke-6).

Kombinasi ini akan dipakai sebagai operator dan dengan menggunakan jarak terdekat dari dua kota yang tidak berhubungan langsung sebagai jarak antar kedua kota tersebut maka jarak antara kota-kota yang dipilih dapat di gambarkan pada graf berbobot yang di tunjukan oleh gambar 3 dibawah ini.

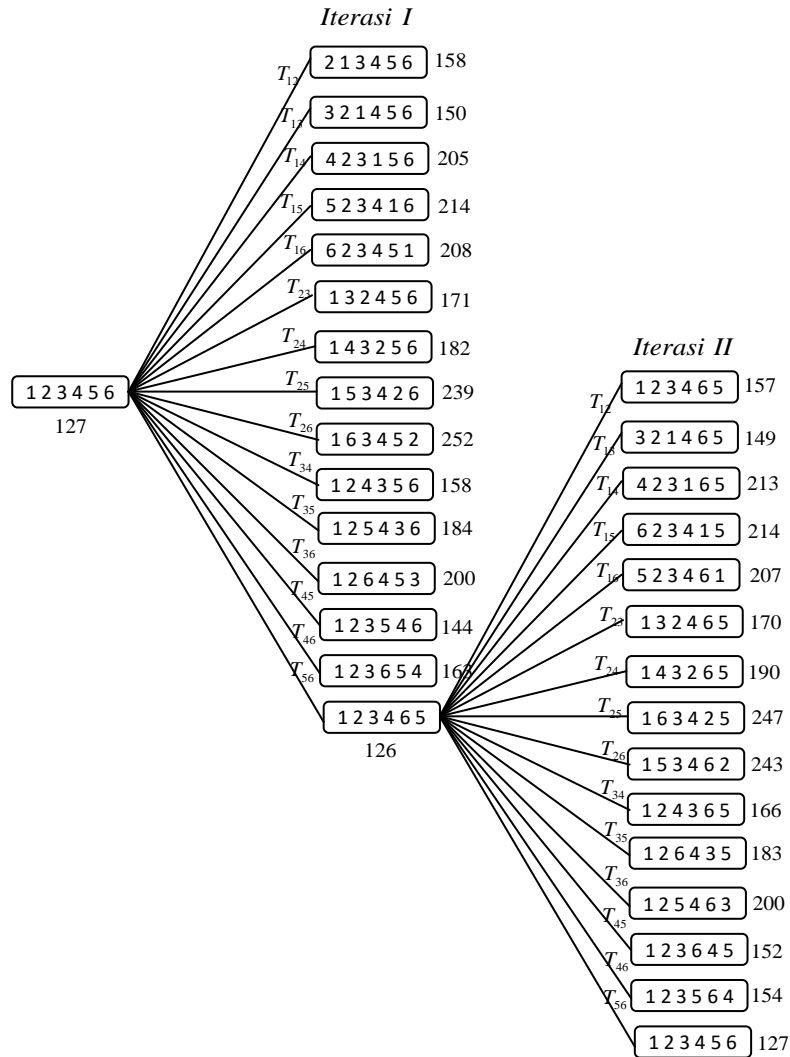


Keterangan:

1. Tulehu
2. Wainama
3. Umeputih
4. Wailey
5. Nahalia
6. Amahai

**Gambar 3. Graf Panjang Lintasan**

Dengan menggunakan rute awal yaitu 1-2-3-4-5-6 dengan panjang jarak 127 km. Maka dengan menggunakan algoritma *hill climbing* kita akan memperoleh 15 rute baru yang berbeda yaitu: (2-1-3-4-5-6), (3-2-1-4-5-6), (4-2-3-1-5-6) dan seterusnya, selanjutnya rute-rute baru ini akan dicari rute terpendek dimana rute terpendek tersebut harus lebih kecil dari rute awal, jika terdapat rute terpendek maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan algoritma *hill climbing* pada rute tersebut sampai tidak ditemukan rute terpendek yang lebih kecil dari rute tersebut tetapi jika tidak terdapat rute terpendek maka rute awal adalah solusinya. Untuk pengujian lebih lengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 4. Pohon Pencarian**

dari hasil pengujian yang di tunjukan pada gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa yang merupakan rute terpendek adalah rute 1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 5 dengan jarak 126 km.



**Gambar 5. Jalur Optimal Rute Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease**

Sehingga jalur ferry yang paling terpendek untuk sebuah ferry dalam melakukan perjalanan adalah 1 Desa Tulehu (Tulehu) – 2 Desa Kailolo (Wainama) – 3 Desa Kulur (Umeputih) – 4 Desa Latu (Wailey) – 6 Desa

Amahai (Amahai) – 5 Desa Nalahia (Nalahia) dengan jarak tempuh 126 km dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

### 3.3 Hasil Program Hill Climbing

Dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) Matlab R2009 dalam penyelesaian rute terpendek dengan menggunakan metode *hill climbing*, maka di peroleh hasil program sebagai berikut.

```

Command Window
*****
**
* Penyelesaian dengan Simple Hill Climbing *
**
*****
masukkan matriks jarak =
fx [0 11 43 43 71 79; 11 0 12 32 60 68; 43 12 0 20 48 56; 43 32 20 0 37 36; 71 60 48 37 0 47;
79 68 56 36 47 0]
    
```

Input pada program ini berupa matriks jarak yang menggambarkan jarak antara setiap kota. Baris ke-*i* menggambarkan jarak antara kota *i* dengan kota-kota lainnya dengan *i* = 1,2,3,4,5,6. Dari proses perhitungan ini diperoleh output sebagai berikut.

```

Command Window
Rute >> 1 6 3 4 5 2 Panjang Rute = 252
Rute >> 1 2 4 3 5 6 Panjang Rute = 158
Rute >> 1 2 5 4 3 6 Panjang Rute = 184
Rute >> 1 2 6 4 5 3 Panjang Rute = 200
Rute >> 1 2 3 5 4 6 Panjang Rute = 144
Rute >> 1 2 3 6 5 4 Panjang Rute = 163
Rute >> 1 2 3 4 6 5 Panjang Rute = 126
Rute terpilih sementara : 1 2 3 4 6 5
Panjang rute : 126
*****
Iterasi Ke- 2
Rute >> 2 1 3 4 6 5 Panjang Rute = 157
Rute >> 3 2 1 4 6 5 Panjang Rute = 149
Rute >> 4 2 3 1 6 5 Panjang Rute = 213
Rute >> 6 2 3 4 1 5 Panjang Rute = 214
Rute >> 5 2 3 4 6 1 Panjang Rute = 207
Rute >> 1 3 2 4 6 5 Panjang Rute = 170
Rute >> 1 4 3 2 6 5 Panjang Rute = 190
Rute >> 1 6 3 4 2 5 Panjang Rute = 247
Rute >> 1 5 3 4 6 2 Panjang Rute = 243
Rute >> 1 2 4 3 6 5 Panjang Rute = 166
Rute >> 1 2 6 4 3 5 Panjang Rute = 183
Rute >> 1 2 5 4 6 3 Panjang Rute = 200
Rute >> 1 2 3 6 4 5 Panjang Rute = 152
Rute >> 1 2 3 5 6 4 Panjang Rute = 154
Rute >> 1 2 3 4 5 6 Panjang Rute = 127
Rute terpilih sementara : 1 2 3 4 6 5
Panjang rute : 126
*****
Optimum pada iterasi ke = 1
Rute >> 1 2 3 4 6 5 Panjang Rute = 126
*****
fx >>
    
```

Dari hasil output diatas dapat dilihat bahwa dari 6 desa dengan 15 operator penukaran diperoleh 2 kali iterasi yang menghasilkan rute terpendek adalah 1-2-3-4-6-5 dengan panjang jarak 126 km.

### 3.4 Penyelesaian dengan Algoritma Ant Colony

Dalam pembahasan ini akan dilakukan pencarian rute terpendek pada jalur pelayaran kapal ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease dengan menggunakan *Ant Colony System* (ACS). Berikut data jarak yang didapat dari masing-masing desa..

Berdasarkan tabel 1 di atas maka dibentuk tabel jarak pelabuhan antar pelabuhan pada masing-masing desa sebagai berikut:

**Tabel 2. Jarak pelabuhan antar pelabuhan**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0	11	43	43	71	79
Wainama	11	0	12	32	60	68
Umeputih	43	12	0	20	48	56
Wailey	43	32	20	0	37	36
Nalahia	71	60	48	37	0	47
Amahai	79	68	56	36	47	0



Terdapat tiga tahapan dalam menghitung rute terpendek dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System*, yaitu:

1. Tahap pemilihan titik yang akan dituju  
 Pada tahap ini rute kapal ferry ditempatkan pada titik  $t$  memilih menuju ke titik  $v$  dengan menggunakan persamaan (1).

$$v = \max\{\tau(t, u_i) \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta(t, v) = \frac{1}{\text{jarak}(t, u_i)}$$

- a. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal untuk menghitung invers jarak ( $\eta(t, v)$ ) antar tiap rute berdasarkan Tabel 4.3 sebagai berikut:

$$\eta(t, v) = \frac{1}{\text{jarak}(t, u_i)}$$

maka diperoleh

- $\eta(\text{tulehu, tulehu}) = 0$
- $\eta(\text{tulehu, wainama}) = 0.0909$
- $\eta(\text{tulehu, umeputih}) = 0.0233$
- $\eta(\text{tulehu, wailey}) = 0.0233$
- $\eta(\text{tulehu, nalahia}) = 0.0141$
- $\eta(\text{tulehu, amahai}) = 0.0127$
- $\eta(\text{wainama, umeputih}) = 0.0833$
- $\eta(\text{wainama, wailey}) = 0.0312$
- $\eta(\text{wainama, nalahia}) = 0.0167$
- $\eta(\text{wainama, amahai}) = 0.0147$
- $\eta(\text{umeputih, wailey}) = 0.05$
- $\eta(\text{umeputih, nalahia}) = 0.0208$
- $\eta(\text{umeputih, amahai}) = 0.0179$
- $\eta(\text{wailey, nalahia}) = 0.0270$
- $\eta(\text{wailey, amahai}) = 0.0278$
- $\eta(\text{nalasia, amahai}) = 0.0213$

Hasil keseluruhan dari invers jarak ( $\eta(t, v)$ ) dapat dilihat pada tabel 3, berikut:

**Tabel 3. Invers jarak ( $\eta(t, v)$ )**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0	0.0909	0.0233	0.0233	0.0141	0.0127
Wainama	0.0909	0	0.0833	0.0312	0.0167	0.0147
Umeputih	0.0233	0.0833	0	0.0500	0.0208	0.0179
Wailey	0.0233	0.0312	0.0500	0	0.0270	0.0278
Nalahia	0.0141	0.0167	0.0208	0.0270	0	0.0213
Amahai	0.0127	0.0147	0.0179	0.0278	0.0213	0

Nilai dari semua *pheromone* ( $\tau_0$ ) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang sangat kecil. Pada perhitungan ini nilai *pheromone* awal adalah 0.0008, yang diperoleh dari persamaan:

$$\tau_0 = \frac{1}{n(C^n)}$$

dimana  $n$  adalah banyaknya titik pada *tour*, dan  $C^n$  adalah kemungkinan jarak *tour* terpendek yang diperoleh dari metode *nearest neighborhood heuristic*. Penetapan nilai *pheromone* awal dimaksudkan agar tiap-tiap sisi memiliki nilai ketertarikan untuk dikunjungi oleh tiap-tiap semut. Nilai *pheromone* untuk semua titik dapat dilihat pada tabel 4, berikut:

**Tabel 4. Nilai Pheromone**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Wainama	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Umeputih	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Wailey	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Nalahia	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Amahai	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008

b. Tahap pemilihan titik yang akan dituju

Dalam pemilihan titik selanjutnya yang dituju, pertama-tama dilakukan penetapan dari nilai  $\beta = 2$ , yaitu parameter perhitungan untuk mendapatkan nilai yang optimal dalam ACS. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *temporary* ( $t, u$ ) berdasarkan persamaan (1) serta nilai probabilitas berdasarkan persamaan (2) dari titik awal ( $t$ ) ke titik selanjutnya yang belum dilalui ( $u$ ). Nilai *temporary* digunakan untuk menentukan titik-titik yang akan dituju selanjutnya. Hasil perhitungan nilai *temporary* dan nilai probabilitas dari titik awal ( $T$ ) ke titik selanjutnya ( $H$ ) dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{temporary}(t, u) &= [\tau_0(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta, i = 1, 2, 3, \dots, n \\ \text{temporary}(T, H) &= [\tau_0(T, H)] \cdot [\eta(T, H)]^\beta \end{aligned}$$

- $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Tulehu}) = [0.0008] \cdot [0]^2 = 0$
  - $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Wainama}) = [0.0008] \cdot [0.0909]^2 = 66.1025 \times 10^{-7}$
  - $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Umeputih}) = [0.0008] \cdot [0.0233]^2 = 4.34312 \times 10^{-7}$
  - $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Wailey}) = [0.0008] \cdot [0.0233]^2 = 4.34312 \times 10^{-7}$
  - $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Nalahia}) = [0.0008] \cdot [0.0141]^2 = 1.59048 \times 10^{-7}$
  - $\text{temporary}(\text{Tulehu}, \text{Amahai}) = [0.0008] \cdot [0.0127]^2 = 1.29032 \times 10^{-7}$
- Total =  $77.6695 \times 10^{-7}$

$$\text{Probabilitas}(r, u) = \frac{[\tau_0(t, v)] \cdot [\eta(t, v)]^\beta}{\sum_{i=1}^n [\tau_0(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta}$$

- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Tulehu}) = \frac{0}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0$
- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Wainama}) = \frac{66.1025 \times 10^{-7}}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0.851074$
- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Umeputih}) = \frac{4.34312 \times 10^{-7}}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0.055918$
- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Wailey}) = \frac{4.34312 \times 10^{-7}}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0.055918$
- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Nalahia}) = \frac{1.59048 \times 10^{-7}}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0.020478$
- $\text{Probabilitas}(\text{Tulehu}, \text{Amahai}) = \frac{1.29032 \times 10^{-7}}{77.6695 \times 10^{-7}} = 0.016613$

Hasil perhitungan *temporary* dan probabilitas dari titik awal ( $T$ ) ke titik selanjutnya ( $H$ ) dapat dilihat pada tabel 5, berikut:

**Tabel 5. Hasil Perhitungan *Temporary* dan Probabilitas**

	<b>Tulehu</b>	<b>Wainama</b>	<b>Umeputih</b>	<b>Wailey</b>	<b>Nalahia</b>	<b>Amahai</b>
<i>Temporary</i> (x $10^{-7}$ )	0	66.1025	4.34312	4.34312	1.59048	1.29032
Probabilitas	0	0.851074	0.055918	0.055918	0.020478	0.016613
Probabilitas Akumulatif	0	0.851074	0.906692	0.96291	0.983307	1

Untuk memilih persamaan yang tepat sebagai acuan dalam pemilihan lokasi selanjutnya dibangkitkan suatu bilangan acak ( $q$ ) sebesar 0.1 dan suatu bilangan pembatas ( $q_0$ ) sebesar 0.9, yang artinya semut melakukan proses eksploitasi dengan probabilitas 90% dan proses eksplorasi 10% (Bauer, n.d). Penentuan lokasi yang akan dituju berdasarkan persamaan (1), yaitu dengan melihat hasil *temporary* yang paling besar. Maka tujuan selanjutnya adalah wainama.

2. Tahap pembaruan *pheromone* ( $\tau$ ) lokal

Tahap selanjutnya adalah melakukan pembaharuan *pheromone* ( $\tau$ ) secara lokal dengan menggunakan persamaan (2).

$$\tau(t, v) \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau(t, v) + \rho \cdot \Delta\tau(t, v) \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta\tau(t, v) = \frac{1}{L_{nn} \cdot c}$$

Dimana:

- $L_{nn}$  = panjang *tour* yang diperoleh
- $c$  = jumlah lokasi
- $\rho$  = parameter dengan nilai 0 sampai 1
- $\Delta\tau$  = perubahan *pheromone*

Dalam memperbaharui *pheromone* secara lokal dibutuhkan suatu parameter ( $\rho$ ) sebesar 0,1. Hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$\Delta\tau(T, H) = \frac{1}{11 \cdot 6} = 0.0152$$

Hasil pembaharuan *pheromone*( $\tau$ ) lokal untuk  $\Delta\tau(T, H)$  dapat dilihat pada tabel 6, berikut:

**Tabel 6. Nilai Pheromone ( $\tau$ ) Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal untuk  $\Delta\tau(T, H)$**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0.0008	<b>0.0152</b>	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Wainama	<b>0.0152</b>	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Umeputih	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Wailey	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Nalahia	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
Amahai	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008

Dengan proses yang sama, hasil keseluruhan pembaharuan *pheromone* lokal oleh semut dalam sekali jalan ditunjukkan pada tabel 7, berikut:

**Tabel 7. Nilai keseluruhan pembaharuan *pheromone* lokal oleh semut dalam sekali jalan**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0.0008	<b>0.0152</b>	0.0008	0.0008	<b>0.002347</b>	0.0008
Wainama	<b>0.0152</b>	0.0008	<b>0.013889</b>	0.0008	0.0008	0.0008
Umeputih	0.0008	<b>0.013889</b>	0.0008	<b>0.00833</b>	0.0008	0.0008
Wailey	0.0008	0.0008	<b>0.00833</b>	0.0008	0.0008	<b>0.00463</b>
Nalahia	<b>0.002347</b>	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	<b>0.003546</b>
Amahai	0.0008	0.0008	0.0008	<b>0.00463</b>	<b>0.003546</b>	0.0008

Maka diperoleh lintasan dengan total panjang lintasan adalah:

Rute : Tulehu-Wainama-Umeputih-Wailey-Amahai-Nalahia-Tulehu

Panjang lintasan :  $11 + 12 + 20 + 36 + 47 + 71 = 197 \text{ km}$

3. Tahap pembaruan *pheromone* ( $\tau$ ) global

Setelah Tahap 1 dan 2 telah selesai untuk mendapatkan rute dan setiap tujuan yang dikunjungi telah mengalami pembaharuan *pheromone* secara lokal, maka tahap berikutnya adalah melakukan pembaharuan *pheromone* secara global. Hanya saja tujuan yang dapat diperbaharui secara global hanyalah tujuan yang menghasilkan rute dengan jarak terpendek. Pembaharuan *pheromone* secara global dilakukan berdasarkan persamaan (3):

$$\tau(t, v) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \tau(t, v) + \alpha \cdot \Delta\tau(t, v) \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta\tau(t, v) = \begin{cases} L_{gb}^{-1} & \text{jika } (t, v) \in \text{tur terbaik} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dimana:

$\tau(t, v)$  = nilai *pheromone* akhir setelah mengalami pembaharuan lokal

$L_{gb}$  = panjang jalur terpendek pada akhir siklus

$\alpha$  = parameter dengan nilai 0 sampai 1

$\Delta\tau$  = perubahan *pheromone*

Pada tahap 1 dan tahap 2, rute yang dihasilkan adalah Tulehu-Wainama-Umeputih-Wailey-Amahai-Nalahia-Tulehu. Dari rute tersebut didapat panjang lintasan adalah 197 km, dan rute ini merupakan panjang rute terpendek. Maka perhitungan pembaharuan *pheromone* globalnya adalah sebagai berikut:

$\alpha = 0,1$  ;  $L_{gb} = 197$

Nilai *pheromone* akhir:

- o Untuk  $(t, v)$  yang merupakan bagian dari rute terpendek

$$\Delta\tau(t, v) = L_{gb}^{-1} = (197)^{-1} = 0,005$$

Hasil pembaharuan *pheromone* global dapat dilihat pada tabel 8, berikut:

**Tabel 8. Nilai Pheromone ( $\tau$ ) Setelah Mengalami Pembaharuan Global**

	Tulehu	Wainama	Umeputih	Wailey	Nalahia	Amahai
Tulehu	0.00072	<b>0.01418</b>	0.00072	0.00072	<b>0.0026123</b>	0.00072
Wainama	<b>0.01418</b>	0.00072	<b>0.0130001</b>	0.00072	0.00072	0.00072
Umeputih	0.00072	<b>0.0130001</b>	0.00072	<b>0.007997</b>	0.00072	0.00072
Wailey	0.00072	0.00072	<b>0.007997</b>	0.00072	0.00072	<b>0.004667</b>
Nalahia	<b>0.0026123</b>	0.00072	0.00072	0.00072	0.00072	<b>0.003546</b>
Amahai	0.00072	0.00072	0.00072	<b>0.004667</b>	<b>0.003546</b>	0.00072

Sehingga jalur ferry yang paling optimum untuk sebuah ferry dalam melakukan perjalanan adalah 1 Desa Tulehu (Tulehu) – 2 Desa Kailolo (Wainama) – 3 Desa Kulur (Umeputih) – 4 Desa Latu (Wailey) – 6 Desa Amahai (Amahai) – 5 Desa Nalahia (Nalahia) – 1 Desa Tulehu (Tulehu) dengan jarak tempuh 197 km dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:



**Gambar 6. Jalur Optimal Rute Ferry di Pulau Ambon, Pulau Seram, dan Pulau-Pulau Lease**

Berdasarkan hasil perhitungan jarak tempuh dan pemilihan rute optimum antara algoritma *Hill Climbing* dengan algoritma *Ant Colony* terlihat bahwa jarak tempuh terpendek didapat melalui perhitungan dengan menggunakan algoritma *Hill Climbing* yaitu dapat memangkas jarak tempuh sejauh 126 Km dengan rute optimum 1 Desa Tulehu (Tulehu) – 2 Desa Kailolo (Wainama) – 3 Desa Kulur (Umeputih) – 4 Desa Latu (Wailey) – 6 Desa Amahai (Amahai) – 5 Desa Nalahia (Nalahia) – 1 Desa Tulehu (Tulehu) dibandingkan dengan jarak tempuh dan rute optimum dengan algoritma *Ant Colony*.

Tabel 9 perbandingan rute optimum dan jarak tempuh antara algoritma *Hill Climbing* dengan algoritma *Ant Colony*:

**Tabel 9. Tabel perbandingan rute optimum dan jarak tempuh antara algoritma Hill Climbing dengan algoritma Ant Colony**

Aspek Perbandingan	Hill Climbing	Ant Colony
Rute Optimum	1 Desa Tulehu (Tulehu) – 2 Desa Kailolo (Wainama) – 3 Desa Kulur (Umeputih) – 4 Desa Latu (Wailey) – 6 Desa Amahai (Amahai) – 5 Desa Nalahia (Nalahia)	1 Desa Tulehu (Tulehu) – 2 Desa Kailolo (Wainama) – 3 Desa Kulur (Umeputih) – 4 Desa Latu (Wailey) – 6 Desa Amahai (Amahai) – 5 Desa Nalahia (Nalahia) – 1 Desa Tulehu (Tulehu)
Jarak Tempuh	126 Km	197 Km

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil dan uraian diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemilihan rute optimum dengan menggunakan algoritma *Hill Climbing* menghasilkan rute Tulehu – Wainama – Umeputih – Wailey – Amahai - Nalahia dengan jarak tempuh 126 Km sedangkan pemilihan rute optimum dengan algoritma *Ant Colony* menghasilkan rute Tulehu – Wainama – Umeputih – Wailey – Amahai – Nalahia - Tulehu dengan jarak tempuh 197 Km.
2. Dengan menggunakan data yang sama, pencarian rute optimum menggunakan algoritma *Hill Climbing* terbukti lebih akurat dibandingkan algoritma *Ant Colony*. Algoritma *Ant Colony* menggunakan fungsi heuristic untuk mendapatkan hasil yang optimal sehingga kekurangan dari algoritma *Ant Colony* ini adalah waktu proses dalam mendapatkan hasil yang paling optimal sangat tergantung dari jumlah iterasi perhitungan yang digunakan.
3. Dengan menggunakan data yang sama, pencarian rute optimum menggunakan algoritma *Hill Climbing* dan algoritma *Ant Colony*, para pengguna jasa ASDP mendapatkan waktu tempuh yang cepat berdasarkan rute optimum yang didapatkan.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Aawar, H. E., A simulated motion planning algorithm in 2d and 3d environment using hill climbingA simulated motion planning algorithm in 2d and 3d environment using hill climbing. *International Journal of Artificial intelligence and applications*, 35-53, 2014.
- [2]. Amin, Aulia, A., & Ikhsan, Mukhamad., Wibisono, Lastiko., *Travelling Salesman Problem*. Bandung: ITB, 2003.
- [3]. Dorigo, M.,. The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE transactions onSystems, Man, and Cybernetics*, 26, 1996.
- [4]. F, Tutupary., M. W. Talakua, & Y. A. Lesnussa., Aplikasi Algoritma Ant Colony System Dalam Penentuan Rute Optimum Distribusi BBM Pada PT. Burung Laut. *BAREKENG : Jurnal ilmu matematika dan terapan*, 51-59, 2014.
- [5]. Kusumadewi, S., & Purnomo, H., *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.
- [6]. Lim., A simulated annealing and hill-climbing algorithm for the traveling tournament problem. *European Journal of Operational Research*, 1459–1478, 2005.
- [7]. Mutakhirah, I., Indrato, & Hidayat, T., Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2007.
- [8]. Rayward, V. J., Osman, I. H., Reeves, C. R., & Smith, G. D., *Modern Heuristic Search Methods*. England: John Willey & Sons, 1996.
- [9]. Taufik, A., *8-Puzzle Problem Bagian 2*, 2010.



## PENERAPAN TEORI KONGRUENSI DALAM PERMAINAN NIM

L. Tehuayo<sup>1</sup>, Z. A. Leleury<sup>2</sup>, F. Kondolembang<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura  
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>ledy\_tehuayo@yahoo.com; <sup>2</sup>zetharthur82@gmail.com; <sup>3</sup>ferrykondolembang@gmail.com

---

### Abstrak

Permainan NIM adalah permainan tradisional yang menggunakan strategi sebagai elemen utamanya. Permainan ini dimainkan oleh dua pemain dimana setiap pemain secara bergantian mengambil paling sedikit suatu objek dengan aturan-aturan tertentu. Kemenangan permainan Nim terletak pada banyaknya objek yang tersedia dan strategi yang digunakan dalam mengambil objek tersebut. Dalam permainan NIM, pemain yang mengambil objek terakhir adalah pemain yang memenangkan permainan. Penelitian ini menyajikan tujuh buah permainan Nim: Nim Maksima, Nim Satu-Tiga, Nim Satu-Empat, Nim Satu-Dua-Empat, Nim Satu-Tiga-Empat, Nim Satu-Tiga-Lima-Tujuh dan Nim Tiga-Lima-Tujuh-Sembilan. Pada permainan Nim ini, peranan Matematika dalam teori bilangan Khususnya teori kongruensi adalah cara dalam menentukan strategi kemenangan untuk permainan Nim.

**Kata kunci:** Kongruensi, permainan Nim, strategi.

## THE IMPLEMENTATION OF CONGRUENCY THEORY IN NIM GAMES

### Abstract

Nim Games is a traditional game that uses strategy as its main element, Nim game is played by two players where each player in turn takes at least an object with certain rules. The victory of Nim games lies in the number of available objects and strategies used in taking those objects. In the NIM game the player who takes the last object is the player who wins the game. In this paper presents seven games of Nim: Nim Maksima, Nim One-Three, Nim One-Four, Nim One-Two-Four, Nim One-Three-Four, Nim One-Three-Five-Seven and Nim Three-Five-Seven-Nine. In this Nim game, the role of Mathematics in the theory of Special numbers of congruence theory is a way of determining winning strategi for Nim games.

**Keywords:** *Congruence, Nim game, strategy.*

---

### 1. Pendahuluan

Permainan Nim merupakan salah satu permainan tradisional yang pada saat ini jarang sekali dimainkan karena muncul dan berkembangnya permainan-permainan baru yang lebih menarik. Nim adalah suatu permainan yang dimainkan oleh 2 orang dengan suatu aturan tertentu. Nim biasanya dimainkan sebagai *misere game* dimana pemain yang mengambil objek terakhir kalah. Nim dapat juga dimainkan secara normal, yaitu pemain yang mengambil objek terakhir menang. Hal ini dikatakan normal karena mengikuti konvensi, sedangkan Nim biasanya tidak mengikuti konvensi tersebut. Permainan normal Nim merupakan hal yang fundamental bagi Teorema *Sprague Gundy*, yang intinya mengatakan bahwa dalam permainan yang normal setiap *impartial game*, yaitu sebuah permainan dimana yang membedakan antara pemain 1 dan pemain 2 adalah bahwa pemain 1 mendapat giliran pertama, ekuivalen dengan setumpuk Nim yang menghasilkan akibat yang sama pada saat dimainkan *parallel* dengan permainan normal *impartial game* lainnya [1]. Ada berbagai jenis permainan Nim. Pada penelitian ini dibahas tujuh buah permainan Nim, yaitu Nim Maksima, Nim Satu-Tiga, Nim Satu-Empat, Nim Satu-Dua-Empat, Nim Satu-Tiga-Empat, Nim Satu-Tiga-Lima-Tujuh dan Nim Tiga-Lima-Tujuh-Sembilan.

Untuk ketujuh permainan Nim yang akan dibahas disini, akan dtentukan suatu strategi untuk memenangkan permainan tersebut. Teori Matematika yang akan tampak pada permainan ini adalah tentang Teori Bilangan. Teori bilangan merupakan bagian dari matematika yang tergolong sudah tua usianya. Namun demikian sering digunakan sebagai dasar dari pengembangan beberapa cabang matematika seperti pada permainan Nim. Konsep teori bilangan, khususnya kongruensi akan dipakai dalam pembentukan strategi kemenangan permainan Nim.

## 2. Tinjauan Pustaka

Nim merupakan permainan klasik yang mengandalkan strategi sebagai elemen utamanya [1]. Pada faktanya, di Indonesia banyak orang yang tidak mengetahui apa itu permainan Nim. Hal ini wajar, mengingat asal dari permainan itu sendiri. Permainan Nim dimainkan secara normal antara dua orang pemain secara bergantian. Nim secara matematika dipecahkan untuk berbagai banyaknya tumpukan dan objek. Konsep kongruensi yang dibahas dalam teori bilangan yang juga merupakan bagian dari teori matematika sangat diperlukan dalam permainan ini. Rosen, [2] dalam bukunya yang berjudul *Elementary Number theory and its application* menjelaskan definisi dan beberapa teorema penting terkait konsep kongruensi yang akan menjadi landasan dalam pembahasan teori permainan Nim.

### 2.1 Teori Permainan Kombinatorial

Teori permainan kombinatorial (*Combinatorial Game Theory*) adalah salah satu teori matematika yang hanya mempelajari permainan dengan dua pemain yang memiliki posisi dimana setiap pemain bermain bergantian untuk memperoleh kemenangan. Dalam teori matematika terdapat teori yang disebut teori permainan (*Game Theory*). Perlu diketahui bahwa antara teori permainan kombinatorial dan teori permainan ini berbeda. Teori permainan digunakan pada teori ekonomi, dan saat ini lebih banyak digunakan di bidang akademik lainnya seperti biologi, psikologi, sosiologi, dan lain-lain. Permainan yang dipelajari dalam *game theory* sebagian besar merupakan *game* yang memiliki informasi sempurna (*perfect information*), sehingga tidak semua pemain mengetahui tindakan dari pemain lainnya. Selain itu pemain bermain secara bersamaan. Tidak seperti pada *Combinatorial Game Theory* permainan dijalankan secara bergiliran. Hal inilah yang membedakan antara *Game Theory* dan *Combinatorial Game Theory*. Permainan yang merupakan aplikasi dari *Combinatorial Game Theory*, yang disebut juga sebagai *Combinatorial Game*. Pada permainan kombinatorial, permainan hanya akan berakhir dengan satu kemenangan bagi satu orang pemain atau seri [3]

### 2.2 Kekongruenan

#### Definisi 2.2.1 (Burton, [4])

Jika  $m$  suatu bilangan bulat positif, maka  $a$  kongruen dengan  $b$  modulo  $m$  (di tulis  $a \equiv b \pmod{m}$ ) jika  $m$  membagi habis  $(a - b)$ , jika  $m$  tidak membagi habis  $(a - b)$  maka dikatakan bahwa  $a$  tidak kongruen dengan  $b$  modulo  $m$  (di tulis :  $a \not\equiv b \pmod{m}$ )

Dari definisi diatas muncul beberapa teorema sebagai berikut:

#### Teorema 2.2.1 (Burton, [4])

Jika  $a, b$ , dan  $m$  adalah bilangan-bilangan bulat dengan  $m$  adalah positif, maka  $a \equiv b \pmod{m}$  jika dan hanya jika ada bilangan bulat  $k$  sehingga  $a = mk + b$ .

#### Teorema 2.2.2 (Burton, [4])

Setiap bilangan bulat kongruen modulo  $m$  dengan tepat satu di antara  $0, 1, 2, 3, \dots, (m - 1)$ .

### 2.3 Sejarah Permainan NIM

Permainan ini sudah ada sejak zaman dahulu. Permainan Nim berasal dari Cina yang bernama **Tsyanshidzi** atau mengambil batu. Nama ini berasal dari kata Nimm yang dalam bahasa Jerman artinya adalah *take* atau ambil [5]. Nim merupakan suatu jenis permainan yang telah ada selama berabad-abad di seluruh dunia dan orang Eropa yang pertama mereferensikan permainan ini pada abad 15. Salah seorang professor matematika dari Harvard, Charles Bouton, ialah yang mengembangkan teori permainan Nim ini.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas penerapan teori kongruensi dalam tujuh permainan Nim. Konsep permainan yang dibahas dalam penelitian ini yaitu pemain yang mengambil sisa benda terakhir adalah pemain yang menang.

### 3.1 Strategi Kemenangan Nim Maksima

Pada permainan Nim Maksima, misalkan pemain memiliki  $M$  benda dan banyaknya mengambil benda pada setiap giliran sebanyak maksimum  $N$ , dimana  $M > N$ ;  $(M, N \in \mathbb{Z}^+)$ . Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan pemain B) dengan  $M$  benda tersedia di atas meja. Setiap pemain pada gilirannya mengambil maksimal 4 benda. Strategi kemenangan Nim Maksima dimana pemain yang mengambil sisa benda terakhir adalah pemenang akan disajikan dalam dua ilustrasi di bawah ini, dimana pemain yang



mempunyai strategi kemenangan Nim maksima akan berperan sebagai pemain pertama (Pemain A) untuk ilustrasi I dan sebagai pemain kedua (Pemain B) untuk ilustrasi II.

**Ilustrasi I:** (A Mulai Dahulu, A Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 2, 3 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 26 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan pertandingan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan.

**Solusi:**

Untuk membuktikan bahwa pemain pertama selalu bisa memenangkan permainan, dilakukan pembuktian secara *backward*. Pada langkah terakhir pemain pertama bisa menang jika pengambilan terakhir tersisa 1, 2, 3 atau 4 benda. Pemain kedua akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 2, 3 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 5 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain pertama harus meninggalkan 5 benda untuk pemain kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 6, 7, 8 atau 9 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 10 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 10 benda untuk pemain kedua pada langkah kedua. Hal ini juga bisa dilakukan bila ada 11, 12, 13 atau 14 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 15 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 15 benda untuk pemain kedua pada langkah ketiga. Hal ini juga dapat dilakukan bila ada 16, 17, 18, atau 19 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan 20 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 20 benda untuk pemain kedua pada langkah keempat. Ini berarti ada 21, 22, 23, atau 24 benda saat pemain pertama melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain pertama harus meninggalkan 25 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua jika menyisakan benda 25, 20, 15, 10, dan 5 benda untuk pemain kedua. Dengan kata lain bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan jika pemain pertama menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 5$  atau  $0 \pmod (n + 1)$ , dimana  $n = 4$ . Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas, maka disajikan dalam tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Ilustrasi Permainan Nim Maksima 26 Benda dengan Pemain Terakhir yang Mengambil Sisa Benda adalah Pemain yang Menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	25	4	21
1	20	3	17
2	15	2	13
3	10	2	8
3	5	2	3
3	0		

**Ilustrasi II:** (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 2, 3 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 25 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Tunjukkan bahwa pemain kedua bisa memenangkan pertandingan tidak peduli apa yang pemain pertama lakukan.

**Solusi:**

Untuk membuktikan bahwa pemain kedua selalu bisa memenangkan permainan, maka dalam pembuktian ini dilakukan pembuktian secara *backward*. Pada langkah terakhir pemain kedua bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1, 2, 3 atau 4 benda. Pemain pertama akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 2, 3 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 5 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain kedua harus meninggalkan 5 benda untuk pemain pertama. Hal ini bisa dilakukan bila ada 6, 7, 8 atau 9 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 10 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 10 benda untuk pemain pertama pada langkah kedua. Hal ini juga bisa dilakukan bila ada 11, 12, 13, atau 14 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 15 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 15 benda untuk pemain pertama pada langkah ketiga. Ini berarti ada 16, 17, 18, atau 19 benda saat pemain kedua melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain kedua harus meninggalkan

20 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain kedua akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain pertama jika pemain kedua menyisakan benda 20, 15, 10, dan 5 benda untuk pemain pertama. Dengan kata lain bahwa pemain kedua akan memenangkan permainan jika pemain kedua menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 5$  atau  $0 \pmod{(n+1)}$ , dimana  $n = 4$ . Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2. Ilustrasi Permainan Nim Maksima 25 Benda dengan Pemain Terakhir yang Mengambil Sisa Benda adalah Pemain yang Menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	24	4	20
3	17	2	15
1	14	4	10
3	7	2	5
1	4	4	0

Dari ilustrasi 1 dan ilustrasi II tersebut maka untuk memenangkan permainan Nim Maksima yaitu pemain akan selalu menyisakan benda yaitu  $0 \pmod{(4+1)}$ .

### 3.2 Strategi Kemenangan Nim Satu-Tiga

Pada permainan Nim Satu-Tiga, misalkan pemain memiliki  $M$  benda dan banyaknya pengambilan benda adalah sebanyak 1 atau 3. Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan B) dengan  $M$  benda tersedia di atas meja. Setiap pemain pada gilirannya hanya boleh mengambil 1 atau 3 buah benda. Permainan dimenangkan oleh orang yang paling terakhir mengambil sisa benda.

**Ilustrasi III:** (A Mulai Dahulu, A Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1 atau 3 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 15 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan.

#### Solusi:

Untuk membuktikan bahwa pemain pertama selalu bisa memenangkan permainan, maka dalam pembuktian ini dilakukan pembuktian secara *backward*. Pada langkah terakhir pemain pertama bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1 atau 3 benda. Pemain kedua akan dipaksa untuk meninggalkan 1 atau 3 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 4 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain pertama harus meninggalkan 2 atau 4 benda untuk pemain kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 3, 5 atau 7 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 6 atau 8 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 6 atau 8 benda untuk pemain kedua pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 7, 9 atau 11 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 10 atau 12 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 12 atau 10 benda untuk pemain kedua pada langkah ketiga. Ini berarti ada 11 atau 13 benda saat pemain pertama melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain pertama harus meninggalkan 14 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua jika menyisakan benda 14, 10, 8, 6, 4 dan 2 benda untuk pemain kedua. Dengan kata lain bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan jika pemain pertama menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 2$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 3 dan tabel 4 berikut ini.

**Tabel 3. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga dengan 15 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	14	1	13
3	10	3	7
3	4	3	1
1	0		

**Tabel 4. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga dengan 15 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
3	12	3	9
1	8	1	7
1	6	1	5
3	2	1	1
1	0		

**Ilustrasi IV:** (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1 atau 3 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 14 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain kedua bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain pertama lakukan.

#### Solusi:

Pada langkah terakhir pemain kedua bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1 atau 3 benda. Pemain pertama akan dipaksa untuk meninggalkan 1 atau 3 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 4 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain kedua harus meninggalkan 2 atau 4 benda untuk pemain pertama. Hal ini bisa dilakukan bila ada 3, 5 atau 7 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 6 atau 8 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 6 atau 8 benda untuk pemain pertama pada langkah kedua. Ini berarti ada 7, 9 atau 11 benda saat pemain kedua melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain kedua harus meninggalkan 12 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua jika menyisakan benda 12, 10, 8, 6, 4 dan 2 benda untuk pemain pertama. Dengan kata lain bahwa pemain kedua akan memenangkan permainan jika pemain kedua menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 2$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 5 dan tabel 6 berikut ini.

**Tabel 5. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga dengan 14 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	13	1	12
1	11	3	8
1	7	3	4
1	3	3	0

**Tabel 6. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga dengan 14 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
3	11	1	10
1	9	3	6
1	5	3	2
1	1	1	0

Dari ilustrasi III dan ilustrasi IV tersebut maka untuk memenangkan permainan Nim Satu-Tiga yaitu pemain akan selalu menyisakan benda yaitu  $0 \pmod 2$ .

### 3.3 Strategi Kemenangan Nim Satu-Empat

Pada permainan Nim Satu Empat, misalkan pemain memiliki  $M$  benda dan banyaknya pengambilan benda adalah sebanyak 1 atau 4. Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan B) dengan  $M$  benda tersedia di atas meja. Setiap pemain pada gilirannya hanya boleh mengambil 1 atau 4 buah benda. Permainan dimenangkan oleh orang yang paling terakhir mengambil sisa benda.

**Ilustrasi V:** (A Mulai Dahulu, A Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 18 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan.

**Solusi:**

Untuk membuktikan bahwa pemain pertama selalu bisa memenangkan permainan, maka dalam pembuktian ini dilakukan pembuktian secara *backward*. Pada langkah terakhir pemain pertama bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1 atau 4 benda. Pemain kedua akan dipaksa untuk meninggalkan 1 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 5 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain pertama harus meninggalkan 2 atau 5 benda untuk pemain kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 3, 6 atau 9 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 7 atau 10 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 7 atau 10 benda untuk pemain kedua pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 8, 11, atau 14 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 12 atau 15 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 12 atau 15 benda untuk pemain kedua pada langkah ketiga.

Ini berarti ada 13 atau 16 benda saat pemain pertama melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain pertama harus meninggalkan 17 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua jika menyisakan benda 17, 15, 12, 10, 7, 5 dan 2 benda untuk pemain kedua. Dengan kata lain bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan jika pemain pertama menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 5$  atau  $2 \pmod 5$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 7 dan tabel 8 berikut ini.

**Tabel 7. Ilustrasi permainan NIM Satu-Empat dengan 18 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	17	4	13
1	12	4	8
1	7	4	3
1	2	1	1
1	0		

**Tabel 8. Ilustrasi permainan NIM Satu-Empat dengan 18 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	17	1	16
1	15	4	11
1	10	1	9
4	5	4	1
1	0		

**Ilustrasi VI:** (A Mulai Dahulu, B Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 17 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan.

**Solusi:**

Pada langkah terakhir pemain kedua bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1 atau 4 benda. Pemain pertama akan dipaksa untuk meninggalkan 1 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 5 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain kedua harus meninggalkan 2 atau 5 benda untuk pemain pertama. Hal ini bisa dilakukan bila ada 3, 6 atau 9 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 7 atau 10 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 7 atau 10 benda untuk pemain pertama pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 8, 11, atau 14 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 12 atau 15 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 12 atau 15 benda untuk pemain pertama pada langkah ketiga. Ini berarti ada 8, 11, atau 14 benda saat pemain pertama melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain kedua harus meninggalkan 12 atau 15 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain kedua memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain pertama. Jika menyisakan benda 15, 12, 10, 7, 5 dan 2 benda untuk pemain pertama. Dengan kata lain bahwa pemain kedua akan memenangkan permainan jika pemain kedua menyisakan benda sebanyak

$0, 2 \pmod 5$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas, disajikan dalam tabel 9 dan tabel 10 berikut:

**Tabel 9. Ilustrasi permainan NIM Satu-Empat dengan 17 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	16	1	15
4	11	4	7
1	6	4	2
1	1	1	0

**Tabel 10. Ilustrasi permainan NIM Satu-Empat dengan 17 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
4	13	1	12
1	11	1	10
1	9	4	5
4	1	1	0

Dari ilustrasi V dan VI tersebut maka untuk memenangkan permainan Nim Satu-Empat yaitu pemain akan selalu menyisakan benda yaitu  $0 \pmod 5$  atau  $2 \pmod 5$

### 3.4 Strategi Kemenangan Nim Satu-Dua-Empat

Pada permainan Nim Satu-Dua-Empat, misalkan pemain memiliki  $M$  benda dan banyaknya pengambilan benda adalah sebanyak 1, 2 atau 4. Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan pemain B) dengan  $M$  benda tersedia di atas meja. Setiap pemain pada gilirannya hanya boleh mengambil 1, 2 atau 4 buah benda. Permainan dimenangkan oleh orang yang paling terakhir mengambil sisa benda.

**Ilustrasi VII:** (A Mulai Dahulu, A Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 2 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 28 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan.

**Solusi :**

Dengan pembuktian secara *backward* maka pada langkah terakhir pemain pertama bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1, 2 atau 4 benda. Pemain kedua akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 2 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 3 atau 6 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain pertama harus meninggalkan 3 atau 6 benda untuk pemain kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 5, 7, 8, 10 atau 11 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 9 atau 12 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 9 atau 12 benda untuk pemain kedua pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 11, 13, 14, 16 atau 17 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 15 atau 18 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 15 atau 18 benda untuk pemain kedua pada langkah ketiga dan seterusnya yakni pemain pertama akan memenangkan permainan jika pemain pertama menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 3$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 11 dan tabel 12 berikut ini.

**Tabel 11. Ilustrasi permainan NIM Satu-Dua-Empat dengan 28 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	27	2	25
4	21	4	17
2	15	4	11
2	9	4	5
2	3	2	1
1	0		

**Tabel 12. Ilustrasi permainan NIM Satu-Dua-Empat dengan 28 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
4	24	2	22
4	18	2	16
4	12	4	8
2	6	4	2
2	0		

**Ilustrasi VIII:** (A Mulai Dahulu, B Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 2 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 27 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain kedua bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain pertama lakukan.

**Solusi:**

Pada langkah terakhir pemain kedua bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1, 2 atau 4 benda. Pemain pertama akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 2 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 3 atau 6 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain kedua harus meninggalkan 3 atau 6 benda untuk pemain pertama. Hal ini bisa dilakukan bila ada 5, 7, 8, 10 atau 11 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 9 atau 12 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 9 atau 12 benda untuk pemain pertama pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 11, 13, 14, 16 atau 17 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 15 atau 18 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 15 atau 18 benda untuk pemain pertama pada langkah ketiga. Ini berarti ada 17, 19, atau 20 benda saat pemain kedua melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain kedua harus meninggalkan 21 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua jika menyisakan benda 24, 21, 18, 15, 12, 9, 6 dan 3 benda untuk pemain pertama. Dengan kata lain bahwa pemain kedua akan memenangkan permainan jika pemain kedua menyisakan benda sebanyak  $0 \pmod 3$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 13 dan tabel 14 berikut ini.

**Tabel 13. Ilustrasi permainan NIM Satu-Dua-Empat dengan 27 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
4	23	2	21
2	20	2	18
4	14	2	12
1	11	2	9
2	7	1	6
1	5	2	3
2	1	1	0

**Tabel 14. Ilustrasi permainan NIM Satu-Dua-Empat dengan 27 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	25	1	24
4	20	2	18
1	17	2	15
4	11	2	9
2	7	4	3
2	1	1	0

Dari ilustrasi VII dan VIII tersebut maka untuk memenangkan permainan Nim Satu-Empat yaitu pemain akan selalu menyisakan benda yaitu  $0 \pmod 3$

### 3.5 Strategi Kemenangan Nim Satu-Tiga-Empat

Pada permainan Nim Satu-Tiga-Empat, misalkan pemain memiliki  $M$  benda dan banyaknya pengambilan benda adalah sebanyak 1, 3 atau 4. Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan pemain B) dengan  $M$  benda tersedia di atas meja. Setiap pemain pada gilirannya hanya boleh mengambil 1, 3 atau 4 buah benda. Permainan dimenangkan oleh orang yang paling terakhir mengambil sisa benda.

**Ilustrasi IX:** (A Mulai Dahulu, A Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 3 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 29 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain pertama bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain kedua lakukan

**Solusi :**

Melalui sistem pembuktian secara *backward* maka pada langkah terakhir pemain pertama bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1, 3 atau 4 benda. Pemain kedua akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 3 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 7 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain pertama harus meninggalkan 2 atau 7 benda untuk pemain kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 5, 6, 8, 10, 11 atau 13 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 9 atau 14 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 9 atau 14 benda untuk pemain kedua pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 12, 13, 15, 17, 18 atau 20 benda tersisa, yang terjadi saat pemain kedua harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 16 atau 21 benda. Akibatnya, pemain pertama harus meninggalkan 16 atau 21 benda untuk pemain kedua pada langkah ketiga. Ini berarti ada 19, 20, 22, 24, 25 atau 27 benda saat pemain pertama melakukan langkah ini. Demikian pula, pemain pertama harus meninggalkan 23 atau 28 benda. Dari ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan tidak peduli apa yang dilakukan oleh pemain kedua. Jika menyisakan benda 28, 23, 21, 16, 14, 9, 7 dan 2 benda untuk pemain kedua. Dengan kata lain bahwa pemain pertama akan memenangkan permainan jika pemain pertama menyisakan benda sebanyak  $0 \bmod 7$  atau  $2 \bmod 7$  untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 15 dan tabel 16 berikut ini.

**Tabel 15. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga-Empat dengan 29 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	28	3	25
4	21	1	20
4	16	4	12
3	9	1	8
1	7	1	6
4	2	1	1
1	0		

**Tabel 16. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga-Empat dengan 29 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, A sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	28	1	27
4	23	4	19
3	16	1	15
1	14	3	11
4	7	1	6
4	2	1	1
1	0		

**Ilustrasi X:** (A Mulai Dahulu, B Sebagai Pemenang).

Misalkan dua orang bermain bergantian mengeluarkan 1, 3 atau 4 benda sekaligus dari tumpukan yang dimulai dengan 28 benda. Orang yang mengambil benda terakhir itu memenangkan permainan. Akan ditunjukkan bahwa pemain kedua bisa memenangkan permainan tidak peduli apa yang pemain pertama lakukan

**Solusi :**

Pada langkah terakhir pemain kedua bisa menang, jika pengambilan terakhir tersisa 1, 3 atau 4 benda. Pemain pertama akan dipaksa untuk meninggalkan 1, 3 atau 4 benda jika pemain ini harus mengeluarkan benda dari tumpukan yang berisi 2 atau 7 benda. Akibatnya, langkah terakhir dari pemain kedua harus meninggalkan 2 atau 7 benda untuk pemain pertama. Hal ini bisa dilakukan bila ada 5, 6, 8, 10, 11 atau 13 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 9 atau 14 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 9 atau 14 benda untuk pemain pertama pada langkah kedua. Hal ini bisa dilakukan bila ada 12, 13, 15, 17, 18 atau 20 benda tersisa, yang terjadi saat pemain pertama harus mengeluarkan benda dari tumpukan dengan 16 atau 21 benda. Akibatnya, pemain kedua harus meninggalkan 16 atau 21 benda untuk pemain pertama pada langkah ketiga dan seterusnya dimana pemain kedua akan memenangkan permainan jika pemain kedua menyisakan benda sebanyak **0 mod 7 atau 2 mod 7** untuk lawan. Untuk lebih memperjelas ilustrasi di atas maka disajikan dalam tabel 17 dan tabel 18 berikut ini.

**Tabel 17. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga-Empat dengan 28 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
1	27	4	23
4	19	3	16
3	13	4	9
1	8	1	7
1	6	4	2
1	1	1	0

**Tabel 18. Ilustrasi permainan NIM Satu-Tiga-Empat dengan 28 benda dengan pemain terakhir yang mengambil sisa benda adalah pemain yang menang (A Mulai Dahulu, B sebagai Pemenang)**

Pemain A		Pemain B	
Benda diambil	Sisa benda	Benda diambil	Sisa Benda
4	24	3	21
4	17	3	14
3	11	4	7
1	6	4	2
1	1	1	0

### 3.6 Strategi Kemenangan Nim Satu-Tiga-Lima-Tujuh

Terdapat dua pemain dengan 16 benda tersedia di atas meja dengan baris pertama memiliki 1 benda, baris kedua memiliki 3 benda, baris ketiga memiliki 5, dan baris keempat memiliki 7 benda. Setiap pemain pada gilirannya dapat mengambil benda pada salah satu baris pertama, kedua, ketiga, ataupun keempat dengan banyaknya pengambilan minimal 1 dan maksimal adalah sisa semua benda yang terdapat pada baris tersebut. Pemain tidak diperbolehkan mengambil benda dalam dua baris yang berbeda pada giliran yang sama. Pemain terakhir yang mengambil sisa benda terakhir adalah pemain yang kalah. Dalam permainan ini, pemain katakan seseorang dalam posisi kalah jika penjumlahan biner bernilai 0, sehingga dalam permainan ini pemain harus meninggalkan penjumlahan biner bernilai 0 kepada lawan. Penjumlahan biner adalah banyaknya bilangan yang tak memiliki pasangan ketika pemain sudah mengubah suatu bilangan menjadi kelipatan 4, 2, dan 1. Pemain harus menghitung terlebih dahulu setiap benda dibaris tersebut dan pemain ubah dalam kelipatan tersebut sehingga dapat pemain lihat penjumlahan biner pada baris-baris tersebut. Pada gambar 1 dapat dilihat cara menyajikan benda pada setiap baris, dimana baris 1, 2, 3, dan 4 merupakan banyak benda yang jika dibuat dalam kelipatan 4, 2, dan 1 akan menghasilkan penjumlahan biner bernilai 0, yang dimana akan digunakan untuk mengalahkan lawan dalam permainan.

**Tabel 19. Penjumlahan Biner dengan Mengubah Menjadi Kelipatan 4, 2, dan 1**

Baris 1 = 1	= 1 x 1	=		1	
Baris 2 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=	2	1	
Baris 3 = 5	= 1 x 4 + 1 x 1	=	4	1	
Baris 4 = 7	= 1 x 4 + 1 x 2 + 1 x 1	=	4	2	1
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		=	0	0	0



Seperti yang dapat pemain lihat, terdapat dua kelipatan “4”, dua kelipatan “2”, dan empat kelipatan “1” sehingga pemain memiliki sebanyak dua+dua+empat=delapan kelipatan, pemain mempunyai sebanyak genap kelipatan yaitu delapan yang jika dibagi 2 mempunyai sisa bagi 0. Untuk memenangkan permainan Nim ini, pemain harus selalu bergerak meninggalkan musuh penjumlahan biner bernilai 0, yaitu selalu dapat pasangan kelipatan 4, pasangan kelipatan 2, dan pasangan kelipatan 1 dan tidak ada yang tidak berpasangan. Jika tidak, lawan pemain memiliki kedudukan dengan posisi menang dan pemain harus bergantung kepada kecerobohan musuh jika pemain ingin menang. Berikut adalah contoh simulasi cara meninggalkan penjumlahan biner lawan bernilai 0. Misalkan pada awal permainan, lawan mengambil 2 benda pada baris ke 3, sehingga pemain dapat menuliskan konfigurasi benda tersebut menjadi seperti pada Tabel 20.

**Tabel 20. Contoh Konfigurasi Benda pada Nim satu-Tiga-Lima-Tujuh**

Baris 1 = 1	= 1 x 1	=		1
Baris 2 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=	2	1
Baris 3 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=	2	1
Baris 4 = 7	= 1 x 4 + 1 x 2 + 1 x 1	= 4	2	1
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		= 1	1	0

Ambil satu kelipatan “4” dan satu kelipatan “2” dengan cara mengambil 6 benda dari baris keempat sehingga pemain meninggalkan lawan dengan konfigurasi 1, 3, 3, 1 yang bagi lawan adalah posisi kalah karena penjumlahan biner lawan sekarang bernilai 0 yaitu selalu dapat pasangan kelipatan 4, pasangan kelipatan 2, dan pasangan kelipatan 1 dan tidak ada yang tidak berpasangan

**Tabel 21. Hasil Penjumlahan Biner dari Konfigurasi Gambar [2]**

Baris 1 = 1	= 1 x 1	=		1
Baris 2 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=	2	1
Baris 3 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=	2	1
Baris 4 = 1	= 1 x 1	=		1
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		=	0	0

Setiap kali pemain meninggalkan lawan dengan konfigurasi penjumlahan biner bernilai 0, maka pemain memiliki kesempatan untuk menang lebih besar.

### 3.7 Strategi Kemenangan Nim Tiga-Lima-Tujuh-Sembilan

Terdapat dua pemain (namakanlah pemain A dan B) dengan 24 benda tersedia di atas meja dengan baris pertama memiliki 3 benda, baris kedua memiliki 5 benda, baris ketiga memiliki 7, dan baris keempat memiliki 9 benda. Setiap pemain pada gilirannya dapat mengambil benda pada salah satu baris pertama, kedua, ketiga, ataupun keempat dengan banyaknya pengambilan minimal 1 dan maksimal adalah sisa semua benda yang terdapat pada baris tersebut. Pemain tidak diperbolehkan mengambil benda dalam dua baris yang berbeda pada giliran yang sama. Pemain terakhir yang mengambil sisa benda terakhir adalah pemain yang kalah. Dalam permainan ini, pemain katakana seseorang dalam posisi kalah jika penjumlahan biner bernilai 0, sehingga dalam permainan ini pemain harus meninggalkan penjumlahan biner bernilai 0 kepada lawan. Penjumlahan biner adalah banyaknya bilangan yang tak memiliki pasangan ketika pemain sudah mengubah suatu bilangan menjadi kelipatan enam, kelipatan tiga, kelipatan dua dan kelipatan satu. Pemain harus menghitung terlebih dahulu setiap benda dibaris tersebut dan pemain ubah dalam kelipatan 6, 3, 2, dan 1 sehingga dapat pemain lihat penjumlahan biner pada baris-baris tersebut. Pada gambar 1 dapat di lihat cara menyajikan benda pada setiap baris, dimana baris 1, 2, 3, dan 4 merupakan banyak benda yang jika dibuat dalam kelipatan 6, 3, 2, dan 1 akan menghasilkan penjumlahan biner bernilai 0, yang dimana akan digunakan untuk mengalahkan lawan dalam permainan.

**Tabel 22. Penjumlahan Biner dengan Mengubah Menjadi Kelipatan 6, 3, 2, dan 1**

Baris 1 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=		2	1
Baris 2 = 5	= 1 x 3 + 1 x 2	=	3	2	
Baris 3 = 7	= 1 x 6 + 1 x 1	= 6			1
Baris 4 = 9	= 1 x 6 + 1 x 3	= 6	3		
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		= 0	0	0	0

Seperti yang dapat pemain lihat, terdapat dua kelipatan “6”, dua kelipatan “3”, dua kelipatan “2” dan dua kelipatan “1” sehingga pemain memiliki sebanyak dua+dua+dua+dua=delapan kelipatan, pemain

mempunyai sebanyak genap kelipatan yaitu delapan yang jika dibagi 2 mempunyai sisa bagi 0. Untuk memenangkan permainan Nim ini, pemain harus selalu bergerak meninggalkan musuh penjumlahan biner bernilai 0, yaitu selalu dapat pasangan kelipatan 6, pasangan kelipatan 3, pasangan kelipatan 2 dan pasangan kelipatan 1 dan tidak ada yang tidak berpasangan. Jika tidak, lawan pemain memiliki kedudukan dengan posisi menang dan pemain harus bergantung kepada kecerobohan musuh jika pemain ingin menang.

Berikut adalah contoh simulasi cara meninggalkan penjumlahan biner lawan bernilai 0. Misalkan pada awal permainan, lawan mengambil 2 benda pada baris ke 3, sehingga pemain dapat menuliskan konfigurasi benda tersebut menjadi seperti pada Tabel 24.

**Tabel 23. Contoh konfigurasi benda pada Nim-Tiga-Lima-Tujuh-Sembilan**

Baris 1 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=		2	1
Baris 2 = 5	= 1 x 3 + 1 x 2	=	3	2	
Baris 3 = 5	= 1 x 3 + 1 x 2	=	3	2	
Baris 4 = 9	= 1 x 6 + 1 x 3	=	6	3	
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		=	1	1	1

Ambil satu kelipatan “6” dengan cara mengambil 6 benda dari baris keempat sehingga pemain meninggalkan lawan dengan konfigurasi 3, 5, 5, 3 yang bagi lawan adalah posisi kalah karena penjumlahan biner lawan sekarang bernilai 0 yaitu selalu dapat pasangan kelipatan 6, pasangan kelipatan 3, pasangan kelipatan 2 dan pasangan kelipatan 1 dan tidak ada yang tidak berpasangan.

**Tabel 24. Hasil Penjumlahan Biner**

Baris 1 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=		2	1
Baris 2 = 5	= 1 x 3 + 1 x 2	=	3	2	
Baris 3 = 5	= 1 x 3 + 1 x 2	=	3	2	
Baris 4 = 3	= 1 x 2 + 1 x 1	=		2	1
Banyaknya yang tak memiliki pasangan		=	0	0	0

Setiap kali pemain meninggalkan lawan dengan konfigurasi penjumlahan biner bernilai 0, maka pemain memiliki kesempatan untuk menang lebih besar.

## Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Maksima adalah selalu meninggalkan sisa benda yaitu kongruen  $0 \pmod{n+1}$ .
2. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Satu-Tiga adalah selalu meninggalkan sisa benda yaitu kongruen  $0 \pmod{2}$ .
3. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Satu-Empat adalah selalu meninggalkan sisa benda yaitu kongruen  $0 \pmod{5}$  atau  $2 \pmod{5}$ .
4. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Satu-Dua-Empat adalah selalu meninggalkan sisa benda yaitu kongruen  $0 \pmod{3}$ .
5. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Satu-Tiga-Empat adalah selalu meninggalkan sisa benda yaitu kongruen  $0 \pmod{7}$  atau  $2 \pmod{7}$ .
6. Strategi kemenangan untuk permainan Nim Satu-Tiga-Lima-Tujuh dan Nim Tiga-Lima-Tujuh-Sembilan adalah selalu membuat penjumlahan biner bagi lawan.

## Daftar Pustaka

- [1] Z. Silbernick and R. Campbell, “A Winning Strategy for The Game of Antonim,” *OAlib Journal*, 2015.
- [2] K. H. Rosen, *Elementary Number Theory and its application*, 6 ed., Addison-Wesley, 2011.
- [3] M. Arifin, “Pembuatan Game NIM Menggunakan Alpha-beta Pruning,” EEPIS-ITS, Surabaya, 2010.
- [4] D. M. Burton, *Elementary Number Theory*, Boston: Allyn & Bacon, 1980.
- [5] S. Burchan, “McMurry University,” 2013. [Online]. Available: [http://www.mcm.edu/mathdept/Shalisa\\_Sites\\_Burchan\\_2013.pdf](http://www.mcm.edu/mathdept/Shalisa_Sites_Burchan_2013.pdf). [Accessed 21 Juni 2013].

**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 Barekeng**  
**Jurusan Matematika**  
**Fakultas MIPA**

**Universitas Pattimura**

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

Email: barekeng.math@yahoo.com

Naskah yang dikirimkan harus dalam bentuk naskah cetak (*hard copy*) dan naskah lunak (*soft copy*), disertai dengan alamat korespondensi lengkap dan alamat *email* 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 dalam format *Microsoft Word* dan dikirimkan dalam bentuk disk (CD, DVD), *flashdisk*, atau *attachment email*.

## 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.

