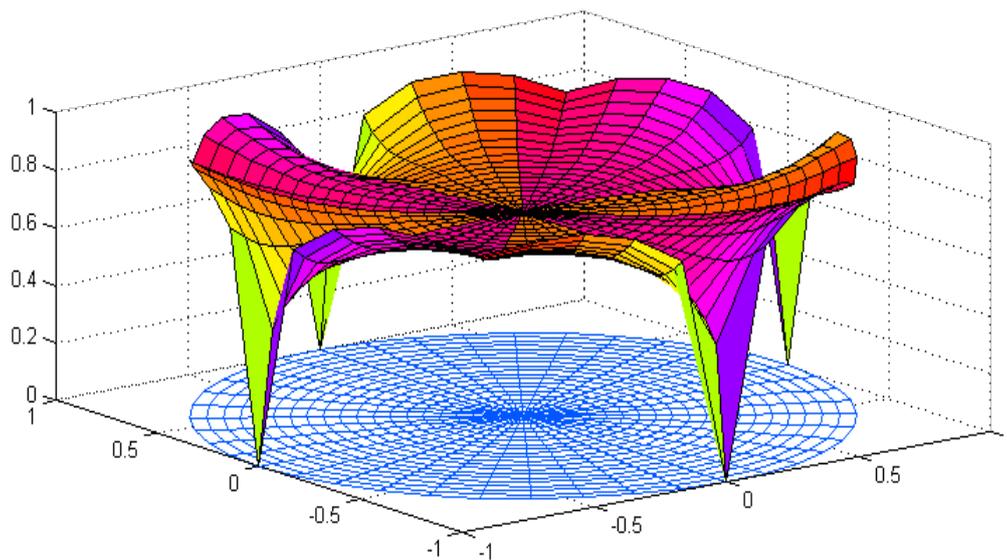


Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

ISSN 1978-7227





jurnal ilmu matematika dan terapan

ISSN 1978-7227

Volume 11 Nomor 1 | Maret 2017

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Jurusan Matematika
FMIPA - Universitas Pattimura

KETUA DEWAN REDAKSI

Meilin I. Tilukay, 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

B. P. Tomasouw, S.Si., M.Si
D. L. Rahakbauw, S.Si, M.Si
V. Y. Ilwaru, 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 UNPATTI

Jl. Ir. M. Putuhena, Poka 97233, Ambon – Maluku

Email: barekeng.math@yahoo.com



PENELITIAN

- | | | |
|---|---|--------------|
| <p>IMPLEMENTASI FUZZY C-MEANS CLUSTERING DALAM PENENTUAN BEASISWA
<i>Implementation of Fuzzy C-Means Clustering in Scholarship Determination</i></p> | <p>Dorteus L. Rahakbauw
Venn Y. I. Ilwaru
Michael H. Hahury</p> | <p>1-12</p> |
| <p>PERBANDINGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN BABCKPROPAGATION DAN LEARNING VECTOR QUATITATION DALAM DETEKSI HAMA PENGEREK BATANG (STUDI KASUS: KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT PROVINSI MALUKU)
<i>Comparison of Artificial Neural Network Methods Backpropagation and Learning Vector Quantization in Detection of Steam Borer (Case Study: Western Seram, Maluku)</i></p> | <p>Safryani Tomia
Zeth A. Leleury
Salmon N. Aulele</p> | <p>13-26</p> |
| <p>DIAGNOSA STATUS RESIKO JANTUNG KORONER MENGGUNAKAN METODE FUZZY NON STATIONARY
<i>Risk Status Diagnose of Heart Coroner Using Fuzzy Non Stationary</i></p> | <p>Victoria D. V.
Latumeten</p> | <p>27-38</p> |
| <p>ANALISIS REGRESI MULTIVARIAT BERDASARKAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI DERAJAT KESEHATAN DI PROVINSI MALUKU
<i>Multivariate Regression Analysis Based on Factors Affecting Health Status in Maluku Province</i></p> | <p>Salmon N. Aulele
Abraham Z. Wattimena
Christy Tahya</p> | <p>39-48</p> |
| <p>ANALISIS BREAK EVEN POINT SEBAGAI ALAT UNTUK MERENCANAKAN LABA PERUSAHAAN (STUDI KASUS: PT. KIMIA FARMA)
<i>Analysis of Break Even Point for Company Profit Planning (Case Study: PT. Kimia Farma)</i></p> | <p>Mozart W. Talakua
Dortheus L. Rahakbauw
Serly Surlialy</p> | <p>49-54</p> |
| <p>MODEL PENYEBARAN PENYAKIT MENINGITIS PADA MUSIM HAJI DI MADINAH DAN MEKKAH
<i>Transmission Model of Meningitis Disease in Hajj Season in Medina and Mecca</i></p> | <p>Norisca Lewaherilla
Fransiska A. A. P.
Maitimu
Cukri Rahmi Niani</p> | <p>55-62</p> |
| <p>PERAMALAN CURAH HUJAN DENGAN PENDEKATAN SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) (STUDI KASUS: CURAH HUJAN BULANAN DI KOTA AMBON, PROVINSI MALUKU)
<i>Rainfall Forecasting Using Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model (SARIMA) (Case Study of Monthly Rainfall in the Ambon City, Maluku Province)</i></p> | <p>Zaenab Kafara
Francis Y. Rumlawang
Lexy J. Sinay</p> | <p>63-74</p> |
| <p>KAJIAN STRUKTUR SUPERBIMATRIKS
<i>Study of Superbimatrices Structure</i></p> | <p>Henry W. M. Patty
Chevano B. Pattipeilohy
A.Z. Wattimena</p> | <p>75-84</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, pendidikan matematika dan ilmu komputer. 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

IMPLEMENTASI FUZZY C-MEANS CLUSTERING DALAM PENENTUAN BEASISWA

D. L. Rahakbauw¹, V. Y. I. Ilwaru², M. H. Hahury³

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura

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

e-mail: ¹lodewyik@gmail.com

Abstrak

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *Soft Computing*, yaitu suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Dalam banyak hal logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memecahkan permasalahan dari input menuju output yang diharapkan. Dalam penelitian ini logika *fuzzy* digunakan untuk penentuan beasiswa dengan metode *Fuzzy C-Means*. Untuk mendapatkan beasiswa, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi. Adapun kriteria yang ditetapkan adalah semester, IPK, jumlah tanggungan orang tua, penghasilan total orang tua, dan alat transportasi. Untuk itu diperlukan suatu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang dapat memperhitungkan segala kriteria yang mendukung pengambilan keputusan guna membantu, mempercepat dan mempermudah proses pengambilan keputusan.

Kata Kunci: Beasiswa, Fuzzy C-Means, kriteria, logika fuzzy, SPK

IMPLEMENTATION OF FUZZY C-MEANS CLUSTERING IN SCHOLARSHIP DETERMINATION

Abstract

Fuzzy logic is one of the components forming *Soft Computing*, which is an appropriate way to map an input space into an output space. In many ways fuzzy logic is used as a way to solve problems from inputs to expected outputs. In this research fuzzy logic is used for the determination of scholarship with *Fuzzy C-Means* method. To get a scholarship, there are several criteria that must be met. The criteria specified are semester, GPA, the number of dependents of parents, parents' total income, and means of transportation. For that required a Decision Support System (SPK) which can take into account all the criteria that support decision-making to help, accelerate and simplify the decision-making process.

Keywords: Criteria, Fuzzy logic, Fuzzy C-Means, scholarships, SPK

1. Pendahuluan

Beasiswa adalah pemberian berupa bantuan keuangan yang diberikan kepada perorangan yang bertujuan untuk digunakan demi keberlangsungan pendidikan yang ditempuh [1]. Pemberian beasiswa kepada mahasiswa dilakukan secara selektif sesuai dengan jenis beasiswa yang diadakan. Universitas Pattimura menyediakan beberapa program beasiswa, sebagai contoh yaitu beasiswa Peningkatan Prestasi Akademi (PPA), Beasiswa Bantuan Belajar Mahasiswa (BBM), Bidikmisi, dan lain sebagainya. Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), jumlah tanggungan keluarga, dan penghasilan total orang tua (penghasilan ayah ditambah penghasilan ibu) menjadi kriteria dalam proses rekrutmen beasiswa. Untuk itu diperlukan suatu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang dapat memperhitungkan segala kriteria yang mendukung pengambilan keputusan guna membantu, mempercepat dan mempermudah proses pengambilan keputusan.

Proses seleksi penerimaan beasiswa secara manual yaitu dengan menginputkan satu persatu data mahasiswa ke dalam file spreadsheet kemudian melakukan sorting data mahasiswa seringkali menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain membutuhkan waktu yang lama dan ketelitian yang tinggi. Selain itu, transparansi serta ketidakjelasan metodologi yang digunakan dalam proses komputasi penerimaan beasiswa

juga menjadi salah satu permasalahan, sehingga dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan siapa saja mahasiswa yang direkomendasikan menerima beasiswa berdasarkan kriteria yang telah ditentukan secara cepat dan tepat sasaran.

Fuzzy clustering adalah salah satu teknik untuk menentukan *cluster* optimal dalam suatu ruang vektor yang didasarkan pada bentuk normal Euclidean untuk jarak antar vektor. *Fuzzy clustering* sangat berguna bagi pemodelan *fuzzy* terutama dalam mengidentifikasi aturan-aturan *fuzzy*. Ada beberapa algoritma *clustering* data, salah satu di antaranya adalah *Fuzzy C-Means*. *Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik *cluster-an* yang mana keberadaannya tiap-tiap titik data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek [2].

Konsep dari *Fuzzy C-Means* pertama kali adalah menentukan pusat *cluster*, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Output dari *Fuzzy C-Means* merupakan deretan pusat *cluster* dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini dapat digunakan untuk membangun suatu *fuzzy inference system*. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang penentuan beasiswa kepada mahasiswa yang direkomendasikan menerima beasiswa berdasarkan kriteria yang ditentukan dengan menggunakan *Fuzzy C-Means Clustering*.

1.1. Logika Fuzzy dan Operasi Himpunan Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan sesuatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzziness*) antara benar atau salah. Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik (*crisp*)/ tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [3]. Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat".

Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dalam penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut.

Operasi himpunan *fuzzy* diperlukan untuk proses inferensi dan penalaran. Dalam hal ini yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua buah himpunan *fuzzy* disebut sebagai *fire strength* atau α -predikat. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

- 1) Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam sistem *fuzzy*.
- 2) Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*
- 3) Semesta pembicaraan adalah kسلuruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.
- 4) Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

1.2. Sistem Pendukung Keputusan

Sistem Pendukung Keputusan merupakan sistem berbasis komputer yang interaktif, yang membantu pengambil keputusan dengan memanfaatkan data dan model untuk menyelesaikan masalah-masalah yang tak terstruktur [4]. Ada yang mendefinisikan bahwa sistem pendukung keputusan merupakan suatu pendekatan untuk mendukung pengambilan keputusan. Sistem pendukung keputusan menggunakan data, memberikan antarmuka pengguna yang mudah, dan dapat menggabungkan pemikiran pengambil keputusan.

1.3. Fuzzy C-Means (FCM)

Fuzzy C-Means Clustering (FCM), atau dikenal juga sebagai *Fuzzy Isodata* merupakan salah satu metode *clustering* yang merupakan bagian dari metode *Hard K-Means*. FCM menggunakan model pengelompokan fuzzy sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau cluster terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya.

Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal pusat cluster ini masih belu akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat *cluster* yang berbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut [5].

1.4. Algoritma FCM

Fuzzy C-Means Clustering (FCM), atau dikenal juga sebagai *fuzzy Isodata* merupakan salah satu metode *clustering* yang merupakan bagian dari metode *Hard K-Means*. FCM menggunakan model pengelompokan *fuzzy* sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau *cluster* terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaannya.

Algoritma yang digunakan pada metode *Fuzzy C-means* adalah sebagai berikut:

- 1) Input data yang akan di-*cluster*, X , berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data). X_{ij} data sampel ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).
- 2) Tentukan:
 - Jumlah *cluster* = c
 - Pangkat = w
 - Maksimum iterasi = MaxIter
 - Error terkecil yang diharapkan = ξ
 - Fungsi objektif awal = $P_0 = 0$
 - Iterasi awal = $t = 1$
- 3) Bangkitkan bilangan *random* μ_{ik} , $i = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, c$; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U .

Hitung jumlah setiap kolom

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad \text{dengan } j = 1, 2, \dots, n$$

Hitung:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_i}$$

- 4) Hitung pusat *cluster* ke- k , V_{kj} dengan $k = 1, 2, \dots, c$ dan $j = 1, 2, \dots, m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}$$

- 5) Hitung fungsi objektif pada iterasi ke- t , P_t

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right)$$

- 6) Hitung perubahan matriks partisi

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}},$$

dengan: $i = 1, 2, \dots, n$ dan $k = 1, 2, \dots, c$

- 7) Cek kondisi berhenti

- Jika: $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka berhenti;
- Jika tidak: $t = t + 1$, ulangi langkah ke-4.

2. Hasil dan Pembahasan

2.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2013 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura Ambon. Data yang digunakan adalah data mahasiswa yang sudah mendapatkan beasiswa dan yang tidak mendapat beasiswa. Variabel yang digunakan untuk menentukan penerimaan beasiswa menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* adalah sebagai berikut:

- 1) X_{i1} = Semester;
- 2) X_{i2} = IPK;
- 3) X_{i3} = Penghasilan total orang tua;
- 4) X_{i4} = Jumlah tanggungan orang tua;
- 5) X_{i5} = Alat transportasi.

Jumlah data sebanyak 14 mahasiswa dengan data ke- i ($i = 1, 2, \dots, 14$). Dari kriteria yang ditentukan dibuat suatu tingkat kepentingan kriteria berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan dalam bilangan *fuzzy*. Rating kecocokan setiap alternatif pada setiap kriteria sebagai berikut:

- 1) Rendah (R) = 0
- 2) Cukup (C) = 0.5
- 3) Tinggi (T) = 1

Nilai bobot dari setiap variabel ditentukan dalam bilangan *fuzzy*. Hasil perhitungan dilakukan berdasarkan langkah-langkah pada algoritma FCM. Langkah yang pertama yaitu memasukan data yang akan di-*cluster* ke dalam matriks X sebagai berikut:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 \\ 1 & 1 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0 & 1 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{pmatrix}$$

Data yang dimasukan pada matriks X di atas adalah data yang sudah diberi bobot berdasarkan variabel-variabel penelitian.

Pada langkah kedua adalah menentukan parameter awal yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan algoritma *Fuzzy C-Means*. Parameter-parameter tersebut adalah banyak *cluster* ($c = 2$), pangkat ($w = 2$), maksimum iterasi (MaxIter = 50), eror terkecil yang diharapkan ($\xi = 0,01$), fungsi objektif awal ($P_0 = 0$), dan iterasi awal ($t = 1$). Banyaknya *cluster* yang ditentukan ada dua yaitu *cluster* untuk yang layak menerima beasiswa dan *cluster* untuk yang tidak layak menerima beasiswa.

Langkah ketiga akan dibangkitkan matriks U dengan komponen μ_{ik} , $i = 14$; $k = 2$, nilai μ_{ik} ditentukan secara acak dengan syarat jumlah nilai elemen matriks dari kolom dalam setiap baris harus 1. Matriks U yang terbentuk (secara random) adalah sebagai berikut:

$$U = \begin{pmatrix} 0,820 & 0,180 \\ 0,677 & 0,323 \\ 0,327 & 0,673 \\ 0,166 & 0,834 \\ 0,727 & 0,273 \\ 0,327 & 0,673 \\ 0,774 & 0,226 \\ 0,304 & 0,696 \\ 0,222 & 0,778 \\ 0,674 & 0,326 \\ 0,820 & 0,180 \\ 0,875 & 0,125 \\ 0,875 & 0,125 \\ 0,542 & 0,458 \end{pmatrix}$$

Matriks U yang sudah terbentuk akan digunakan untuk menghitung pusat *cluster* pada langkah selanjutnya. Langkah keempat akan dihitung pusat *cluster*. Berikut adalah hasil perhitungan pusat *cluster* dengan rumus sehingga menghasilkan pusat *cluster* 1 dan pusat *cluster* 2 yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Pusat *Cluster* Awal

μ_{i1}^w	μ_{i2}^w
0.6724	0.0324
0.458329	0.104329
0.106929	0.452929
0.027556	0.695556
0.528529	0.074529
0.106929	0.452929
0.599076	0.051076
0.092416	0.484416
0.049284	0.605284
0.454276	0.106276
0.6724	0.0324
0.765625	0.015625
0.765625	0.015625
0.293764	0.209764
Σ 5.593138	Σ 3.333138

Pada Tabel 1 di atas hasilnya diperoleh dari hasil pangkat dari matriks U pada setiap kolomnya dengan $w = 2$ dan akan dipakai pada perkalian dengan matriks X . Nilai dari Σ adalah hasil penjumlahan dari setiap kolomnya dan akan dipakai untuk menghitung hasil pusat *cluster* 1 dan 2.

Pada tabel dibawah ini merupakan hasil perkalian antara kolom μ_{i1}^w pada Tabel 1 dengan setiap kolom pada matriks X dan nilai dari Σ adalah hasil penjumlahan untuk setiap kolomnya dan nilai-nilai dari Σ tersebut akan dipakai dalam menghitung hasil pusat *cluster* 1.

Tabel 2. Perkalian antara Kolom μ_{i1}^w dengan Setiap Kolom Matriks X

Data ke-	$\mu_{i1}^w * X_{i1}$	$\mu_{i1}^w * X_{i2}$	$\mu_{i1}^w * X_{i3}$	$\mu_{i1}^w * X_{i4}$	$\mu_{i1}^w * X_{i5}$
1	0,672	0,336	0,336	0,672	0,336
2	0,458	0,229	0,229	0,458	0
3	0,107	0,053	0	0,107	0,053
4	0,028	0,028	0	0,014	0,014
5	0,529	0	0,529	0,264	0,264
6	0,107	0,053	0	0,107	0,053
7	0,599	0	0,3	0,599	0,3
8	0,092	0	0	0	0,046
9	0,049	0,049	0	0	0,025
10	0	0,227	0,454	0,454	0,227
11	0,672	0,336	0,336	0,672	0,336
12	0,766	0,383	0,766	0,766	0,383
13	0,766	0,383	0,766	0,766	0,383
14	0	0	0,147	0,147	0,147
Σ	4,845	2,078	3,862	5,027	2,567

Selanjutnya pada Tabel 3 diberikan hasil perkalian antara kolom μ_{i2}^w pada Tabel 1 dengan setiap kolom pada matriks X dan nilai dari Σ adalah hasil penjumlahan untuk setiap kolomnya dan nilai-nilai dari Σ tersebut akan dipakai untuk menghitung hasil pusat *cluster* 2.

Tabel 3. Perkalian antara Kolom μ_{i2}^w dengan Setiap Kolom Matriks X

Data ke-	$\mu_{i2}^w * X_{i1}$	$\mu_{i2}^w * X_{i2}$	$\mu_{i2}^w * X_{i3}$	$\mu_{i2}^w * X_{i4}$	$\mu_{i2}^w * X_{i5}$
1	0,032	0,016	0,016	0,032	0,016
2	0,104	0,052	0,052	0,104	0
3	0,453	0,226	0	0,453	0,226
4	0,696	0,696	0	0,348	0,348
5	0,075	0	0,075	0,037	0,037
6	0,453	0,226	0	0,453	0,226
7	0,051	0	0,026	0,051	0,026
8	0,484	0	0	0	0,242
9	0,605	0,605	0	0	0,303
10	0	0,053	0,106	0,106	0,053
11	0,032	0,016	0,016	0,032	0,016
12	0,016	0,008	0,016	0,016	0,008
13	0,016	0,008	0,016	0,016	0,008
14	0	0	0,105	0,105	0,105
Σ	3,017	1,907	0,427	1,754	1,614

Selanjutnya pada Tabel 4 diberikan hasil perhitungan pusat *cluster* 1 dan pusat *cluster* 2. Hasil untuk *cluster* 1 pada baris pertama diperoleh dari baris pada hasil penjumlahan setiap Σ pada Tabel 2 dibagi dengan nilai Σ pada kolom μ_{i1}^w dan untuk *cluster* 2 pada baris kedua hasilnya diperoleh dari baris pada hasil penjumlahan setiap Σ pada Tabel 3 dibagi dengan nilai Σ pada kolom μ_{i2}^w

Tabel 4. Hasil Pusat *Cluster* Iterasi 1

V_{kj}	1	2	3	4	5
1	0,866	0,372	0,690	0,899	0,459
2	0,905	0,572	0,128	0,526	0,484

Selanjutnya akan digunakan hasil pusat *cluster* pada tabel di atas untuk mencari nilai fungsi objektif pada langkah selanjutnya. Langkah kelima adalah menghitung nilai fungsi objektif (P_1) dengan rumus (lihat 1.4. Algoritma *Fuzzy C-Means*).

Pada Tabel 5, kolom C_1 hasilnya diperoleh dari setiap baris pada matriks X dikurangi dengan *cluster* 1 pada Tabel 4 kemudian dipangkatkan 2. Selanjutnya hasil penjumlahan setiap baris pada kolom C_1 dapat dilihat pada kolom ΣC_1 . Pada kolom $\Sigma C_1 * \mu_{i1}^w$ hasilnya diperoleh dari perkalian antara kolom ΣC_1 dengan kolom μ_{i1}^w pada Tabel 1. Hasil pada kolom ΣC_1 akan dipakai untuk mencari matriks U baru dan hasil pada kolom $\Sigma C_1 * \mu_{i1}^w$ akan dipakai untuk menghitung nilai fungsi objektif (P_1).

Pada Tabel 6 kolom C_2 hasilnya diperoleh dari setiap baris pada matriks X dikurangi dengan *cluster* 2 pada Tabel 4 kemudian dipangkatkan 2. Selanjutnya hasil penjumlahan setiap baris pada kolom C_2 dapat dilihat pada kolom ΣC_2 kemudian pada kolom $\Sigma C_2 * \mu_{i2}^w$ hasilnya diperoleh dari perkalian antara kolom ΣC_2 dengan kolom μ_{i2}^w pada Tabel 1. Hasil pada kolom ΣC_2 akan dipakai untuk mencari matriks U baru dan hasil pada kolom $\Sigma C_2 * \mu_{i2}^w$ akan dipakai untuk menghitung nilai fungsi objektif (P_1).

Tabel 5. Hasil Perhitungan C_1

Data ke-	C_1					ΣC_1	$\Sigma C_1 * \mu_{i1}^w$
	$(X_{i1} - V_{i1})^2$	$(X_{i2} - V_{i1})^2$	$(X_{i3} - V_{i1})^2$	$(X_{i4} - V_{i1})^2$	$(X_{i5} - V_{i1})^2$		
1	0,018	0,017	0,036	0,01	0,002	0,083	0,056
2	0,018	0,017	0,036	0,01	0,211	0,292	0,134
3	0,018	0,017	0,477	0,01	0,002	0,523	0,056
4	0,018	0,395	0,477	0,159	0,002	1,05	0,029
5	0,018	0,138	0,096	0,159	0,002	0,412	0,218
6	0,018	0,017	0,477	0,01	0,002	0,523	0,056
7	0,018	0,138	0,036	0,01	0,002	0,204	0,122
8	0,018	0,138	0,477	0,808	0,002	1,442	0,133
9	0,018	0,395	0,477	0,808	0,002	1,699	0,084
10	0,75	0,017	0,096	0,01	0,002	0,875	0,397
11	0,018	0,017	0,036	0,01	0,002	0,083	0,056
12	0,018	0,017	0,096	0,01	0,002	0,142	0,109
13	0,018	0,017	0,096	0,01	0,002	0,142	0,109
14	0,75	0,138	0,036	0,159	0,002	1,085	0,319

Tabel 6. Hasil Perhitungan C_2

Data ke-	C_2					ΣC_2	$\Sigma C_2 * \mu_{i2}^w$
	$(X_{i1} - V_{i2})^2$	$(X_{i2} - V_{i2})^2$	$(X_{i3} - V_{i2})^2$	$(X_{i4} - V_{i2})^2$	$(X_{i5} - V_{i2})^2$		
1	0,018	0,017	0,036	0,01	0,002	0,083	0,056
2	0,018	0,017	0,036	0,01	0,211	0,292	0,134
3	0,018	0,017	0,477	0,01	0,002	0,523	0,056
4	0,018	0,395	0,477	0,159	0,002	1,05	0,029
5	0,018	0,138	0,096	0,159	0,002	0,412	0,218
6	0,018	0,017	0,477	0,01	0,002	0,523	0,056
7	0,018	0,138	0,036	0,01	0,002	0,204	0,122
8	0,018	0,138	0,477	0,808	0,002	1,442	0,133
9	0,018	0,395	0,477	0,808	0,002	1,699	0,084
10	0,75	0,017	0,096	0,01	0,002	0,875	0,397
11	0,018	0,017	0,036	0,01	0,002	0,083	0,056
12	0,018	0,017	0,096	0,01	0,002	0,142	0,109
13	0,018	0,017	0,096	0,01	0,002	0,142	0,109
14	0,75	0,138	0,036	0,159	0,002	1,085	0,319

Selanjutnya pada Tabel 7 diberikan hasil perhitungan fungsi objektif untuk iterasi pertama. Hasilnya diperoleh dari penjumlahan antara kolom $\Sigma C_1 * \mu_{i1}^w$ pada Tabel 4.5 dengan kolom $\Sigma C_2 * \mu_{i2}^w$ pada Tabel 6 kemudian hasil penjumlahannya pada nilai Σ yang akan menjadi nilai dari P_1 yaitu 3,552.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Fungsi Objektif (P_1)

Data ke-	$\sum C_1 * \mu_{i1}^w + \sum C_2 * \mu_{i2}^w$
1	0,068
2	0,197
3	0,172
4	0,175
5	0,3
6	0,172
7	0,158
8	0,438
9	0,378
10	0,59
11	0,068
12	0,124
13	0,124
14	0,589
Σ	3.552

Langkah keenam akan dicari matriks U baru dengan rumus (lihat 1.4. Algoritma *Fuzzy C-Means*). Untuk kolom pertama hasilnya diperoleh dari kolom ΣC_1 dibagi dengan penjumlahan antara kolom ΣC_1 dengan kolom ΣC_2 dan untuk kolom kedua hasilnya diperoleh dari kolom ΣC_2 dibagi dengan penjumlahan antara kolom ΣC_1 dengan kolom ΣC_2 . Maka diperoleh matriks U dengan derajat keanggotaan baru sebagai berikut:

$$U = \begin{pmatrix} 0,180 & 0,820 \\ 0,323 & 0,677 \\ 0,627 & 0,373 \\ 0,834 & 0,166 \\ 0,273 & 0,727 \\ 0,671 & 0,329 \\ 0,226 & 0,774 \\ 0,696 & 0,304 \\ 0,778 & 0,222 \\ 0,326 & 0,674 \\ 0,180 & 0,820 \\ 0,125 & 0,875 \\ 0,125 & 0,875 \\ 0,458 & 0,542 \end{pmatrix}$$

Pada langkah ketujuh (langkah terakhir) akan diperiksa kondisi berhenti dimana nilai dari $|P_t - P_{t-1}| \leq \xi$. Karena $|P_1 - P_{1-1}| < \xi$ yaitu $3,552 > 0,01$ maka diulangi dari langkah 4 sampai pada iterasi terakhir dimana kondisi telah berhenti dengan menggunakan matriks U baru yang sudah diperoleh pada langkah sebelumnya.

Berikut adalah hasil pengelompokan berdasarkan derajat keanggotaan pada iterasi terakhir yaitu iterasi ke-11 dengan nilai $|P_{11} - P_{10}|$ yaitu $|3,55165857 - 3,55165857| < \xi$. Dari hasil perhitungan pada Tabel 8

maka dapat disimpulkan bahwa anggota-anggota yang berada pada *cluster* 2 dengan nilai *cluster* yang lebih besar dari nilai *cluster* pada *cluster* 1 layak untuk menerima beasiswa yaitu sebanyak 9 orang.

Tabel 8. Hasil Clustering

Nama	Data Keanggotaan		Cluster
	Cluster 1	Cluster 2	
1	0.177	0.823	2
2	0.321	0.679	2
3	0.669	0.331	1
4	0.834	0.166	1
5	0.274	0.726	2
6	0.669	0.331	1
7	0.225	0.775	2
8	0.697	0.303	1
9	0.779	0.221	1
10	0.326	0.674	2
11	0.177	0.823	2
12	0.124	0.876	2
13	0.124	0.876	2
14	0.458	0.542	2

Dari Tabel 9 dapat dilihat kecocokan hasil FCM dengan target sebesar 50%.

Tabel 9. Perbandingan Hasil FCM dengan Target

Nama	Data Keanggotaan		Cluster	Hasil FCM	Target
	Cluster 1	Cluster 2			
1	0.177	0.823	2	Menerima	Menerima
2	0.321	0.679	2	Menerima	Menerima
3	0.669	0.331	1	Tidak Menerima	Menerima
4	0.834	0.166	1	Tidak Menerima	Menerima
5	0.274	0.726	2	Menerima	Menerima
6	0.669	0.331	1	Tidak Menerima	Menerima
7	0.225	0.775	2	Menerima	Menerima
8	0.697	0.303	1	Tidak Menerima	Menerima
9	0.779	0.221	1	Tidak Menerima	Menerima
10	0.326	0.674	2	Menerima	Tidak Menerima
11	0.177	0.823	2	Menerima	Menerima
12	0.124	0.876	2	Menerima	Menerima
13	0.124	0.876	2	Menerima	Menerima
14	0.458	0.542	2	Menerima	Tidak Menerima

3. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bagian sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dari 14 data mahasiswa yang diperoleh, setelah diteliti dengan menggunakan metode FCM diperoleh 9 mahasiswa yang layak untuk menerima beasiswa.
- 2) Setelah dibandingkan diperoleh 50% kecocokan hasil FCM dengan target, maka metode ini dapat dipertimbangkan untuk dipakai dalam penentuan kelayakan penerimaan beasiswa.

Daftar Pustaka

- [1] D. F. Putranto, “Implementasi Sistem Rekomendasi Penerima Beasiswa dengan Analytical Hierarchy Process,” Teknik Informatika, ITS, Surabaya, 2016.
- [2] J. Bezdek, Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithm, New York: Plenum Press, 1981.
- [3] S. Kusumadewi and H. Purnomo, Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [4] I. Surbakti , Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2002.
- [5] N. Gelley and J. Roger, Fuzzy Logic Toolbox, USA: Mathwork Inc., 2000.

PERBANDINGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* DAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* DALAM DETEKSI HAMA PENGEREK BATANG (Studi Kasus: Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku)

Safriyani Tomia¹, Z. A. Leleury², S. N. Aulele³

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura

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

e-mail: ²zetharthur82@gmail.com

Abstrak

Jaringan saraf tiruan adalah pemrosesan sistem informasi pada karakteristik tertentu yang merupakan representatif buatan berdasarkan jaringan saraf manusia. Jaringan Saraf Tiruan (JST) telah banyak dikaji dalam berbagai bidang melalui pengenalan pola. Kemudian dengan memanfaatkan jaringan saraf tiruan LVQ dan Backpropagation dibuat sistem perbandingan deteksi dini hama pengerek batang padi dengan menggunakan Software MATLAB dengan melakukan pengujian. Dari hasil pengujian dengan menggunakan metode *backpropagation* diperoleh hasil akurasi 69,44% sedangkan untuk hasil pengujian metode LVQ diperoleh 80,56%. Dari hasil penelitian bahwa metode LVQ dianggap baik dalam mendeteksi hama pengerek batang padi.

Kata Kunci: Backpropagation, hama pengerek batang padi, jaringan saraf tiruan, learning vector quantization, MATLAB

COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS BACKPROPAGATION AND LEARNING VECTOR QUANTIZATION IN THE DETECTION OF STEM BORER (Case study: Western Seram, Maluku Province)

Abstract

The Artificial Neural Networks (ANN) is a process of informational system on certain traits which are artificial representatives of the human neural networks. Artificial Neural Networks has been studied in various fields through pattern recognition. Then with utilize Artificial neural networks Backpropagation and Learning Vector Quantization was made by system early detection compare gimlet Pest erects paddy by use of Software MATLAB by undertaking examination. From examination result by using backpropagation method obtained the accuracy as 69,44% whereas for examination result method LVQ is 80,56%. Of that research result LVQ'S method is thought fit in detect Gimlet Pest Erects Paddy

Keywords: Artificial neural networks, backpropagation, Gimlet Pest erects Paddy, internal diseases, learning vector quantization, MATLAB

1. Pendahuluan

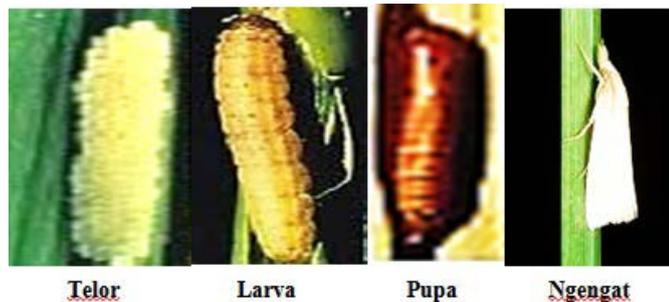
Pertanian Provinsi Maluku telah melakukan upaya untuk mengatasi masalah yang berkaitan dengan hama pengerek batang padi yang menyerang perkebunan-perkebunan yang ada di Maluku. Teknologi baru, seperti bioteknologi dan ilmu komputer dan kemajuan teknologi lainnya telah memungkinkan untuk mengembangkan bidang penelitian baru, termasuk di bidang rekayasa genetik, agrofisika, statistika pertanian dan pertanian presisi. Namun, sistematika ilmu pertanian bukan hanya bertumpu pada ilmu pertanian itu sendiri tetapi juga bertumpu pada ilmu pengetahuan yang lain di antaranya matematika, staistik dan teknik. Oleh sebab itu, ilmu pertanian sangatlah luas mencakup ilmu-ilmu yang lain.

Perkembangan teknologi pengenalan pola saat ini banyak menciptakan aplikasi-aplikasi baru sesuai dengan perkembangan zaman. Oleh sebab itu, penelitian-penelitian menggunakan aplikasi JST melalui pengenalan pola terjadinya sesuatu telah banyak dikaji, penggunaan jaringan saraf tiruan metode Learning Vector Quantization untuk mendiagnosa penyakit saluran pernapasan [1]. Selain itu JST dengan metode *backpropagation* dan *Learning Vector Quantization* untuk sistem diagnosa penyakit dalam [2]. Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan jaringan saraf tiruan metode *backpropagation* dan *Learning Vector Quantization* untuk memecahkan persoalan-persoalan terkait dengan faktor-faktor lain yang mempengaruhi hama pengerek batang yang sering menyerang tanaman-tanaman perkebunan, yang sebelumnya telah diselesaikan dalam [3] dengan menggunakan metode *backpropagation*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Hama Pengerek Batang Padi

Pengerek batang adalah salah satu hama padi yang paling berbahaya dan merugikan. Serangan pengerek batang padi bisa terjadi semenjak di persemaian sampai masa pertumbuhan dan perkembangannya. Kadang-kadang lebih dari satu jenis pengerek batang menyerang tanaman padi dalam waktu yang tidak bersamaan, sehingga sebagian petani merasa kesulitan dalam pengendaliannya. Pengerek batang dapat menyebabkan merosotnya hasil padi karena anakan yang rusak oleh sundep. Oleh sebab itu banyak padi yang kerap mengalami gagal panen.



Gambar 1. Hama Pengerek Batang

2.2. Faktor yang Mempengaruhi Hama Pengerek Batang Padi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hama pengerek batang padi diantaranya:

- 1) Curah hujan
- 2) Suhu udara
- 3) Kecepatan angin
- 4) Kelembapan udara
- 5) Intenstas cahaya

2.3. Jaringan Saraf Tiruan

Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan ke dalam JST diproses dalam *neuron*. *Neuron-neuron* tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers*. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

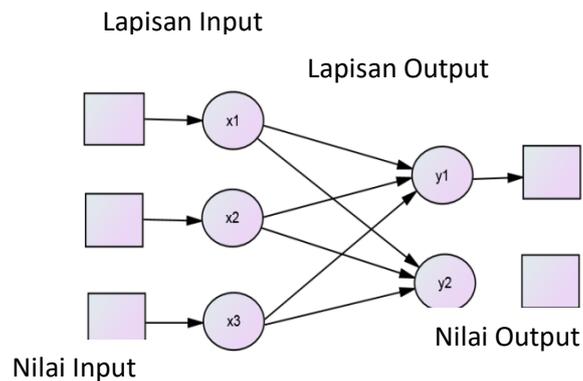
- 1) Lapisan *input*, unit-unit di dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* tersebut menerima pola data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
- 2) Lapisan tersembunyi, unit-unit di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi. Di mana *output*nya tidak dapat secara langsung diamati.
- 3) Lapisan *Output*, unit-unit di dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

2.3.1 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Arsitektur JST tersebut, antara lain:

1) Jaringan Lapisan Tunggal (*Single Layer Network*)

Jaringan dengan lapisan tunggal terdiri dari 1 lapisan *input* dan 1 lapisan *output*. Setiap *neuron* yang terdapat di dalam lapisan *input* selalu terhubung dengan setiap *neuron* yang terdapat pada lapisan *output*. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.



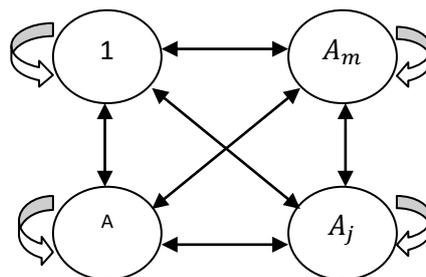
Gambar 2. Arsitektur Lapisan

2) Jaringan banyak lapisan (*Multilayer Net*)

Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki 3 jenis lapisan yakni lapisan *input*, lapisan *output*, dan lapisan tersembunyi. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama.

3) Jaringan lapisan kompetitif (*Competitive Layer*)

Pada jaringan ini sekumpulan *neuron* bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif. Contoh algoritma yang menggunakan jaringan ini adalah LVQ yang ditunjukkan oleh Gambar 3:



Gambar 3. Arsitektur Lapisan Kompetitif

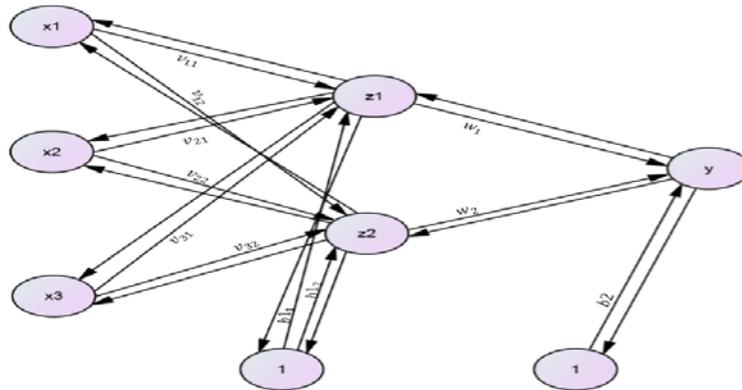
2.4. Jaringan Backpropagation

Model jaringan *backpropagation* merupakan suatu teknik pembelajaran atau pelatihan *supervised learning* yang paling banyak digunakan. Metode ini merupakan salah satu metode yang sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks. Di dalam jaringan *backpropagation*, setiap unit yang berada di lapisan *input* berhubungan dengan setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi. Setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan *output*. Jaringan ini terdiri dari banyak lapisan (*multilayer network*). Ketika jaringan ini diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan, maka pola tersebut menuju unit-unit lapisan tersembunyi untuk selanjutnya diteruskan pada unit-unit di lapisan keluaran. Kemudian unit-unit lapisan keluaran akan memberikan respon sebagai keluaran JST. Saat hasil keluaran tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka keluaran akan disebarkan mundur (*backward*) pada lapisan tersembunyi kemudian dari lapisan tersembunyi menuju lapisan masukan.

Tahap pelatihan ini merupakan langkah untuk melatih suatu JST, yaitu dengan cara melakukan perubahan bobot, sedangkan penyelesaian masalah akan dilakukan jika proses pelatihan tersebut telah selesai, tahap ini disebut tahap pengujian

2.4.1 Arsitektur Backpropagation

Arsitektur jaringan *backpropagation* seperti terlihat pada Gambar 4, pada jaringan *backpropagation* terdiri dari tiga *neuron* pada lapisan *input*, yaitu x_1, x_2, x_3 , 1 lapisan tersembunyi dengan 2 *neuron*, yaitu z_1, z_2 , serta 1 unit pada lapisan *output*, yaitu y_1 . Bobot yang menghubungkan x_1, x_2, x_3 dengan *neuron* pertama pada lapisan tersembunyi, adalah v_{11}, v_{21}, v_{31} . Untuk b_{11}, b_{12} adalah bobot bias yang menuju ke *neuron* pertama dan kedua pada lapisan tersembunyi. Bobot yang menghubungkan z_1, z_2 dengan *neuron* pada lapisan *output*, adalah w_1, w_2 . Bobot bias b_2 menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan *output*.



Gambar 4. Arsitektur Jaringan Backpropagation

2.4.2 Pelatihan Standar Backpropagation

Pelatihan *backpropagation* meliputi 3 tahap. Tahap pertama adalah tahap maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari lapisan masukan hingga lapisan keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Tahap kedua adalah Tahap mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit – unit di layar keluaran. Tahap ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

Tahap I. Propagasi maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan (x_i) dipropagasikan ke lapisan tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit lapisan tersembunyi (z_j) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke layar tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan (y_k).

Berikutnya, y_k dibandingkan dengan target yang harus dicapai (t_k). Selisih $t_k - y_k$ adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan ini lebih kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap baris dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

Tahap II. Propagasi mundur

Berdasarkan kesalahan $t_k - y_k$, dihitung faktor δ_k ($k = 1, 2, \dots, m$) yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan di unit y_k ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan y_k . Faktor δ_k juga dipakai untuk mengubah bobot baris yang berhubungan langsung dengan unit keluaran.

Dengan cara yang sama, dihitung faktor δ_j di setiap unit di lapisan tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di lapisan di bawahnya. Demikian seterusnya hingga semua faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung.

Tahap III. Perubahan bobot

Setelah semua faktor δ dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor δ neuron di lapisan atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju ke lapisan keluaran didasarkan atas δ_k yang ada di unit keluaran.

Ketiga tahap tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau *kesalahan*. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan.

Algoritma pelatihan untuk jaringan dengan satu lapisan *tersembunyi* (dengan fungsi aktivasi sigmoid biner) adalah sebagai berikut:

Langkah 0: Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil;

Langkah 1: Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-8;

Langkah 2: Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3-8;

Tahap I. Propagasi Maju

Langkah 3: Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya;

Langkah 4: Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$);

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_j}}}$$

Langkah 5: Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k = 1, 2, \dots, m$);

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj}$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net_k}}}$$

Tahap II. Propagasi mundur

Langkah 6: Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan error di setiap unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$);

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k)$$

δ_k merupakan unit error yang akan dipakai dalam perubahan bobot lapisan di bawahnya (langkah 7).

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad ; \quad k = 1, 2, \dots, m \quad ; \quad j = 0, 1, 2, \dots, p;$$

Langkah 7: Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan error di setiap unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

Faktor δ unit tersembunyi:

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j} z_j (1 - z_j).$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot v_{ji})

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad ; j = 1, 2, \dots, p \quad ; i = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Tahap III. Perubahan bobot

Langkah 8: Hitung semua perubahan bobot;

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran:

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \quad (k = 1, 2, \dots, m \quad ; j = 0, 1, 2, \dots, p);$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi:

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \quad (j = 1, 2, \dots, p \quad ; i = 0, 1, 2, \dots, n).$$

Setelah pelatihan selesai dilakukan, jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola. Dalam hal ini, hanya propagasi maju (langkah 4 dan 5) saja yang dipakai untuk menentukan keluaran jaringan.

Apabila fungsi aktivasi yang dipakai bukan sigmoid biner, maka langkah 4 dan 5 harus diselesaikan. Demikian juga turunannya pada langkah 6 dan 7.

Langkah 9: Uji kondisi berhenti (akhir iterasi).

2.5. Jaringan Learning Vector Quantization (LVQ)

Model jaringan *Learning Vector Quantization* merupakan salah satu jenis jaringan saraf tiruan berbasis *competitive learning* atau *winner take all* yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor *input*. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor *input*. Jika 2 vektor *input* mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor *input* tersebut ke dalam kelas yang sama. Arsitektur model jaringan LVQ dapat dilihat pada Gambar 5. [4]

2.5.1 Algoritma Learning Vector Quantization

Motivasi untuk algoritma jaringan LVQ adalah untuk mencari unit *output* yang terdekat dengan vektor *input*. Jika x dan w merupakan kelas yang sama, maka bobot dipindahkan terhadap vektor *input* baru, jika x dan w merupakan kelas-kelas yang berbeda, maka bobot dipindahkan dari *input* vektor.

Algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut [4]:

x	vektor training (x_1, x_2, \dots, x_n) ;
T	kategori/target yang benar untuk vektor training;
W_j	vektor bobot untuk unit <i>output</i> ke- j $(w_{1j}, \dots, w_{ij}, \dots, w_{nj})$;
C_j	kategori/kelas hasil komputasi oleh unit <i>output</i> j ;
$\ x_i - W_j\ $	jarak <i>Euclidean</i> antara vektor <i>input</i> dengan unit <i>output</i> ;

Langkah 0. Inisialisasi vektor referensi;

Inisialisasi laju pelatihan (*learning rate*) $\alpha(0)$;

Langkah 1. Bila kondisi STOP belum dipenuhi, kerjakan Langkah 2 – 6;

Langkah 2. Untuk setiap vektor *input training* kerjakan Langkah 3 – 4;

Langkah 3. Dapatkan j sedemikian hingga $\|x - w_{ij}\|$ minimum;

Langkah 4. Update W_{ij} sebagai berikut:

Jika $C_j = T$, maka

$$W_{ij}(\text{baru}) = W_{ij}(\text{lama}) + \alpha[x_i - W_{ij}(\text{lama})];$$

Jika $C_j \neq T$, maka

$$W_{ij}(\text{baru}) = W_{ij}(\text{lama}) - \alpha[x_i - W_{ij}(\text{lama})];$$

Langkah 5. Reduksi laju pelatihan

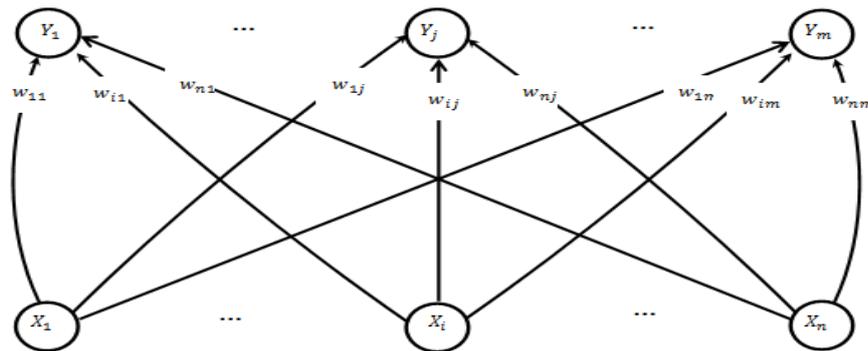
$$\alpha = \alpha * Dec \alpha;$$

Langkah 6. Tes kondisi STOP

Misal: 1. Dengan membatasi jumlah iterasi;

2. Setelah α mencapai nilai toleransi.

Metode paling sederhana dalam menginisialisasi vektor bobot (referensi) adalah dengan mengambil vektor *trainingm* pertama kali dan menggunakannya sebagai vektor bobot; vektor-vektor yang lain digunakan untuk *testing* (Kohonen, 1989).



Gambar 5. Jaringan Learning Vector Quantization

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas cahaya (lamanya penyinaran matahari) sebagai data *inputnya*. Sedangkan hama pengerek batang sebagai target atau *outputnya*.

Data curah hujan, suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas cahaya (lamanya penyinaran matahari) yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) provinsi Maluku, masing-masing data merupakan rekapan bulanan selama sebelas tahun terakhir dari tahun 2006-2016. Begitu pula untuk data potensi hama pengerek batang di peroleh dari Dinas Pertanian Provinsi Maluku. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Curah Hujan Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016 (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
	CH	CH	CH	CH	CH							
2006	147	209	188	107	147	946	158	32	105	11	78	91
2007	49	153	79	171	153	627	109	156	326	222	74	182
2008	153	137	221	229	227	553	650	1060	219	317	83	217
2009	239	234	135	213	97	209	193	91	17	73	118	91
2010	176	13	127	97	301	529	508	574	331	109	93	300
2011	127	125	268	80	671	487	299	126	281	235	128	154
2012	96	171	234	140	146	426	679	656	142	93	46	110
2013	323	144	62	153	285	206	528	378	180	128	69	97
2014	188	82	149	106	265	233	132	369	87	46	113	117
2015	107	244	120	100	156	674	129	3	1	17	111	29
2016	105	30	111	221	148	181	247	229	192	348	27	80

Sumber : BMKG provinsi maluku

Tabel 2. Data Suhu Udara Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016 (o_c)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
	SH	SH	SH	SH	SH	SH						
2006	26,6	27,3	27,2	27,1	26,3	25,3	25,1	24,5	25,1	25,4	26,5	27,2
2007	27,7	26,9	27	26,5	26,2	26	25	24,7	25,2	26	26,7	26,7
2008	26,8	26,8	26,2	26,1	25,8	25,3	24,7	24,6	25,4	26,1	26,9	26,7
2009	26,9	26,8	26,6	26,5	26,5	25,5	24,9	25,1	25,6	26,3	27	27,4
2010	27	27,7	27,5	27,7	27,2	26,3	26,1	25,8	26,1	26,9	26,8	27,1
2011	26,8	26,7	26,5	27,1	25,9	25	25,3	25,1	25,6	26,4	27,4	27,5
2012	27,3	26,9	25	26,7	26,4	25,5	25,1	25	26	26,8	27,6	27,6
2013	27,4	27,3	28	27,1	26,8	26,5	25,3	26	26	27	27,4	27,4
2014	27,2	27,1	27,1	27,3	26,8	26,2	25,5	25,1	25,5	26,4	27,5	27,5
2015	27,4	26,9	26,9	27	26,6	25,8	25,1	24,7	25	25,8	27,6	28,2
2016	27,9	28	28	27,4	27,7	26,7	225,9	26,1	26,5	27	28,1	27,8

Sumber : BMKG provinsi maluku

Tabel 3. Data Kecepatan Angin Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016 (*knots*)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
	KA	KA	KA	KA	KA							
2006	3	3	4	3	3	3	5	6	6	6	4	4
2007	4	4	3	3	4	1	2	2	2	2	2	1
2008	3	3	3	3	3	2	2	3	4	2	1	1
2009	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
2010	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2
2011	1	2	1	1	3	6	6	7	6	7	5	4
2012	4	4	5	4	3	4	5	6	7	9	6	5
2013	7	7	8	7	6	7	4	5	5	5	3	3
2014	0	5	4	3	3	3	4	4	5	6	4	3
2015	5	4	4	3	3	3	4	4	6	7	5	5
2016	4	5	4	3	3	3	3	5	3	4	4	4

Sumber : BMKG provinsi maluku

Tabel 4. Data Kelembaban Udara Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016 (km/m^3 , %))

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
	KU	KU	KU	KU	KU							
2006	85	85	84	86	88	93	88	84	86	83	85	84
2007	85	83	83	87	88	82	87	89	88	89	86	87
2008	86	85	87	88	89	90	93	93	90	90	88	87
2009	88	87	87	88	89	89	90	87	87	86	86	83
2010	86	82	84	84	88	90	90	91	90	88	86	86
2011	86	85	87	87	91	60	88	86	89	87	85	85
2012	83	84	89	85	88	88	91	89	87	85	83	84
2013	84	84	82	86	88	88	91	88	87	84	83	84
2014	85	83	84	85	88	90	86	88	85	84	84	85
2015	84	84	81	86	86	89	86	84	83	86	84	81
2016	83	81	83	87	87	87	89	86	88	86	83	84

Sumber : BMKG provinsi maluku

Tabel 5. Data Intensitas Cahaya atau Penyinaran Matahari Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
	PM	PM	PM	PM	PM							
2006	48	71	65	52	65	18	47	73	50	87	79	82
2007	68	49	60	47	56	51	34	27	49	62	57	53
2008	62	48	52	49	54	46	20	14	39	51	69	49
2009	53	58	67	64	52	36	36	62	75	7	77	81
2010	40	83	82	78	55	44	40	49	50	65	59	50
2011	53	52	48	62	30	21	38	45	34	68	77	50
2012	64	64	48	59	50	22	21	30	49	73	78	65
2013	46	65	70	53	57	48	20	29	41	0	64	62
2014	41	62	69	66	53	35	59	41	68	80	77	58
2015	48	62	66	53	66	46	60	68	89	83	76	81
2016	77	78	60	58	67	52	35	66	43	56	77	65

Sumber : BMKG provinsi maluku

Tabel 6 Data Luas Tambah Serangan Hama Pengerek Batang Kabupaten Seram Bagian Barat 2006-2016 (hektar)

Tahun	Luas Tambah Serangan Hama Setiap bulan di Seram Bagian Barat											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	5	21	0	0	2	82	300	287	11	22	15	71
2008	71	0	0	0	25	27	91	2	0	0	46	0
2009	0	0	1	35	35	0	32	6	23	195	4	0
2010	2	0	165	198	196	0	16	235	299	98	0	47
2011	22,5	13	0	0	390,5	25,5	0,5	0,5	0	0	114,5	0
2012	8,5	0	80	0	5,8	0	0,5	13	4	0	0	4
2013	2	5,8	4	0	1,3	0,45	0,75	2	1,5	0	0,25	2
2014	5,75	2,5	0,5	8	0	0	31	16,5	5	0	0	2
2015	7,5	13	0,35	0	1	0	0,25	0	0	0	0	0,25
2016	14,5	29	0	0,3	2,3	9,4	7,2	4,1	1,3	0	0	5,3

Sumber : Dinas Pertanian Provinsi Maluku

Seluruh data yang telah terkumpul kemudian dipisahkan menjadi 2 bagian yaitu masukan dan keluaran. Data-data yang tergolong sebagai masukan secara berurut adalah sebagai berikut: Curah hujan sebagai x_1 ; Suhu udara sebagai x_2 ; Kecepatan angin sebagai x_3 ; Kelembapan udara sebagai x_4 ; Intensitas cahaya sebagai x_5 ; Sedangkan Luas Tambah Serangan Hama Pengerek Batang yang tergolong sebagai keluaran atau target yang diinginkan adalah sebagai variabel y .

Banyaknya data yang diperoleh dalam penelitian ini sebanyak 132, diantaranya 96 data digunakan sebagai data *training* dan 36 data digunakan untuk data *testing*. Dalam penelitian ini keluaran atau target yang diinginkan yaitu Deteksi Hama dengan pembagian pola menjadi 4 bagian yaitu :

Pola 0 untuk nilai $b \leq 0,5$ dengan ketentuan tidak ada hama atau bebas hama;

Pola 1 untuk nilai $0,5 < b < 1,5$ dengan ketentuan ada hama berkisar 1-100;

Pola 2 untuk nilai $1,5 < b < 2,5$ dengan ketentuan ada hama berkisar 101-200; dan

Pola 3 untuk nilai $b > 2,5$ dengan ketentuan ada hama berkisar 201-300.

3.2. Analisis Penelitian Menggunakan Metode *Backpropagation*

Pada metode *backpropagation*, arsitektur sebuah jaringan akan menentukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama. Banyaknya lapisan tersembunyi ditentukan sendiri oleh pengguna sistem melalui cara percobaan konvergensi terbaik (*trial* dan *error*) sampai diperoleh hasil konvergensi pelatihan yang paling baik (jumlah *epoch* terkecil). Parameter sistem masukan untuk pembentukan pola yang dibentuk, yaitu:

<i>Net Size:</i>	<i>Input Layer</i>	: 5 neuron
	<i>Hidden Layer</i>	: 20 neuron 10 neuron 5 neuron dan 1 neuron
	<i>Output Layer</i>	: 1 neuron
Maksimum epoch / iterasi		: 5000
<i>Show Epoch</i>		: 100
<i>Learning Rate</i>		: 0.85

Dari 96 data pelatihan dan 36 data uji, diperoleh analisis sebagai berikut. Untuk masing-masing variasi nilai α , jumlah iterasi maksimum sama yaitu jumlah iterasi (*epoch*) 5000.

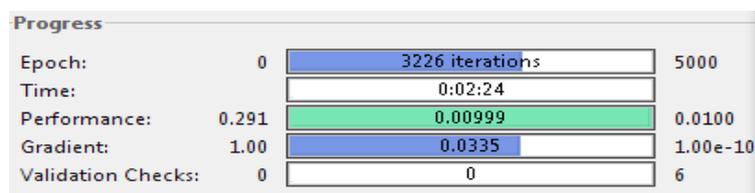
Berikut disajikan dalam Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Analisa Data Metode Backpropagation

No	A	MSE	Epoch	Waktu	HasilPelatihan		HasilPengujian	
					Data yang dikenali	Tingkat keakuratan	Data yang dikenali	Tingkat keakuratan
1	0.1	0.0624	5000	02:40	66	68.75%	21	58.33%
2	0.3	0.0227	5000	02:52	75	78.13%	17	47.2%
3	0.4	0.0117	5000	03:31	73	76.04%	17	47.2%
4	0.5	0.0221	5000	03:31	70	72.92%	20	55.5%
5	0.6	0.00999	3692	02:35	95	99%	23	64%
6	0.7	0.0235	5000	04:20	56	58.33%	15	41.67%
7	0.8	0.0106	5000	03:40	53	55.21%	14	38.89%
8	0.85	0.00999	3226	02:24	95	99%	25	69,44%

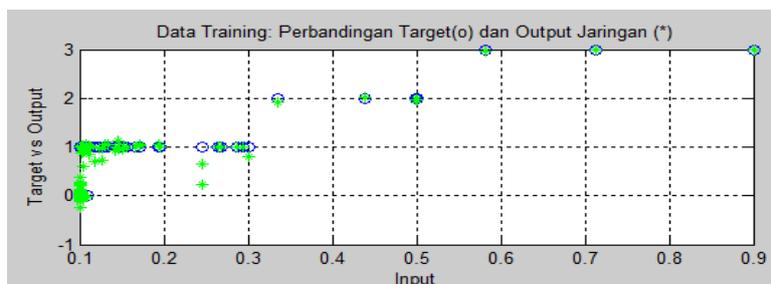
Berdasarkan Tabel 7, hasil yang didapat pada tahap training dan testing adalah arsitektur jaringan yang paling baik dalam proses deteksi dini hama pengerek batang adalah pada saat alpha 0,6 dengan jumlah iterasi, dan MSE yang sama. Namun yang membedakan ada pada data latih yang dikenali dan data non latih yang dikenali.

Tingkat keakuratan data yang dihasilkan dari proses training dan testing terbaik adalah pada saat α (*learning rate*) 0.85, dengan maksimum iterasi 3226, nilai MSE 0.00999 dan tingkat keakuratan data 99% dan 69,44% dari 96 data training dan 36 data testing. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hasil training (Gambar 6) dan hasil testing (Gambar 7).



Gambar 6. Progress Neural Network Training

Pada Gambar 7 akan ditunjukkan hasil analisa data (α) dari *learning rate* 0.85. Hasil perbandingan antara target (o) dan *output* jaringan (+) dapat diamati dengan cara memperhatikan penempatan posisi *output* jaringan (+). Jika *output* jaringan (+) menempati posisi yang sama dengan target (o) maka hasil analisa data tersebut dikatakan benar.

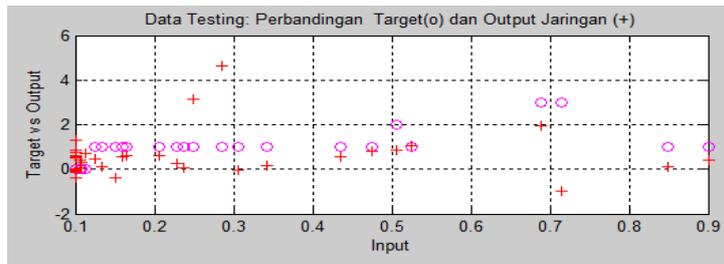


Gambar 7. Grafik Hasil Training Metode Backpropagation

Berikut ini disajikan tabel perbandingan antara target yang diharapkan dan target hasil pengujian data. Selisih antara target *input* dan *target output* yang lebih dari 0.5 dibaca sebagai hasil yang berbeda dari deteksi yang sebenarnya dan dianggap salah. Adapun hasil pengujian didapat sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Analisa deteksi tahap *Testing* jaringan Metode Backpropagation

No	Target Input	Target Output	Hasil Analisa Jaringan	Keterangan
1	3	3.1338	3	Benar
2	1	0.6184	1	Benar
3	1	0.6903	1	Benar
4	0	-0.0539	0	Benar
5	1	0.8468	1	Benar
6	3	1.2940	1	Salah
7	1	0.4133	0	Salah
8	0	10.662	1	Salah
9	1	0.0879	0	Salah
10	1	0.5118	1	Benar
11	0	0.8661	1	Salah
12	0	0.7330	1	Salah
13	1	0.0160	0	Salah
14	1	0.5453	1	Benar
15	2	1.9339	2	Benar
16	1	0.7982	1	Benar
17	0	0.4697	0	Benar
18	0	-0.1459	0	Benar
19	0	0.4142	0	Benar
20	0	-0.4031	0	Benar
21	0	0.0049	0	Benar
22	0	0.5751	1	Salah
23	0	0.7593	1	Salah
24	0	0.0405	0	Benar
25	0	-0.0566	0	Benar
26	0	0.2560	0	Benar
27	0	-0.0710	0	Benar
28	0	0.3347	0	Benar
29	1	0.5537	1	Benar
30	0	0.1726	0	Benar
31	1	.46451	5	Salah
32	1	0.6074	1	Benar
33	0	0.0890	0	Benar
34	1	0.1386	0	Salah
35	0	0.4900	0	Benar
36	1	0.6380	1	Benar



Gambar 8. Grafik Hasil Testing metode Backpropagation

Tabel 9. Hasil testing metode LVQ

No	Alpha	Dec α	Hasil		
			Data uji yang dikenali	Data Uji yang tidak dikenali	tingkat keakuratan
1	0,1	0,2	22	14	61,11%
		0,7	22	14	61,11%
		0,75	23	13	63,89%
2	0,3	0,2	21	15	58,33%
		0,3	22	14	61,11%
		0,6	23	13	63,88%
		0,85	24	12	66,67%
3	0,7	0,1	21	15	58,33%
		0,5	20	16	55,56%
		0,6	22	14	61,11%
		0,8	21	15	58,33%
4	0,8	0,1	21	15	58,33%
		0,5	22	14	61,11%
		0,7	23	13	63,88%
		0,75	24	12	66,67%
6	0,07	0,2	20	16	55,56%
		0,6	21	15	58,33%
		0,7	23	13	63,88%
		0,75	25	11	69,44%
7	0,08	0,2	21	15	58,33%
		0,5	23	13	63,88%
		0,7	26	11	72,22%
		0,75	29	7	80,56%

Dari Tabel 8 terdapat 11 data yang tidak sesuai dengan target *input* dimana tingkat keakuratannya 30.56% sedangkan 25 data lainnya yang sesuai dengan target *input* dimana tingkat keakuratannya 69.44%. Hal ini dapat dilihat dari error yang didapat saat pelatihan dan pengujian hasilnya errornya cukup kecil yang menyebabkan pendeteksi dikatakan baik.

3.3. Analisis Penelitian Menggunakan metode Learning Vector Quantization

Pada metode *Learning Vector Quantization*, bobot awal menggunakan data yang diambil secara acak dari data yang ada. Kemudian bobot tersebut akan diubah (*di-update*) tergantung dari kelas vektor masukan sesuai dengan kelas yang dinyatakan sebagai *neuron* pemenang. Bobot awal diambil dari data yang sudah ada.

Setelah bobot awal ditentukan, proses *training* dan *testing* kemudian dilakukan dengan menggunakan pemrograman MATLAB dengan beberapa nilai α (*learning rate*) dan $Dec \alpha$ (penurunan *learning rate*) pada max *epoch* 10 iterasi, untuk mengetahui tingkat keakuratan terbaik dari metode LVQ.

Berdasarkan Tabel 9, dapat disimpulkan bahwa tingkat keakuratan yang didapatkan adalah 80,56% nilai α (*learning rate*) 0,08 dan $Dec \alpha$ (penurunan *learning rate*) 0,75 dinyatakan baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Metode jaringan saraf tiruan *Backpropagation* dan *Learning Vector Quantization* dapat digunakan untuk deteksi dini hama pengerek batang.
- 2) Deteksi dini hama pengerek batang padi menggunakan *Learning Vector Quantization* memberikan hasil yang lebih baik daripada metode *Backpropagation*.
- 3) Terdapat 25 dari 36 (69,44%) data uji yang dikenali Metode *Backpropagation* dan 29 dari 36 (80,56%) data uji yang dikenali metode *Learning Vector Quantization*.
- 4) Metode *Learning Vector Quantization* pada jaringan saraf tiruan lebih baik dalam deteksi dini hama pengerek batang dengan tingkat keakuratannya adalah 80,56% dibandingkan metode *Backpropagation*.

Daftar Pustaka

- [1] V. Souisa, “Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan untuk Mendiagnosa Penyakit Saluran Pernapasan dengan Metode *Learning Vector Quantization*,” 2016.
- [2] J. Madiuw, “Sistem Diagnosa Penyakit Dalam dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metode *Backpropagation* dan *Learning Vector Quantization*,” 2016.
- [3] S. H. Hurasan, “Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Metode *Backpropagation* untuk Mendeteksi Hama Pengerek Batang dengan Mempertimbangkan Faktor Curah Hujan, Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin,” 2016.
- [4] L. Fausset, “*Fundamentals of Neural Networks, Architectures, Algoritmus, and Application*,” 1994.

DIAGNOSA STATUS RESIKO JANTUNG KORONER MENGUNAKAN METODE FUZZY NON STATIONARY

Victoria D. V. Latumeten

Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia, Kode Pos 97233
e-mail: vdv.latumeten@gmail.com

Abstrak

Penyakit jantung koroner (PJK) merupakan penyakit yang apabila sudah terdiagnosa perlu sekali diawasi karena beresiko tinggi terhadap kematian. Resiko kematian tersebut perlu diminimalisasi dengan membuat sebuah media konsultasi dan monitoring terhadap penderita sesuai gejala yang dialami. Dokter dan paramedis adalah pakar yang berkompeten untuk mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner, namun dalam pengambilan keputusan yang sulit terdapat keragaman opini pakar (*inter-expert*) dan seiring waktu opini pakar pun berubah (*intra-expert*) karena pengetahuannya terus bertambah berdasarkan adanya gejala baru dari penelitian yang dilakukan, kebiasaan baru, atau dipengaruhi keadaan emosi.

Model *fuzzy* mengatasi permasalahan ketidakpastian. Model *fuzzy* yang menggunakan himpunan *fuzzy non-stationary* (FNIS) mereplikasi keragaman pada manusia sehingga mampu mengatasi permasalahan kegaraman opini pada pakar baik *inter-expert* maupun *intra-expert*. Sistem yang dibangun menggunakan model *fuzzy non-stationary* untuk mendiagnosa tingkat resiko jantung koroner berdasarkan 5 input yakni umur, tekanan darah, gula darah, status BMI, dan kolesterol. *Fuzzy* sistem pada penelitian ini menggunakan mamdani inferensi. Dua fungsi *perturbation function* yang digunakan sistem adalah fungsi distribusi acak normal pada variabel input dan fungsi sinusoidal pada variabel output untuk meng-generate *membership function* untuk 5 kali perulangan. Hasil perbandingan diagnosa antara pakar, FIS, dan FNIS didapati bahwa FNIS lebih tepat dibandingkan FIS sesuai diagnosa pakar secara manual.

Kata Kunci: Diagnosa tingkat resiko, *fuzzy non-stationary*, jantung koroner, mamdani.

RISK STATUS DIAGNOSE OF HEART CORONER USING FUZZY NON STATIONARY

Abstract

Heart Coroner is kind of disease that needs to be monitored once diagnosed since its risk of death is dangerously high. Risk status of heart coroner diagnosis plays important role in recommending optimal treatment. Beside uncertainty, clinicians exhibit inter-expert and intra-expert variability in making a difficult decision. Variation may occur among the decisions of a panel of human experts (inter-expert variability), as well as in the decisions of an individual expert over time (intra-expert variability) based on new evidences provided by research efforts, latest fashion, or emotional state.

Fuzzy model covers uncertainty. Fuzzy model with non-stationary fuzzy sets (FNIS) replicates human variability covers experts variability both inter and intra. This research aims to diagnose risk status of heart coroner based on assessment of five clinical variables comprises age, blood pressure, blood sugar, BMI status, and cholesterol. This fuzzy system using mamdani inference. Two perturbation functions both normally distributed random function for input variables and sinusoidal function for output variables were used in this system to generate membership functions with 5 iterations. Comparison result between expert, FIS, and FNIS shows FNIS is more accurate than FIS according to expert manual diagnose.

Keywords: Fuzzy non-stationary, heart coroner, mamdani, risk status.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2014, *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa salah satu penyakit yang menjadi penyebab kematian nomor satu di dunia adalah penyakit jantung. Menurut Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI tahun 2014, penyakit jantung merupakan penyakit terbanyak pada rawat jalan dan rawat inap di Indonesia yang menggunakan jaminan kesehatan nasional pada tahun 2012. Total biaya yang dikeluarkan untuk rawat jalan tingkat lanjut penyakit jantung sebesar Rp. 3.264.003.343, sedangkan untuk rawat inap lanjut sebesar Rp. 19.731.040.425. Untuk mengurangi beban keuangan negara dalam menanggulangi biaya diatas, maka perlu dilakukan upaya pencegahan dini yaitu salah satunya melalui diagnosis tingkat resiko penyakit jantung koroner berdasarkan gejala-gejala faktor resiko. Dalam melakukan diagnosis mencakup beberapa tingkatan ketidakpastian [1]. Pakar dalam hal ini dokter dan paramedis sering menemui kesulitan dalam mengambil keputusan yang tegas dikarenakan beberapa alasan. Alasan tersebut bisa berupa data yang kurang tepat (*imprecise*) dan tidak akurat (*inaccurate*), pengetahuan yang tidak pasti (*uncertainty*), tidak ada batasan-batasan yang jelas untuk mengambil sebuah keputusan. Setiap pakar pasti mempunyai keputusan yang berbeda (*inter-expert variability*), mereka akan mengambil keputusan sesuai dengan pengalamannya sendiri. Opini atau keputusan pakar pun sering mengalami perubahan. Seiring waktu, opini atau keputusan seorang pakar sangat mungkin mengalami perubahan (*intra-expert variability*) karena pengetahuannya yang terus bertambah berdasarkan adanya gejala baru, penelitian baru, atau mungkin juga kebiasaan terbaru [2]. Pemodelan teknik biasa tidak bisa menangani permasalahan dalam pemindahan kepakaran manusia (*knowledge acquisition*) dan penalaran yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*).

Ketidakpastian merupakan hal yang sangat penting dalam ilmu pengetahuan dan logika *fuzzy* adalah metode yang mampu menangani permasalahan ketidakpastian menggunakan bahasa sehari-hari. Logika *fuzzy* menterjemahkan ukuran pasti dari apa yang tidak pasti pada domain kesehatan [3]. Peranan penting ilmuwan komputer dalam membantu pakar dalam hal pengambilan keputusan adalah mengembangkan model-model matematika dengan kemampuan prediksi yang tinggi [4] bahkan apabila terdapat kenaikan akurasi dalam ukuran kecil sekalipun yang bisa dihasilkan dari pemodelan matematika bisa memberi keuntungan yang besar baik kepada pasien maupun kepada instansi kesehatan sebagai contoh pada tahun 1994, diperkirakan bahwa kenaikan akurasi sebesar 1 persen saja dalam prediksi hasil pneumonia dan rawat inap pasien pneumonia mampu menghemat sekitar \$ 90 juta untuk biaya kesehatan per tahun di Amerika Serikat [5] sehingga membuat sistem prediksi yang lebih akurat merupakan tantangan utama dalam penelitian pada bidang informatika kesehatan.

Himpunan dan logika *fuzzy* telah terbukti mampu memindahkan kepakaran manusia kedalam sistem komputer berbentuk aturan IF-THEN. Aturan-aturan IF-THEN digunakan untuk melakukan pemetaan *non-linear* dari daerah input ke daerah output. Linguistik pada sistem *fuzzy* memiliki interpretabilitas yang cukup baik [6] karena linguistik mampu memberi angka kepada ukuran yang belum mempunyai ukuran angka yang jelas melalui *membership function*.

Sistem *fuzzy* akan menghasilkan output yang sama jika diberikan input yang sama dan tidak akan mengalami perubahan. Bagaimanapun, pakar sering berubah dalam pengambilan keputusan. Variasi atau perbedaan keputusan dapat terjadi antar pakar (*inter-variability*) begitupun seorang pakar keputusannya dapat berubah untuk input yang sama (*intra-variability*). *Fuzzy non-stationary* adalah metode *fuzzy* yang menyertakan variabel waktu. *Membership function* dari himpunan *fuzzy non-stationary* memungkinkan perubahan berdasarkan waktu sehingga bisa meniru variabilitas manusia dan menyesuaikan perubahan opini pakar (*intra-variability*) seiring dengan waktu. Melalui penelitiannya mereka mendapati hasil bahwa metode *fuzzy non-stationary* dapat menaikkan performa dibandingkan dengan metode *fuzzy inference system* (FIS) [7]. Penelitian lain berkesimpulan bahwa metode *fuzzy non-stationary* alat yang sangat ampuh untuk pemodelan hubungan asosiatif *fuzzy* yang memiliki komponen temporal [8].

Faktor penentu tingkat resiko penyakit jantung koroner ditemukan ketidakpastian, sebagai contoh status *blood sugar* “low” dan *blood pressure* “high”. Status “low” dan “high” tidak mempunyai ukuran angka yang jelas dan relatif untuk masing-masing pakar.

Berdasarkan pertimbangan tersebut dilakukan penelitian tentang sistem berbasis pengetahuan menggunakan metode *fuzzy non stationary* untuk diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner.

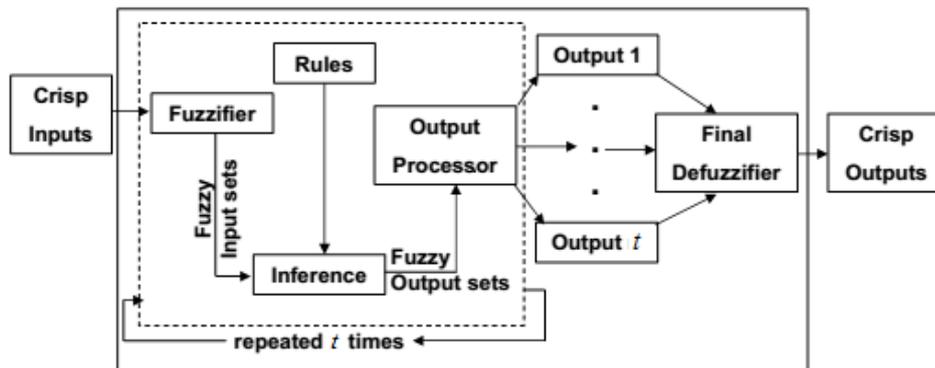
2. Tinjauan Pustaka

Deteksi tingkat resiko jantung koroner menggunakan metode Dempster-Shafer pernah diteliti oleh [9] menggunakan 10 data uji dan didapati akurasi 100%, penelitian tentang penyakit jantung koroner menggunakan metode *fuzzy* dilakukan oleh [10]. Dalam bidang kedokteran, perubahan keputusan pakar seiring dengan waktu dipengaruhi oleh penelitian terbaru, kebiasaan dan ketidakstabilan emosi melahirkan metode baru *fuzzy non stationary* yang diajukan oleh [2] yang kemudian melakukan penelitian menggunakan metode tersebut untuk menentukan terapi paska operasi bagi pasien kanker payudara [7] dan didapati akurasi 88,09% dibandingkan menggunakan metode *fuzzy* yang menghasilkan akurasi sebesar 84,58% sehingga terdapat kenaikan akurasi sebesar 3,51%. Kenaikan akurasi pada bidang kedokteran mampu menghemat pengeluaran biaya pengobatan [2]. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan, maka penelitian ini dilakukan untuk mendiagnosa status resiko jantung koroner menggunakan metode *fuzzy non-stationary*.

Penelitian ini melakukan diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner menggunakan metode *fuzzy non-stationary* dengan melibatkan 5 (lima) faktor resiko meliputi umur, tekanan darah, gula darah, status BMI, dan kolesterol. Dengan menggunakan inferensi mamdani, sistem akan melakukan *perturb* (perulangan) sebanyak 5(lima) kali.

2.1. Fuzzy Non Stationary

Metode *fuzzy non-stationary* mampu menyesuaikan perubahan opini pakar yang pada umumnya berubah seiring waktu berdasarkan penelitian terbaru, kebiasaan baru, dan ketidakstabilan emosi. Gambar 1 dibawah ini merupakan arsitektur *fuzzy non-stationary* (FNIS) pada umumnya.



Gambar 1. Arsitektur Umum FNIS

Dari Gambar 1, diperjelas dengan algoritma FNIS yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.

1. tentukan (i), pf untuk variabel input/output dan jenis variasi FNIS yang digunakan
2. pada perulangan i=1 lakukan:
 - a. fuzzifikasi
 - b. inferensi
 - c. defuzzifikasi
 - d. simpan hasil y^*_1
3. pada perulangan i = 2 sampai m lakukan:
 - a. untuk $i_p = 1$ sampai n lakukan:
 - b. untuk $m_{f_1} = 1$ sampai nm_{f_1} lakukan:
 - update nilai parameter pada tiap m_{f_1}
 - selesai m_{f_1} looping
 - selesai i_p looping
 - c. untuk $m_{f_0} = 1$ sampai nm_{f_0} lakukan :
 - update nilai parameter pada tiap m_{f_1}
 - selesai m_{f_0} looping
 - d. lakukan perhitungan fuzzifikasi
 - e. lakukan perhitungan inferensi
 - f. lakukan defuzzifikasi
 - g. dapatkan y^*_1 , simpan
 - selesai i looping
4. pilih y^* yang terbaik, jadikan output sistem

Gambar 2. Algoritma FNIS

dimana:

- i = banyaknya perulangan yang dilakukan
- pf = *perturbation function*
- ip = banyaknya variabel input
- mfi = perulangan pada linguistik variabel input
- mfo = perulangan pada linguistik variabel output
- nmfi = banyaknya linguistik pada tiap variabel input
- nmfo = banyaknya linguistik pada variabel output
- y*i = output iterasi ke-i

FNIS pada akhirnya akan menghasilkan i output *crisp* dari i kali perulangan yang dilakukan sistem, dan akan dipilih 1 oleh pakar secara manual untuk dijadikan output sistem.

2.2. Himpunan *Fuzzy Non Stationary*

Misalkan A adalah sebuah himpunan *fuzzy* dari semesta X dengan *membership function* μ_A . T adalah sebuah himpunan waktu t_i (mungkin tak terbatas) dan $f : T \rightarrow R$ menunjukkan *perturbation function*. Himpunan *fuzzy non-stationary* dari semesta pembicaraan X dikarakteristikan oleh fungsi keanggotaan *non stationary* $\mu_A : T \times X \rightarrow [0,1]$ yang menggabungkan tiap elemen (t, x) dari $T \times X$ dengan perubahan waktu tertentu dari $\mu_A(x)$. Himpunan *non-stationary* A dinotasikan oleh Persamaan 1.

$$A = \int_{x \in X} \frac{\mu_A(x,t)}{x}, \mu_A \in [0,1] \quad (1)$$

$\mu_A(x)$ diekspresikan sebagai $\mu_A(x, p_1, p_2, \dots, p_m)$ dimana p adalah parameter dari $\mu_A(x)$ sehingga didapat Persamaan (2).

$$\mu_A(x, t) = \mu_A(x, p_1(t), \dots, p_m(t)) \quad (2)$$

dimana $p_i(t) = p_i + k_i f(t)$ demikian masing-masing parameter bervariasi dalam waktu t yang dibangkitkan oleh *perturbation function* dikalikan dengan sebuah konstanta k .

2.3. *Perturbation Function*

Perturbation function atau fungsi gangguan adalah perubahan yang disebabkan oleh fungsi adalah kecil dan bersifat sementara (*temporal*). Jenis *fuzzy non-stationary* ditentukan oleh 2 (dua) hal [11] yaitu:

- 1) Variasi yang dilakukan;
- 2) *Perturbation function* yang digunakan.

Variasi pada *fuzzy non-stationary* menurut Musikasuwana dkk. (2006) terbagi atas 3 jenis yaitu:

- 1) Variasi pada lokasi (*variation of location*): perubahan kecil pada titik tengah dari *membership function* (c)

$$\forall_{t \in T} \mu_A(x, t) = \mu_A(x + a(t)) \quad (3)$$

dimana $a(t)$ adalah sebuah konstanta yang diberikan pada waktu $t \in T$ sehingga parameter-parameter pada *membership function* himpunan *fuzzy* akan bergeser dan memungkinkan terjadi perubahan *grade membership function* $\mu_A(x, t)$. $a(t)$ bisa juga merupakan bilangan acak ataupun hasil perhitungan dari sebuah konstanta k dikalikan dengan *perturbation function* (pf) yang ditentukan pada tiap variabel.

- 2) Variasi pada (*width*): kemiringan perubahan kecil pada lebar (*width*) *membership function*

$$\forall_{t \in T}, \forall_{\alpha \in [0,1]} |A_{t, \alpha+}| = |A_{\alpha+}| + c_{\alpha}(t) \quad (4)$$

dimana $c_{\alpha}(t)$ adalah konstanta yang diberikan pada waktu $t \in T$.

- 3) Variasi *noise*: perubahan kecil secara vertikal pada nilai *membership function*.

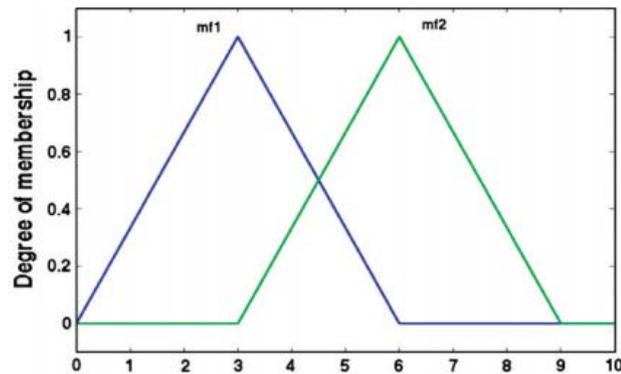
$$\forall_{t \in T} \mu_A(t, x) = \mu_A(x) + a(t) \quad (5)$$

[12] mengatakan bahwa secara teori fungsi apa saja bisa digunakan sebagai *perturbation function* namun harus sesuai dengan variasi minor yang terjadi seiring waktu. Contoh keluarga fungsi yang dapat digunakan sebagai *perturbation function* adalah

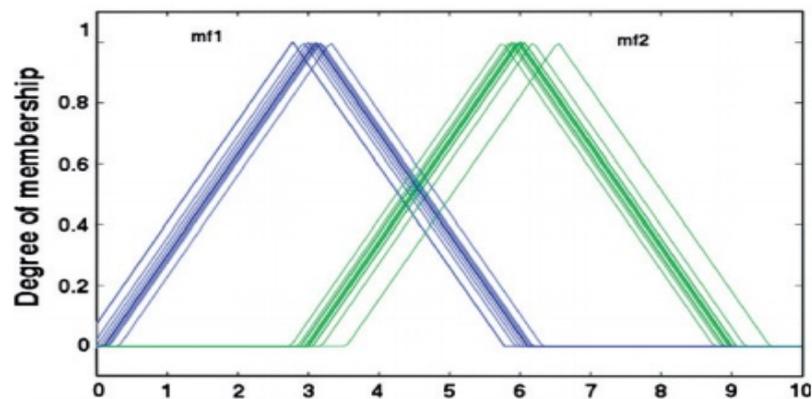
$$\text{Sinusoidal function} = \sin(\omega t) \quad (6)$$

$$\text{Normally distributed random function} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

Gambar-gambar dibawah ini menunjukkan bahwa dari basis *membership function* dasar pada Gambar 3, dengan menggunakan *perturbation function* parameter-parameter himpunan *fuzzy* variabel digeser sebanyak i perulangan dan menghasilkan himpunan *fuzzy non-stationary* seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Membership function fuzzy

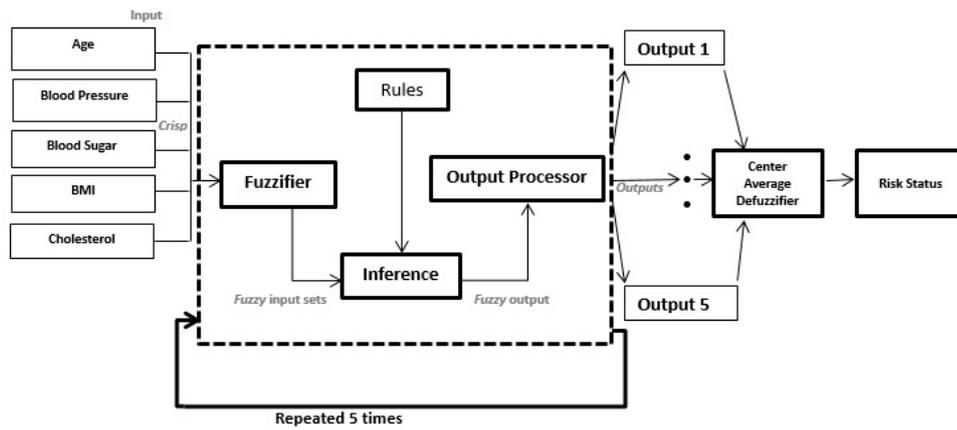


Gambar 4. Membership function fuzzy non-stationary

3. Metodologi Penelitian

3.1. Arsitektur Sistem

Sistem yang dibangun pada penelitian ini berbasis desktop untuk membantu mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner dengan melibatkan 5 (lima) faktor resiko diantaranya *age*, *blood pressure*, *blood sugar*, BMI, dan *cholesterol*. Sistem menggunakan fuzzifikasi *singleton*, inferensi *min* dengan interpretasi mamdani *min*, dan metode defuzzifikasi *center average*. Sistem FNIS yang dilakukan pada penelitian ini adalah FNIS dengan variasi lokasi. Perulangan yang dilakukan sistem sebanyak 5 (lima) kali dengan asumsi memuat 5 (lima) variasi opini pakar, *normally distributed random function* digunakan untuk menggeser *membership function* variabel *input*. Sistem membangkitkan nilai $\sigma = \text{random}[1,5]$ untuk masing-masing variabel *input* pada tiap perulangan. Sistem menggunakan fungsi sinusoidal dengan nilai $\alpha = 33$ untuk menggeser *membership function* variabel *output* dengan pertimbangan variasi opini pakar pada *risk status* adalah kecil ≤ 0.1 . Gambar 5 dibawah ini merupakan arsitektur sistem penelitian ini.



Gambar 5. Arsitektur Sistem Penelitian

3.2. Akuisisi Pengetahuan

Pengetahuan yang didapat dari pengambilan data rekam medis kemudian diakuisisi ke dalam sistem menjadi himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy* untuk melakukan inferensi *fuzzy*. Sumber yang digunakan sebagai pedoman pembentukan himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy* berasal dari:

- 1) Dokter spesialis jantung
- 2) Jurnal internasional [9] yang berjudul “*Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner Menggunakan Metode Demspter-Shafer (Studi Kasus: RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta)*”.

3.3. Rancangan Pemodelan Sistem Fuzzy

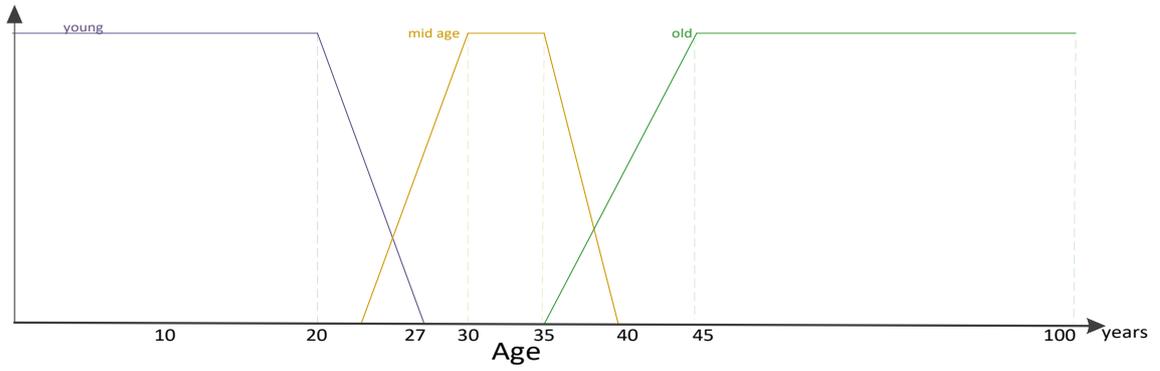
Diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner ditentukan oleh faktor-faktor prognosis. Untuk mengimplementasikan sistem yang dapat mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner dengan menggunakan inferensi *fuzzy non-stationary*, dibutuhkan 6 (enam) kebutuhan sistem *fuzzy*. Nama variabel *input* dan *output*, linguistik beserta semesta dan satuannya ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Linguistik variabel sistem

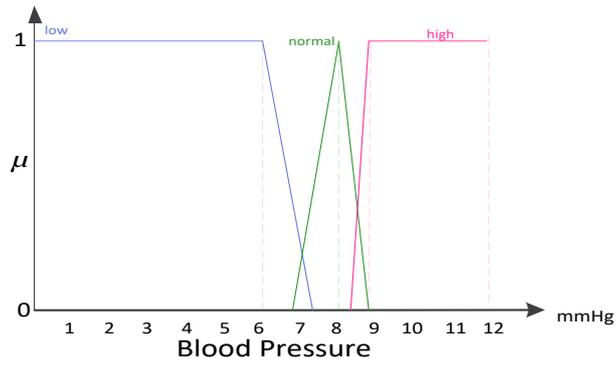
No	Variabel	Keterangan	Semesta	Linguistik	Satuan
1	<i>Age</i>	Umur	[0,100]	(<i>young, mid-age, old</i>)	<i>year</i>
2	<i>Blood Pressure</i>	Tekanan Darah	[0,120]	(<i>low, normal, high</i>)	mmHg
3	<i>Blood Sugar</i>	Gula Darah	[0,300]	(<i>low, normal, high</i>)	mg/dl
4	<i>BMI</i>	Status BMI	[0,50]	(<i>thin, normal, fat, obesity</i>)	NGS
5	<i>Cholesterol</i>	Kolesterol	[0,300]	(<i>low, normal, high</i>)	mg/dl
6	<i>Risk Status</i>	Tingkat Resiko Jantung Koroner	[0,100]	(<i>low, intermediate, high</i>)	%

3.4. Representasi Fungsi Keanggotaan

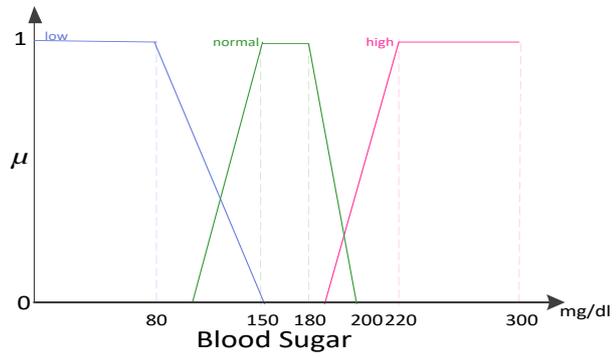
Representasi fungsi keanggotaan tiap variabel berikut linguistiknya mulai dari variabel input *Age* sampai variabel output *Risk Status* sesuai Tabel 2 diatas digambarkan melalui Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 dibawah ini.



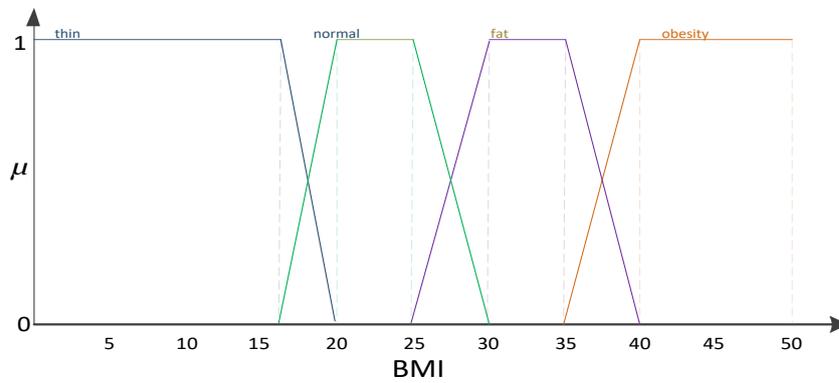
Gambar 6. Representasi Keanggotaan Age



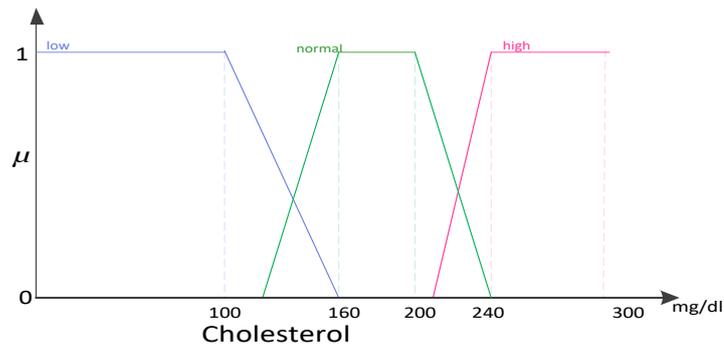
Gambar 7. Representasi Keanggotaan Blood Pressure



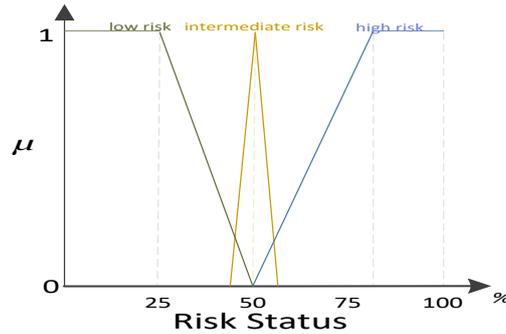
Gambar 8. Representasi Keanggotaan Blood Sugar



Gambar 9. Representasi Keanggotaan BMI



Gambar 10. Representasi Keanggotaan Cholesterol



Gambar 11. Representasi Keanggotaan Risk Status

3.5. Fuzzy Rule

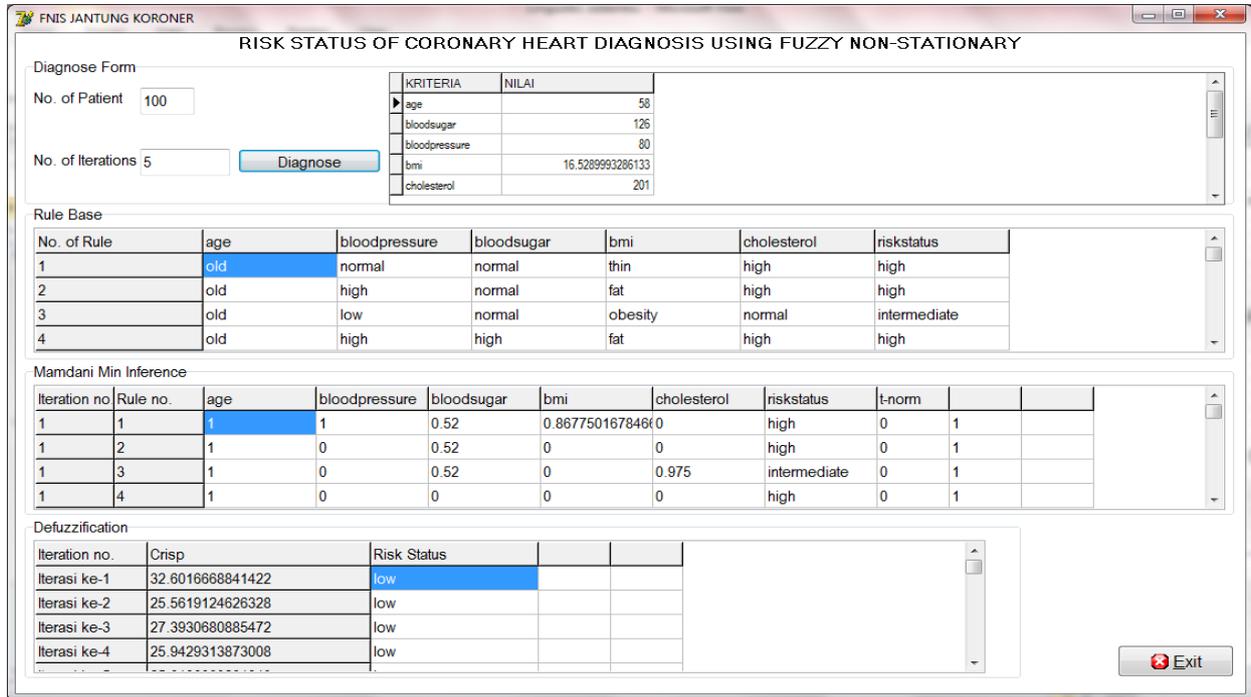
Proses akuisisi pengetahuan menghasilkan 18 (delapan belas) *fuzzy rule* yang berbentuk kaidah produksi IF-THEN yang digunakan sistem, diuraikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Fuzzy Rule Sistem

No.	ATURAN IF-THEN
R1	<i>IF Age is old AND BloodPressure is normal AND BloodSugar is normal AND BMI is thin AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R2	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is fat AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R3	<i>IF Age is old AND BloodPressure is low AND BloodSugar is normal AND BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R4	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is high AND BMI is fat AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R5	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is high AND BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is high</i>
R6	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R7	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is high</i>
R8	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is normal AND BloodSugar is high AND BMI is normal AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R9	<i>IF Age is old AND BloodPressure is low AND BloodSugar is low AND BMI is thin AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R10	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is low AND BloodSugar is high AND BMI is thin AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R11	<i>IF Age is young AND BloodPressure is low AND BloodSugar is low AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R12	<i>IF BloodPressure is normal AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R13	<i>IF Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R14	<i>IF BMI is fat AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R15	<i>IF Cholesterol is low THEN Risk Status is low</i>
R16	<i>IF BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>

4. Hasil dan Pembahasan

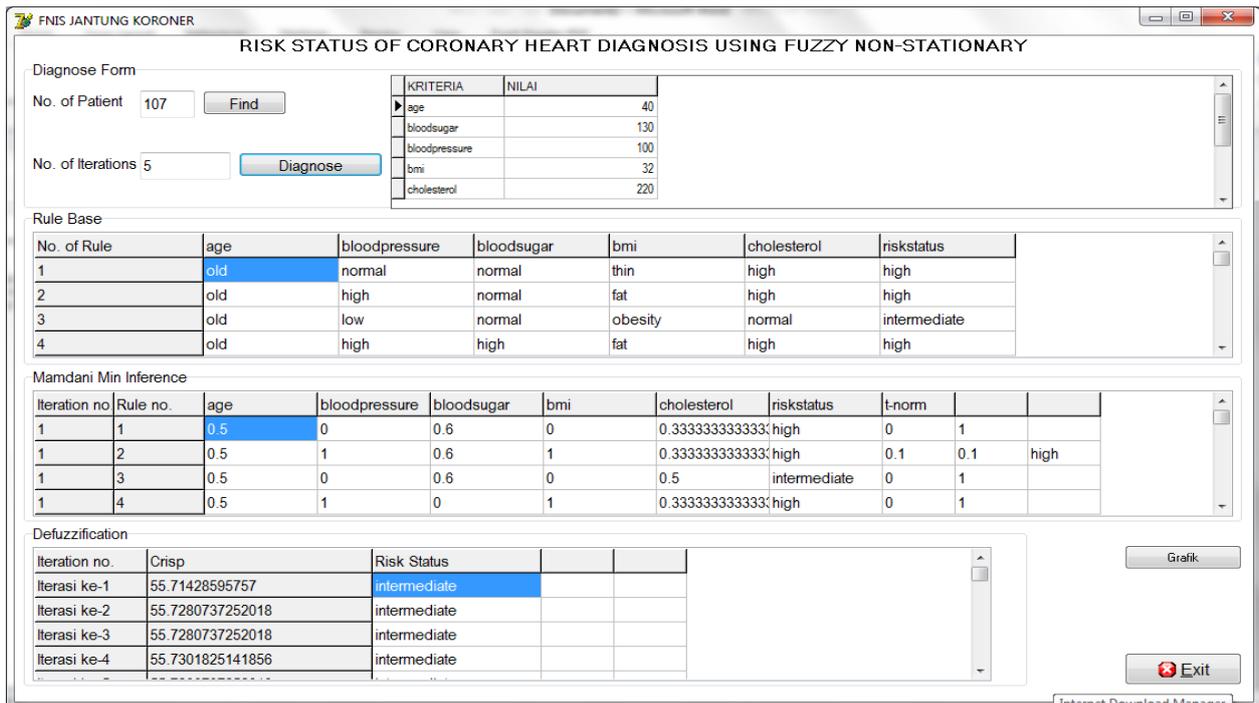
Hasil diagnosa sistem dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini dengan menggunakan data pasien no. 100 yang tersimpan pada database yang memiliki gejala resiko sebagai berikut Umur = 58, *Blood Pressure* = 80, *Blood Sugar* = 126, BMI = 16.5, *Cholesterol* = 201.



Gambar 12. Hasil Diagnosa Sistem *low*

Hasil diatas menunjukkan bahwa didapati tingkat resiko jantung koroner dengan masukan *Age* = 58, *Blood Pressure* = 80, *Blood Sugar* = 126, BMI = 16.5, *Cholesterol* = 201 adalah “*low*” dengan dilakukan 5 perulangan didapati tingkat resiko “*low*” namun dengan 5 nilai *crisp* yang berbeda. Di antara 5 nilai *crisp* tersebut, pakar dalam hal ini dokter spesialis jantung memilih 25,562% yang tepat sebagai output.

Sistem kemudian mencoba melakukan diagnosa pada data pasien nomor 107 dengan detail faktor resiko *Age* = 40, *Blood Pressure* = 100, *Blood Sugar* = 130, BMI = 32, dan *Cholesterol* = 220. Hasil diagnosa dapat dilihat pada Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Hasil diagnosa sistem *intermediate*

Hasil di atas menunjukkan bahwa didapati tingkat resiko jantung koroner dengan masukan $Age = 40$, $Blood Pressure = 100$, $Blood Sugar = 130$, $BMI = 32$, dan $Cholesterol = 220$ adalah “*intermediate*” dengan dilakukan 5 perulangan didapati tingkat resiko “*intermediate*” namun dengan 5 nilai *crisp* yang berbeda. Di antara 5 nilai *crisp* tersebut, pakar dalam hal ini dokter spesialis jantung memilih 55,73% yang tepat sebagai output.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan hasil antara pakar, FIS, dan FNIS dan dilakukan perbandingan hasil dari 3 (tiga) data uji seperti tampak pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Diagnosa

Data uji	Faktor Resiko					Hasil Diagnosa (%)		
	<i>Age</i>	<i>Blood Pressure</i>	<i>Blood Sugar</i>	BMI	<i>Cholesterol</i>	Pakar	FIS	FNIS
Data uji 1	27	65	80	18,2	160	40	37	40
Data uji 2	35	60	100	45	190	50	48	50
Data uji 3	21	65	80	22	180	13	13	13

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa FNIS merupakan perulangan dari FIS yang dibangkitkan oleh *perturbation function* yang menggeser membership function variable input dan output sebagai penyesuaian perubahan opini manusia dalam hal ini pakar yang berubah seiring waktu dipengaruhi oleh gejala baru, penelitian baru, kebiasaan baru, dan ketidakstabilan emosi ketika melakukan diagnosa. Hasil perbandingan antara pakar, FIS, dan FNIS dapat dilihat bahwa FNIS lebih unggul karena keragaman outputnya lebih sesuai dengan hasil diagnosa pakar dibanding FIS dikarenakan perulangan yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Torres, A. dan Nieto, J. J., 2005, Fuzzy Logic in Medicine and Bioinformatics, *Jurnal of Biomedicine and Biotechnology*, 1-7.
- [2] Garibaldi, Jonathan.M., Jaroszewski, M., and Musikasuwana, S., 2007, New Concepts related to Non-Stationary Fuzzy Sets, *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ:IEEE)*, London, 1684-1689.
- [3] Saleh, A.A.E., Barakat, S. E., and Awad, A.A.E., 2011, A Fuzzy Decision Support System in Management of Breast Cancer, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2, 34-40.
- [4] Visweswaran, S., Cooper, G.F., Angus, D.C., Hsieh, M., Wiesseld, L., and Yealy, D., 2010, Learning patient-specific predictive models from clinical data, *Journals of Biomedical Informatics*, Elsevier, 43, 669-685.
- [5] Cooper, G.F., Alieris, C.F., Ambrosinus R., Aronis, J., Buchanan, B.G., Caruana, R., Fine, M., Glymour, C., Gordon, G., Hanusa, B., Janosky, J.E., Meek, C., Mitchell, T., Richardson, T., Spirtes, P., 1997, An evaluation of machine-learning methods for predicting pneumonia mortality, *Artificial Intelligence in Medicine* 9, Elsevier, 107-138.
- [6] Zhou, S., John, R., Wang, X., dan Garibaldi, J., 2008, Compact fuzzy rules induction and feature extraction using SVM with particle swarms for breast cancer treatments, *IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence)*, IEEE, 1469-1475.
- [7] Garibaldi, Jonathan .M., Zhou, Shang-Ming, Wang, Xiao-Ying, John, Robert.I and Ellis, Ian.O., 2012, Incorporation of expert variability into breast cancer treatment recommendation in designing protocol guided fuzzy rule system models, *Journal of Biomedical Informatics*, Elsevier, 45, 447-459.
- [8] Coupland, S and Matthews, Stephen G., 2013, Using Nonstationary Fuzzy Sets to Improve the Tractability of Fuzzy Association Rule, *Advances in Type-2 Fuzzy Logic*, IEEE, 9-14.
- [9] Wahyuni, E.G., Widodiprodjo, W., 2013, Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer (Studi Kasus: RS. PKU Muhammadiyah Yogyakarta), *Berkala MIPA*, Vol. 23, pp. 161-171.
- [10] Wardhani, R.S., 2014, Aplikasi Sistem Fuzzy Untuk Diagnosa Penyakit Jantung Koroner, *Skripsi*, Universitas

Negeri Yogyakarta, Indonesia.

- [11] Musikasuwan, S, 2013, Novel Fuzzy Techniques For Modelling Human Decision Making, *Disertasi*, School of Computer Science Faculty Science University of Nottingham, Nottingham, Inggris.

ANALISIS REGRESI MULTIVARIAT BERDASARKAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI DERAJAT KESEHATAN DI PROVINSI MALUKU

Salmon N. Aulele¹, A. Z. Wattimena², Christy Tahya³

^{1,2,3}Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia
e-mail: ¹salmon.aulele@yahoo.com

Abstrak

Kesejahteraan merupakan tujuan utama pembangunan sebuah negara. Salah satu aspek penting untuk mengukur tingkat kesejahteraan adalah kualitas fisik penduduk, yang dapat dilihat dari derajat kesehatan penduduk. Derajat kesehatan suatu daerah dapat dipengaruhi oleh banyak variabel. Model regresi multivariat adalah model regresi dengan lebih dari satu variabel respon yang saling berkorelasi dan satu atau lebih variabel prediktor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran kesehatan masyarakat di Provinsi Maluku serta menentukan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi angka kematian bayi, angka harapan hidup, dan status gizi buruk di Provinsi Maluku dengan menggunakan regresi multivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase angka kematian bayi tertinggi yaitu di kabupaten Maluku Tenggara Barat, persentase angka harapan hidup tertinggi yaitu di Kota Ambon dan untuk persentase Status Gizi Buruk tertinggi di kabupaten Kepulauan Aru. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi, angka harapan hidup, dan status gizi buruk di Provinsi Maluku dengan menggunakan regresi multivariat yaitu persentase rumah tangga yang menggunakan jamban dengan tangki septik (X_1), persentase peran aktif masyarakat dalam posyandu (X_3), persentase rata-rata lamanya bayi di beri ASI eksklusif (X_4), persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis (X_5), persentase imunisasi lengkap (X_6), persentase kepadatan penduduk (X_7) dan model dapat menjelaskan informasi data sebesar 99,4%.

Kata Kunci: Angka harapan hidup, angka kematian bayi, model regresi multivariat, status gizi buruk

MULTIVARIATE REGRESSION ANALYSIS BASED ON FACTORS AFFECTING HEALTH STATUS IN MALUKU PROVINCE

Abstract

Prosperity is the main objective of development of a country. One important aspect to measure the level of well-being is the physical quality of the population that can be seen on the health status of the population. Health status of an area can be affected by many variables. Multivariate regression model is a regression model with more than one response variable cross-correlated and one or more predictor variables. The purpose of this research is to find a picture of public health in Maluku Province and determine the factors that influence infant mortality, life expectancy, and poor nutritional status in Maluku province using multivariate regression. The results showed that the percentage of the highest infant mortality rate in West Southeast Maluku district, the percentage of the highest life expectancy in the city of Ambon and for the highest percentage of malnutrition status in Aru Islands district. While the factors that affect infant mortality, life expectancy, and poor nutritional status in Maluku province using multivariate regression is the percentage of households using latrines with septic tanks (X_1), the percentage of people's active participation in Posyandu (X_3), the percentage the average duration of exclusive breastfeeding infants given (X_4), the percentage of deliveries performed by medical personnel (X_5), the percentage of fully immunized (X_6), the percentage of population density (X_7) and the model can explain the data information of 99.4%

Keywords: Infant mortality, life expectancy, multivariate regression model, status of malnutrition

1. Pendahuluan

Kesejahteraan penduduk merupakan aspek penting untuk mengukur kualitas sebuah negara. Kualitas hidup penduduk sangat bergantung dari derajat kesehatan. Indikator utama untuk melihat derajat kesehatan adalah angka kematian bayi, angka harapan hidup, dan status gizi buruk. Oleh karena itu usaha untuk meningkatkan dan memelihara mutu pelayanan kesehatan melalui pemberdayaan sumber daya manusia secara berkelanjutan dan sarana prasarana dalam bidang medis termasuk ketersediaan obat yang dapat dijangkau oleh masyarakat perlu mendapat perhatian utama. Mengingat pentingnya kesehatan, dunia internasional merumuskannya ke dalam *Millennium Development Goals* (MDGs). MDGs terdiri atas pencapaian pembangunan bidang kesehatan, pendidikan, dan ekonomi. Ketiganya merupakan indikator yang mencerminkan sejauh mana negara mampu memenuhi hak-hak dasar warga negara.

Salah satu usaha pemerintah untuk mewujudkan pembangunan kesehatan melalui pencaanangan Program Indonesia Sehat 2010. Tujuan dari Program Indonesia Sehat 2010 adalah terciptanya pembangunan nasional berwawasan kesehatan, kemandirian masyarakat untuk hidup sehat, memelihara, dan meningkatkan pelayanan kesehatan yang bermutu. Visi Indonesia Sehat 2010 yang telah dirumuskan oleh Depatemen Kesehatan menyatakan bahwa, gambaran masyarakat Indonesia dimasa depan yang ingin dicapai melalui pembangunan kesehatan adalah masyarakat, bangsa dan negara yang ditandai oleh penduduknya hidup dalam lingkungan dan dengan perilaku yang sehat, memiliki kemampuan untuk menjangkau pelayanan kesehatan yang bermutu secara adil dan merata, serta memiliki derajat kesehatan yang setinggi-tingginya diseluruh Provinsi Maluku.

Talangko [1] mengungkapkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi derajat kesehatan adalah adanya jamban dalam rumah, penggunaan air bersih, adanya tempat pengelolaan limbah, perilaku hidup bersih dan sehat, pemberian ASI eksklusif, persalinan dengan tenaga kesehatan, dan tumbuh kembang balita melalui pelayanan kesehatan.

Dalam statistik memberi pengertian bahwa angka kematian bayi, angka harapan hidup dan status gizi buruk (indikator utama) merupakan variabel respon sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi derajat kesehatan merupakan variabel prediktor. Karena terdapat variabel respon lebih dari satu dan antara variabel respon saling memiliki hubungan antara satu dengan yang lain, maka analisis yang dianggap efisien untuk menggambarkan derajat kesehatan di Provinsi Maluku adalah dengan menggunakan analisis regresi multivariat.

Analisis regresi multivariat adalah analisis dimana menjelaskan adanya hubungan atau saling berkorelasi antara lebih dari satu variabel respon dengan satu atau lebih varabel prediktor. Misalkan terdapat variabel respon berjumlah q yaitu Y_1, Y_2, \dots, Y_q dan p variabel prediktor yaitu X_1, X_2, \dots, X_p maka model linear multivariat respon ke- q adalah:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_{01} + \beta_{11}X_1 + \beta_{p1}X_p + \epsilon_1 \\ Y_2 &= \beta_{02} + \beta_{12}X_1 + \beta_{p2}X_p + \epsilon_2 \\ &\vdots \\ Y_q &= \beta_{0q} + \beta_{1q}X_1 + \beta_{pq}X_p + \epsilon_q \end{aligned}$$

Model regresi multivariat yang terdiri dari q model linear secara simultan dapat ditunjukkan bentuk matriks pada persamaan sebagai berikut:

$$Y_{nxq} = X_{nx(p+1)}\beta_{(p+1) \times q} + \epsilon_{(nxq)} \text{ dengan } E(\epsilon_{(i)}) = 0, \text{ dan } \text{Cov}(\epsilon_{(i)}, \epsilon_{(i)}) = \sigma_{ii}I$$

2. Metodologi Penelitian

Tipe penelitian yang digunakan adalah studi kasus yaitu dengan menerapkan metode regresi multivariat berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi derajat kesehatan di Provinsi Maluku. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku, Profil Kesehatan Provinsi Maluku, serta Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) tahun 2012.

Dalam penelitian ini variabel respon yang digunakan adalah Y_1 , Y_2 , dan Y_3 , berturut-turut menyatakan presentase angka kematian bayi, presentase angka harapan hidup, dan presentase status gizi buruk. Sedangkan variabel prediktor yang digunakan untuk adalah sebagai berikut:

1) Aspek perumahan dan lingkungan

X_1 : Persentase rumah tangga yang menggunakan jamban dengan tangki septik.

X_2 : Persentase rumah yang menggunakan air bersih untuk minum/masak (air kemasan, PAM, pompa, sumur terlindung dan mata air terlindung).

2) Aspek perilaku kesehatan

X_3 : Persentase peran aktif masyarakat dalam posyandu purnama dan mandiri.

X_4 : Persentase rata-rata lamanya bayi diberi ASI eksklusif .

3) Aspek pelayanan kesehatan

X_5 : Persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis.

X_6 : Persentase imunisasi lengkap yang mencakup imunisasi BCG, DPT, polio, campak, dan hepatitis.

4) Aspek pelayanan kependudukan

X_7 : Kepadatan penduduk.

Adapun langkah-langkah yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian yaitu metode analisis yang digunakan adalah statistik deskriptif dengan menggunakan nilai rata-rata, nilai minimum, dan maksimum. Untuk statistik deskriptif secara visual digunakan tabel. Variabel yang digunakan Y_1 , Y_2 , Y_3 , dari 11 kabupaten/kota di Provinsi Maluku dan analisis regresi multivariat dengan variabel yang digunakan adalah Y_1 , Y_2 , Y_3 , sebagai variabel repon dan X_1 , X_2 , \dots , X_7 , sebagai variabel prediktor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Statistika Deskriptif Variabel Respon dan Variabel Prediktor

Statistik deskriptif variabel respon yang diteliti, bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing variabel respon. Hasilnya disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Respon

Variabel Respon	N	Minimum (dalam %)	Maksimum (dalam %)	Mean (dalam %)
Angka Kematian Bayi (AKB)	11	0,00	0,10	0,0373
Angka Harapan Hidup (AHH)	11	67,00	78,97	71,2918
Status Gizi Buruk (SGB)	11	0,00	0,50	0,2618

Statistik Deskriptif variabel prediktor yang diteliti, bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing variabel prediktor. Hasilnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	N	Minimum (dalam %)	Maksimum (dalam %)	Mean (dalam %)
Jamban (X_1)	11	5,76	100,00	62,5755
Air (X_2)	11	30,87	100,00	90,3564
Posyandu (X_3)	11	3,24	77,82	41,42
ASI (X_4)	11	0,00	80,15	18,5627
Salin Medis (X_5)	11	60,31	88,42	76,2482
Imunisasi (X_6)	11	43,00	100,00	80,9309
Kep. Penduduk (X_7)	11	0,77	68,24	9,6318

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa persentase AKB terendah yaitu sebesar 0,00% (tidak terjadi kematian bayi pada tahun itu) di Kota Ambon, Kabupaten Seram Bagian Timur dan Kota Tual sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 0,10% yang terjadi di Kabupaten Maluku Tenggara Barat. Untuk persentase AHH terendah yaitu sebesar 67,00% yang terjadi di Kabupaten Maluku Barat Daya sedangkan yang tertinggi

yaitu sebesar 78,97% yang terjadi di Kota Ambon. Untuk persentase SGB terendah yaitu sebesar 0,00% di Kota Ambon dan yang tertinggi yaitu sebesar 0,50% yang terjadi di Kabupaten Kepulauan Aru.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa persentase rumah tangga yang menggunakan jamban dengan tangki septik terendah yaitu sebesar 5,76% di kabupaten Seram Bagian Barat sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 100% di kabupaten Maluku Tenggara Barat. Untuk persentase penggunaan air bersih yang terendah yaitu sebesar 30,87% di Kabupaten Seram Bagian Timur sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 100% di 7 kabupaten/kota yaitu di Ambon, Maluku Tengah, Seram Bagian Barat, Buru, Maluku Tenggara, Maluku Tenggara Barat, dan Maluku Barat Daya. Untuk persentase peran aktif masyarakat dalam posyandu yang terendah yaitu sebesar 3,24% di kabupaten Seram Bagian Timur sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 77,82% di Kabupaten Buru. Untuk persentase rata-rata lamanya bayi di beri ASI eksklusif yang terendah yaitu sebesar 0,00% di Kabupaten Seram Bagian Barat sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 80,15% di Kabupaten Buru Selatan. Untuk persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis yang terendah yaitu sebesar 60,31% terjadi di Kabupaten Buru Selatan sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 88,42 % di Kota Ambon. Untuk persentase imunisasi lengkap yang terendah yaitu sebesar 43,00% di Kabupaten Buru Selatan sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 100% di Kabupaten Seram Bagian Barat dan Maluku Tenggara Barat. Untuk persentase kepadatan penduduk yang terendah yaitu sebesar 0,77% di Kabupaten Maluku Tenggara Barat sedangkan yang tertinggi yaitu sebesar 68,24% di Kota Ambon.

Sebelum dibentuk model regresi multivariat, dilakukan pengujian terlebih dahulu apakah variabel respon terdapat korelasi atau tidak dan berdistribusi normal multivariat. Jika tidak berkorelasi maka analisis dilanjutkan dengan menggunakan regresi univariat, tetapi sebaliknya jika terdapat korelasi antar variabel respon maka dilanjutkan dengan menggunakan regresi multivariat.

Tabel 3. Hubungan antara Variabel Respon

Variabel Respon	AKB (Y ₁)	AHH (Y ₂)	SGB (Y ₃)
AKB (Y ₁)	1	-0,536	0,725
AHH (Y ₂)	-0,536	1	-0,446
SGB (Y ₃)	0,725	-0,446	1

Nilai korelasi antara variabel respon terlihat pada Tabel 3 (*Output* dari SPSS), AKB dan AHH sebesar -0,536 karena nilai negatif maka dapat diartikan bahwa antara angka kematian dan angka harapan hidup memiliki nilai hubungan yang berbanding terbalik artinya jika AHH semakin tinggi maka AKB pun semakin rendah begitupun sebaliknya, untuk nilai korelasi antara AKB dan SGB yaitu 0,725 memiliki nilai hubungan yang berbanding lurus artinya jika angka kematian bayi tinggi maka SGB pun tinggi, dan untuk nilai korelasi AHH dan SGB yaitu -0,446 memiliki nilai hubungan yang berbanding terbalik artinya jika status gizi buruk tinggi maka angka harapan hidup rendah begitupun sebaliknya.

Pengujian yang sesuai untuk mengetahui kebebasan antar variabel respon adalah uji *Bartlett Sphericity*. Hipotesis yang digunakan yaitu:

H₀ : Antar variabel respon bersifat independen

H₁ : Antar variabel respon bersifat dependen

Statistik uji yang diperoleh yaitu :

$$\chi_{hit}^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2q+5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}|$$

$$= - \left\{ 11 - 1 - \frac{2 \times 3+5}{6} \right\} \ln \left| \begin{vmatrix} 1 & -0,536 & 0,725 \\ -0,536 & 1 & -0,446 \\ 0,725 & -0,446 & 1 \end{vmatrix} \right| = 8,93$$

Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$ maka diperoleh $\chi_{0,05;3}^2 = 7,815$. Karena nilai $\chi_{hit}^2 = 8,93$ lebih besar dari nilai $\chi_{0,05;3}^2 = 7,815$ maka tolak H₀ sehingga antar variabel respon bersifat dependen atau antar variabel respon saling berkorelasi. Oleh karena itu dapat digunakan analisis regresi multivariat.

3.2 Analisis Regresi Multivariat

Asumsi selanjutnya yang harus dipenuhi dalam analisis regresi multivariat adalah variabel respon berdistribusi normal multivariat. Hipotesis yang digunakan yaitu:

H_0 : Variabel respon berdistribusi normal multivariat

H_1 : Variabel respon tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan menggunakan *software* SPSS diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Distribusi Normal Multivariat

d_i^2	
8,948	7,227
1,503	6,543
7,155	4,897
9,000	5,241
3,853	7,241
8,386	

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa dari 11 pengamatan, terdapat 8 pengamatan atau sebesar 72% nilai $d_i^2 < \chi_{tabel}^2 = 7,815$. Karena sudah lebih dari 50% maka terima H_0 sehingga data dikatakan berdistribusi normal multivariat.

3.3 Pemilihan Model Untuk Variabel Prediktor

Langkah awal untuk pemilihan model dengan menggunakan kriteria AIC adalah membentuk model dengan memasukkan satu persatu variabel prediktor. Hasilnya dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan *software* Eviews. Dari model regresi multivariat didapatkan faktor yang berpengaruh terhadap persentase angka kematian bayi (Y_1), persentase angka harapan hidup (Y_2), dan persentase status gizi buruk (Y_3) dengan menggunakan kriteria AIC diperoleh nilai minimum AIC sebesar -2,292203 yaitu variabel X_1 , variabel X_3 , variabel X_4 , variabel X_5 , variabel X_6 dan X_7 yaitu variabel persentase jamban, presentasi posyandu, presentasi ASI, persentase persalinan oleh tenaga medis, presentasi imunisasi dan presentasi kepadatan penduduk.

3.4 Estimasi Parameter

Dengan menggunakan *software* Eviews, diperoleh hasil estimasi parameter berikut.

Tabel 5. Estimasi Parameter Model

Variabel Respon	Parameter	$\hat{\beta}$	Std. Error	t-statistik	Prob.
Y_1	Intercept	0,131718	0,134782	0,977269	0,3838
	X_1	0,000232	0,000442	0,526002	0,6267
	X_3	0,000968	0,000573	1,691021	0,1661
	X_4	0,000179	0,000532	0,335394	0,7542
	X_5	-0,003262	0,002323	-1,404370	0,2329
	X_6	0,001281	0,000867	1,477780	0,2135
	X_7	-0,000763	0,000666	-1,145979	0,3157
Y_2	Intercept	55,48472	8,625659	6,432519	0,0030
	X_1	0,022791	0,028274	0,806068	0,4654
	X_3	-0,062396	0,036642	-1,702829	0,1638
	X_4	0,034776	0,034077	1,020494	0,3652
	X_5	0,211831	0,148663	1,424908	0,2273
	X_6	-0,011854	0,055483	-0,213648	0,8413
	X_7	0,117058	0,042606	2,747458	0,0515
Y_3	Intercept	0,375722	0,262329	1,432256	0,2253
	X_1	0,001782	0,000860	2,072482	0,1069
	X_3	0,002977	0,001114	2,671127	0,0557
	X_4	0,002002	0,001036	1,931558	0,1256
	X_5	-0,014036	0,004521	-3,104467	0,0361
	X_6	0,009131	0,001687	5,411221	0,0056
	X_7	-0,005670	0,001296	4,376181	0,0119

3.5 Pengujian Signifikansi Model

3.5.1 Pengujian Signifikansi Model secara Serentak

Untuk pengujian signifikansi model secara serentak digunakan uji *Wilk's Lambda*. Hipotesis yang digunakan yaitu :

$$H_0 : \beta_{11} = \beta_{13} = \beta_{14} = \dots = \beta_{35} = \beta_{36} = \beta_{37} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0; p = 1, 3, 4, 5, 6, 7; q = 1, 2, 3$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, terlihat bahwa nilai signifikansi *Wilk's Lambda* yaitu sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga paling sedikit ada satu parameter yang berpengaruh terhadap angka kematian bayi, angka harapan hidup dan status gizi buruk.

3.5.2 Pengujian Signifikansi Model secara Parsial

Untuk pengujian signifikansi model secara parsial digunakan uji *Wilk's Lambda*. Hipotesis yang digunakan yaitu:

- 1) Variabel persentase penggunaan jamban

$$H_0 : \beta_{11} = \beta_{21} = \beta_{31} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_1 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

- 2) Variabel persentase peran masyarakat ke posyandu

$$H_0 : \beta_{13} = \beta_{23} = \beta_{33} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_3 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

- 3) Variabel persentase pemberian ASI eksklusif untuk bayi

$$H_0 : \beta_{14} = \beta_{24} = \beta_{34} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_4 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

- 4) Variabel persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis

$$H_0 : \beta_{15} = \beta_{25} = \beta_{35} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_5 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

- 5) Variabel persentase imunisasi lengkap

$$H_0 : \beta_{16} = \beta_{26} = \beta_{36} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_6 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

6) Variabel persentase kepadatan penduduk

$$H_0 : \beta_{17} = \beta_{27} = \beta_{37} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_{pq} \neq 0$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai signifikansinya (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka tolak H_0 sehingga variabel prediktor X_7 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon Y_1, Y_2, Y_3 .

Sehingga model regresi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$AKB = 0,131718 + 0,000232 X_1 + 0,000968 X_3 + 0,000179 X_4 + (-0,003262)X_5 + 0,001281 X_6 + (-0,000763) X_7$$

Dari model dapat dijelaskan bahwa :

- 1) Konstanta sebesar 0,131718, artinya jika $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ nilainya adalah 0, maka angka kematian bayi sebesar 0,131718%.
- 2) Koefesien regresi X_1 sebesar 0,000232, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan penggunaan jamban mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami peningkatan sebesar 0,000232%.
- 3) Koefesien regresi X_3 sebesar 0,000968, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan peran aktif masyarakat ke posyandu mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami peningkatan sebesar 0,000968%.
- 4) Koefesien regresi X_4 sebesar 0,000179, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan rata-rata lamanya bayi diberi asi eksklusif mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami peningkatan sebesar 0,000179%.
- 5) Koefesien regresi X_5 sebesar $-0,003262$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami penurunan sebesar 0,003262%.
- 6) Koefesien regresi X_6 sebesar 0,001281, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan imunisasi lengkap mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami peningkatan sebesar 0,001281%.
- 7) Koefesien regresi X_7 sebesar $-0,000763$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan kepadatan penduduk mengalami kenaikan 1%, maka angka kematian bayi mengalami penurunan sebesar 0,000763%.

$$AHH = 55,48472 + 0,022791 X_1 + (-0,062396) X_3 + 0,034776 X_4 + 0,211831 X_5 + (-0,011854) X_6 + 0,117058 X_7$$

Dari model dapat dijelaskan bahwa:

- 1) Konstanta sebesar 55,48472, artinya jika $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ nilainya adalah 0, maka angka harapan hidup sebesar 55,48472%.
- 2) Koefesien regresi X_1 sebesar 0,022791, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan penggunaan jamban mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami peningkatan sebesar 0,022791%.
- 3) Koefesien regresi X_3 sebesar $-0,062396$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan peran aktif masyarakat ke posyandu mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami penurunan sebesar 0,062396%.
- 4) Koefesien regresi X_4 sebesar 0,034776, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan rata-rata lamanya bayi diberi asi eksklusif mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami peningkatan sebesar 0,034776%.

- 5) Koefesien regresi X_5 sebesar 0,211831, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami peningkatan sebesar 0,211831%.
- 6) Koefesien regresi X_6 sebesar $-0,011854$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan imunisasi lengkap mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami penurunan sebesar 0,011854%.
- 7) Koefesien regresi X_7 sebesar 0,117058, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan kepadatan penduduk mengalami kenaikan 1%, maka angka harapan hidup mengalami peningkatan sebesar 0,117058%.

$$\text{SGB} = 0,375722 + 0,001782 X_1 + 0,002977 X_3 + 0,002002 X_4 + (-0,014036)X_5 + 0,009131 X_6 + (-0,005670)X_7$$

Dari model dapat dijelaskan bahwa:

- 1) Konstanta sebesar 0,375722, artinya jika $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ nilainya adalah 0, maka status gizi buruk sebesar 0,375722%.
- 2) Koefesien regresi X_1 sebesar 0,001782, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan penggunaan jamban mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami peningkatan sebesar 0,001782%.
- 3) Koefesien regresi X_3 sebesar 0,002977, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan peran aktif masyarakat ke posyandu mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami peningkatan sebesar 0,002977%.
- 4) Koefesien regresi X_4 sebesar 0,002002, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan rata-rata lamanya bayi diberi ASI eksklusif mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami peningkatan sebesar 0,002002%.
- 5) Koefesien regresi X_5 sebesar $-0,014036$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami penurunan sebesar 0,014036%.
- 6) Koefesien regresi X_6 sebesar 0,009131, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan imunisasi lengkap mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami peningkatan sebesar 0,009131%.
- 7) Koefesien regresi X_7 sebesar $-0,005670$, artinya jika variabel bebas lainnya tetap dan kepadatan penduduk mengalami kenaikan 1%, maka status gizi buruk mengalami penurunan sebesar 0,005670%.

Berdasarkan model diatas dapat disimpulkan bahwa yang mempengaruhi angka harapan hidup, angka kematian bayi, dan status gizi buruk adalah persentase rumah tangga yang menggunakan jamban dengan tangki septik (X_1), persentase peran aktif masyarakat dalam posyandu (X_3), persentase rata-rata lamanya bayi di beri ASI eksklusif (X_4), persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis (X_5), persentase imunisasi lengkap (X_6), persentase kepadatan penduduk (X_7). Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai *Wilk's Lambda* sebesar 0,006 sehingga nilai $\eta^2_A = 1 - 0,006 = 0,994$. Sehingga besarnya hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor yang diperoleh yaitu sebesar 0,994. Dengan kata lain model dapat menjelaskan informasi data sebesar 99,4%.

3.6 Uji Asumsi Residual IIDN

3.6.1 Uji Asumsi Residual Identik

Asumsi selanjutnya yang harus dipenuhi dalam pemodelan secara multivariat adalah matriks varians–kovarian residual homogen. Pengujian dilakukan terhadap nilai dari residual dilakukan dengan hipotesis yang digunakan yaitu:

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \Sigma_3 = \Sigma$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \Sigma_i \neq \Sigma_j \text{ untuk } i \neq j$$

Dengan menggunakan *software* SPSS, diperoleh nilai statistik uji Box's-M adalah 2,167 dan nilai *p-value* sebesar 0,354. Karena nilai *p-value* lebih besar dari 0,05 maka terima H_0 yang berarti matriks varian-kovarian residual homogen dan dapat disimpulkan bahwa residual identik

3.6.2 Uji Residual Saling Bebas (*Independent*)

Selain asumsi matriks varian-kovarian residual homogen, asumsi residual saling bebas juga harus dipenuhi. Pengujian asumsi ini dilakukan dengan uji *Bartlett Sphericity*.

Hipotesis yang digunakan yaitu :

H_0 : Residual bersifat independen

H_1 : Residual bersifat dependen

Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$ maka diperoleh $\chi_{0,05;3}^2 = 7,815$. Karena nilai χ_{hit}^2 4,217 lebih kecil dari nilai $\chi_{0,05;3}^2 = 7,815$ maka terima H_0 sehingga residual bersifat *independent* (saling bebas)

3.6.3 Uji Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Selanjutnya asumsi yang harus dipenuhi adalah residual berdistribusi normal multivariat. Hipotesis yang digunakan yaitu :

H_0 : Residual berdistribusi normal multivariat

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan menggunakan *software* SPSS diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 6. Distribusi Normal Multivariat untuk Residual

d_i^2	
8,887	6,416
1,434	6,365
4,551	4,751
3,463	5,241
3,532	6,996
8,357	

Berdasarkan Tabel 6, terlihat bahwa dari 11 pengamatan, terdapat 9 pengamatan atau sebesar 81% nilai $d_i^2 < \chi_{tabel}^2 = 7,815$. Karena sudah lebih dari 50% maka terima H_0 sehingga residual dikatakan berdistribusi normal multivariat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Persentase Angka Kematian Bayi terendah yaitu sebesar 0,00% (tidak terjadi kematian bayi pada tahun itu) terjadi di kota Ambon, Kabupaten Seram Bagian Timur dan Kota Tual dan tertinggi yaitu sebesar 0,10% terjadi di kabupaten Maluku Tenggara Barat. Untuk persentase angka harapan hidup terendah yaitu sebesar 67,00% terjadi di Kabupaten Maluku Barat Daya dan tertinggi yaitu sebesar 78,97% terjadi di Kota Ambon. Sedangkan, untuk persentase Status Gizi Buruk terendah yaitu sebesar 0,00% terjadi di kota Ambon dan tertinggi yaitu sebesar 0,50% yang terjadi di Kabupaten Kepulauan Aru.
- 2) Faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi, Angka Harapan Hidup dan Status Gizi Buruk adalah persentase rumah tangga yang menggunakan jamban dengan tangki septik (X_1), persentase peran aktif masyarakat dalam posyandu (X_3), persentase rata-rata lamanya bayi diberi ASI eksklusif (X_4), persentase persalinan yang dilakukan oleh tenaga medis (X_5), persentase imunisasi lengkap (X_6), persentase kepadatan penduduk (X_7). Dengan model sebagai berikut:

$$AKB = 0,131718 + 0,000232 X_1 + 0,000968 X_3 + 0,000179 X_4 + (-0,003262)X_5 \\ + 0,001281 X_6 + (-0,000763) X_7$$

$$AHH = 55,48472 + 0,022791 X_1 + (-0,062396) X_3 + 0,034776 X_4 + 0,211831 X_5 \\ + (-0,011854) X_6 + 0,117058 X_7$$

$$SGB = 0,375722 + 0,001782 X_1 + 0,002977 X_3 + 0,002002 X_4 + (-0,014036) X_5 + 0,009131 X_6 \\ + (-0,005670) X_7$$

dan besarnya hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor diperoleh nilai $\eta_A^2 = 1 - 0,006 = 0,994$. Hal ini berarti model dapat menjelaskan informasi data sebesar 99,4%.

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyarankan kepada pemerintah untuk lebih meningkatkan perhatian dalam bidang kesehatan terkhusus dalam hal penyediaan jamban dengan tangki septik, peran aktif penduduk ke posyandu, pemberian ASI eksklusif untuk bayi, persalinan yang sebaiknya dilakukan oleh tenaga medis, imunisasi lengkap, serta kepadatan penduduk supaya menekan angka kematian bayi dan status gizi buruk serta angka harapan hidup semakin tinggi, kepada penelitian selanjutnya disarankan adanya peningkatan penelitian yang lebih dalam dan lebih spesifik kepada hal-hal yang menyangkut kesejahteraan penduduk dengan adanya penambahan faktor-faktor lain yang berkaitan langsung maupun tidak langsung dengan kesehatan di Provinsi Maluku.

Daftar Pustaka

- [1] L. Talangko, *Pemodelan Persamaan Struktural dengan Maximum Likelihood dan Bootstrap pada derajat Kesehatan di Provinsi Sulawesi Selatan*, 2009.
- [2] H. Sasrawan, "Kehidupan Awal Masyarakat Indonesia," 2 Januari 2013. [Online]. Available: <http://hedisasrawan.blogspot.co.id/2013/01/kehidupan-awal-masyarakat-indonesia.html?m=1>. [Accessed 5 November 2015].
- [3] Apriadi, *Gizi Keluarga*, Jakarta: Penebar Swadaya, 1986.
- [4] Badan Pusat Statistik. Maluku, "Analisa Penyusunan Kinerja Makro Ekonomi dan Sosial Maluku Tahun 2012," Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Ambon, 2012.
- [5] Badan Pusat Statistik Maluku, "Laporan Eksekutif Kesehatan Provinsi Maluku 2012," Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Ambon, 2012.
- [6] Departemen Kesehatan RI, "Indikator Sehat Indonesia 2010 dan Pedoman Penetapan Indikator Provinsi Sehat dan Kabupaten/Kota Sehat, Keputusan Menteri Kesehatan No. 1202/Menkes/SK/VII/2003," Departemen Kesehatan RI, Jakarta, 2003.
- [7] N. Draper and H. Smith, "Analisis Regresi Terapan," Gramedia, Jakarta, 1992.
- [8] D. Gurajati, *Dasar-Dasar Ekonometrika*, Jakarta: Erlangga, 2006.
- [9] I. Hasan, *Pokok-pokok Materi Statistik 2 (Statistika Inferensial)*, Jakarta: Bumi Aksara, 2010.
- [10] R. A. Johnson and D. Wichern, *Applied Multivariat Statistical Analysis*, New Jersey: Prentice Hall, 2007.
- [11] D. F. Morrison, *Multivariat Statistical Methods*, Fourth Edition, Pennsylvania: The Wharton School University of Pennsylvania, 2005.
- [12] D. Priyatno, *Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariat dengan SPSS*, Yogyakarta: Gava Media, 2013.
- [13] A. R. Rencher, *Methods of Multivariat Analysis*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [14] R. E. Walpole and R. H. Myers, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi Keempat, Bandung: Penerbit ITB, 1995.

ANALISIS *BREAK EVEN POINT* SEBAGAI ALAT UNTUK MERENCANAKAN LABA PERUSAHAAN (STUDI KASUS: PT. KIMIA FARMA)

Mozart Wiston Talakua¹, Dorteus Lodewyk Rahakbauw², Serly Surlialy³

^{1,2,3}Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura
Jalan Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka, Ambon, Indonesia
e-mail: ²lodewyk@gmail.com

Abstrak

Salah satu teknik analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dimana perusahaan dalam menjalankan aktivitasnya tidak mendapatkan laba dan tidak mengalami kerugian adalah analisis *break-even point* (BEP). Dengan kata lain, jumlah penghasilan sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan. Tujuan dari penelitian adalah mengetahui penerapan analisis titik impas pada PT. Kimia Farma, *margin of safety* yang dihasilkan, dan membuat perencanaan laba periode dan perencanaan penjualan minimal untuk mencapai keuntungan yang diharapkan oleh PT. Kimia Farma pada tahun 2016. Hasil dari penelitian tahun 2015 setelah biaya semivariabel dipisahkan kedalam biaya tetap dan biaya variabel, dapat dihitung BEP perusahaan. BEP terjadi pada penjualan Rp. 464.000 dan *margin of safety* sebesar 14,5% tahun 2015 dijadikan dasar perhitungan untuk perencanaan tahun 2016. BEP tahun 2016 terjadi pada penjualan Rp. 464.000 dan *margin of safety* sebesar 548,1% perencanaan penjualan minimal mencapai keuntungan yang diharapkan sebesar Rp. 1.497.500 tercapai sebesar Rp. 1.783.643.

Kata Kunci: *Break- even point*, perencanaan laba

ANALYSIS OF BREAK EVEN POINT FOR COMPANY PROFIT PLANNING (CASE STUDY: PT. KIMIA FARMA)

Abstract

One of the analytical techniques that can be used to determine the condition where the company in carrying out its activities do not get a profit and do not lose is a break-even point analysis (BEP). The other words, the amount of income equal to the amount of the costs incurred. The purpose of the study is to determine the break-even point analysis application PT. Kimia Farma, the resulting margin of safety, make a profit planning and sales planning minimal period to achieve the expected benefits by PT. Kimia Farma in 2016. The results of the study in 2015 after charges semi-variable separated into fixed costs and variable cost, can be calculated BEP of the companies. BEP occurred in sales of Rp.464.000 and margin of safety by 14,5% in 2015 as a basis for planning calculations 2016. BEP 2016 occurred in sales of Rp.464.000 and a margin of safety of 548,1% of sales planning at least reach the expected profit of Rp.1.497.500 reached Rp.1.783.643.

Keywords: break-even point, profit planning

1. Pendahuluan

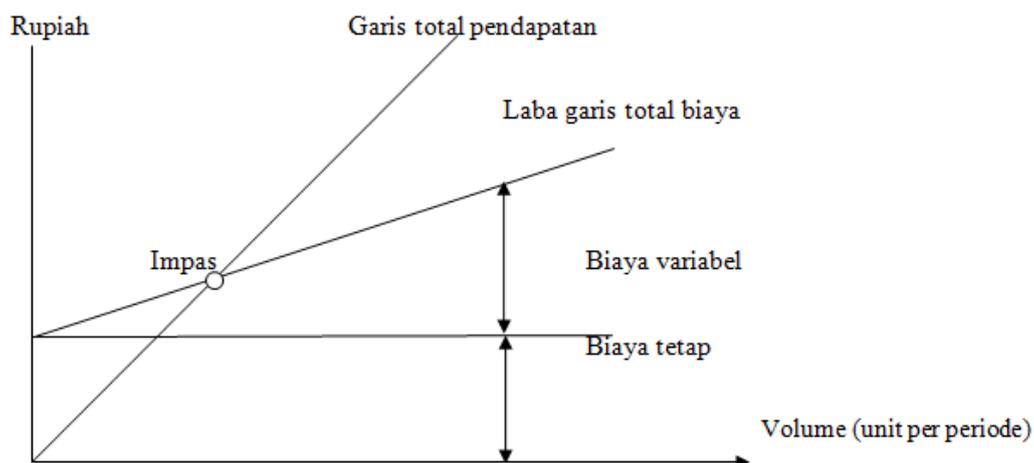
PT. Kimia Farma sebagai salah satu lembaga industri farmasi yang diharapkan dapat memperjuangkan kepentingan dan meningkatkan ekonomi para anggotanya, serta masyarakat disekitarnya. PT. Kimia Farma selain memenuhi keperluan para anggotanya juga diharapkan untuk memperoleh laba yang diinginkannya. Laba perusahaan tersebut dikenal sebagai sisa hasil usaha (SHU). Perencanaan untuk menentukan laba yang maksimal perlu dilakukan secara matang. Hal ini dikarenakan perusahaan harus memperhitungkan resiko yang akan mempengaruhi kelancaran aktivitas produksi, harga jual produk, maupun biaya yang berkaitan dengan aktivitas perusahaan.

Salah satu teknik analisis yang dapat digunakan oleh manajer perusahaan untuk mempelajari hubungan dan volume kegiatan adalah analisis *break-even*. Analisis ini dibutuhkan sebagai informasi besarnya penjualan yang harus mencapai titik impas. Perusahaan tidak rugi dan tidak mendapatkan laba sehingga dapat meningkatkan daya saing. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan analisis titik impas, *margin of safety* yang dihasilkan, dan membuat perencanaan laba periode dan perencanaan penjualan minimal untuk mencapai keuntungan yang diharapkan. Impas yang dimaksudkan adalah total penghasilan perusahaan sama dengan total biaya yang dikeluarkan.

Secara umum definisi dari *break-even point* (BEP) yaitu suatu kondisi atau suatu titik impas dimana perusahaan dalam menjalankan aktivitasnya tidak mendapatkan laba ataupun tidak menderita kerugian. Jumlah penghasilan sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan. Pengertian BEP menurut [1], titik impas adalah titik dimana besarnya biaya dan pendapatan adalah sama. Tidak ada laba maupun rugi pada titik impas. Analisis BEP adalah suatu teknik untuk menentukan sebuah titik, baik dalam satuan rupiah maupun unit, untuk menentukan perencanaan tingkat keuntungan dimana terdapat hubungan antara penerimaan total, biaya total, dan laba total perusahaan pada berbagai tingkat *output*. Titik impas sering digunakan para manajer keuangan untuk menentukan volume penjualan yang diperlukan bagi perusahaan untuk mencapai titik impas, laba total, dan kerugian pada tingkat penjualan lainnya.

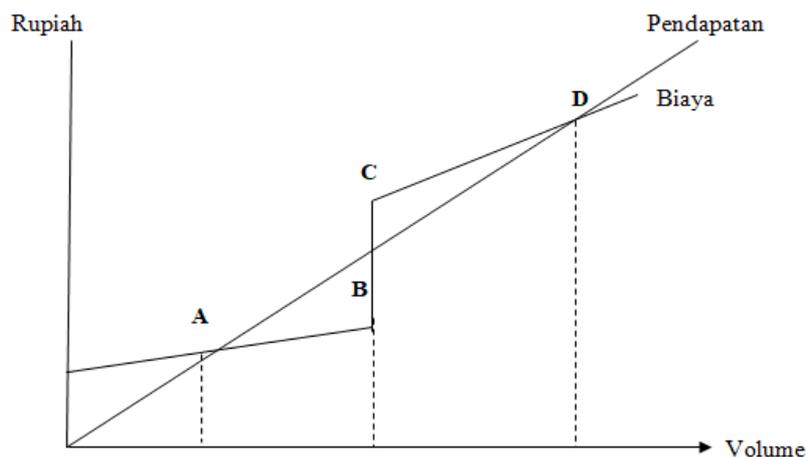
Margin of safety (MoS) digunakan bagi perusahaan ketika membuat keputusan mengenai peluang bisnis dan perubahan dalam bauran penjualan. MoS merupakan hubungan antara volume penjualan yang dianggarkan dengan volume penjualan pada titik impas. Marjin ini sangat bermanfaat untuk merencanakan laba perusahaan. Jika besarnya BEP telah diketahui, maka dapat menentukan berapa jumlah minimal produk yang harus dijual (*budget sales*) dan harga jualnya (*sales price*) untuk menginginkan laba tertentu.

Gambar 1 menunjukkan model dasar analisis BEP, dimana garis pendapatan berpotongan dengan garis biaya pada titik BEP. Sebelah kiri BEP menunjukkan daerah kerugian, sedangkan daerah sebelah kanan BEP menunjukkan daerah keuntungan. Model ini memiliki asumsi dasar bahwa biaya per unit ataupun harga jual per unit dianggap tetap/konstan, tidak tergantung dari jumlah unit yang terjual. Misalnya, dengan semakin bertambahnya volume produksi maka perusahaan harus menambahkan obat dan ruangan. Jumlah biaya tetap bertambah atau dengan semakin banyaknya jumlah karyawan terampil yang direkrut dibandingkan dengan karyawan yang kurang terampil akan mengakibatkan rata-rata upah menjadi lebih besar, sehingga biaya variabel per unit berubah.



Gambar 1. Model BEP

Seperti telah disebutkan, biaya variabel per unit dan pendapatan per unit dapat berubah dengan berubahnya kapasitas produksi atau volume penjualan. Gambar 2. Menunjukkan bagaimana analisis *break-even* digunakan dalam situasi tersebut.



Gambar 2. Model BEP Biaya Variabel dan Pendapatan

2. Metodologi Penelitian

Studi kasus dilakukan untuk menentukan pokok permasalahan serta mempelajari beberapa literatur yang berhubungan dengan penelitian. Bahan atau materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari PT. Kimia Farma serta beberapa literatur yang berhubungan dengan penggunaan analisis *break-even point* untuk merencanakan laba perusahaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama sebelum melakukan analisis BEP adalah mengklasifikasi biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semivaribel dengan menggunakan metode *Least Square*. Dalam penelitian ini dipisahkan biaya tetap dan biaya variabel yakni biaya tetap menunjukkan biaya yang tidak berubah meskipun jumlah unit obat yang diproduksi bertambah. Sebaliknya biaya variabel menunjukkan perubahan biaya jika jumlah unit obat yang diproduksi bertambah. Hasil pemisahan biaya semivariabel ke dalam biaya tetap dan biaya variabel adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Pemisahan Biaya Semivariabel ke Biaya Tetap dan Biaya Variabel PT. Kimia Farma Tahun 2015

Keterangan	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Variabel (Rp)
Biaya Listrik dan Air	7.239.000	4.191.954
Biaya Pemeliharaan Alat Produksi	1.452.000	6.183.000
Biaya Pemeliharaan Bangunan	1.524.600	7.509.000
Biaya Service	3.630.000	4.510.000
Biaya Administrasi/Umum	3.125.000	11.888.129
Biaya Pemasaran	12.100.000	23.801.750
Biaya Telepon dan Internet	3.191.550	5.576.451
Total	32.315.550	63.660.284

Sumber: PT. Kimia Farma, 2016 (data diolah)

Perhitungan kontribusi margin ini bertujuan untuk mengetahui sisa pendapatan yang diperoleh dari selisih penjualan dan biaya variabel. Berikut ini merupakan kontribusi margin dan laba operasi yang diterima oleh PT. Kimia Farma 2015.

Tabel 2. Kontribusi Margin & Laba Operasi (dalam rupiah) untuk Amoxicilin 250 mg tab

Keterangan	Produk Obat
Penjualan	29.000
Biaya Variabel	26.500
Kontribusi Margin	2.500
Biaya Tetap	40.000
Laba Operasi	42.500

Sumber: PT. Kimia Farma, 2015 (data diolah)

Berdasarkan tabel diatas, terlihat kontribusi margin kurang dari biaya tetap. Hasil *Contribution Margin Ratio* (CMR) tersebut menyebutkan bahwa nilai CMR pada tahun 2015 yaitu sebesar 8,62%. Hasil margin kontribusi yang tinggi akan mendapatkan peluang dalam mendapatkan laba karena perusahaan dapat menutup biaya total tetapnya dengan perolehan margin kontribusi yang besar tersebut.

Menghitung BEP haruslah diketahui jumlah total biaya tetap, biaya variabel, hasil penjualan total atau harga jual per unit. BEP (unit) adalah 16 unit. Sedangkan BEP atas dasar nilai penjualan dalam rupiah adalah Rp.460.000. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa perusahaan tidak mendapatkan laba maupun rugi (impas) dalam rupiah terjadi saat penjualan obat mencapai Rp.460.000 dengan kuantitas penjualan sebanyak 16 unit. Perhitungan MoS, yaitu

$$\text{MoS} = \frac{\text{Penjualan BEP} - \text{Penjualan}}{\text{Penjualan yang direncanakan}} \times 100\%$$

maka diperoleh Mos sebesar 14,5%. Perusahaan harus jeli mengontrol penjualan dan biaya, terutama apabila diperoleh MoS yang rendah, agar tidak mengalami kerugian.

Perencanaan penjualan untuk tahun 2016 dihitung menggunakan metode analisis terkecil (*least square method*). Perencanaan volume penjualan obat tahun 2016 menggunakan data-data serta informasi penjualan yang diperoleh pada tahun sebelumnya. Metode ini menganggap bahwa hubungan antara biaya dengan volume kegiatan berbentuk hubungan lurus dengan persamaan garis regresi $y = ax + b$. Variabel y menunjukkan rupiah, sedangkan untuk variabel x menunjukkan volume [2]. Tabel 3 menunjukkan rencana produksi unit obat tahun 2016.

Tabel 3. Rencana Produksi unit obat PT Kimia Farma Tahun 2016

Tahun	Volume Penjualan (Y)	X	X ²	XY
2013	300	-1	1	-300
2014	350	0	0	0
2015	500	1	1	500
Total	1150	0	2	200

Sumber: PT Farma, 2016 (data diolah)

Perencanaan banyaknya unit obat Amoxicilin PT Kimia Farma 2016 dihitung dengan menggunakan persamaan garis regresi $b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$ dan $a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$, maka diperoleh $a = 383$ dan $b = 100$. Sehingga $y = 383 + 100(2) = 583$ unit.

Berdasarkan asumsi dasar perhitungan BEP harga jual tidak berubah saat periode dilakukan analisis. Untuk tahun 2016 anggaran harga jual obat dan tingkat volume penjualan sama seperti tahun penjualan yang telah dihitung sebelumnya dalam merencanakan perencanaan penjualan tahun 2016. Hal ini menyebabkan produksi dapat mencapai rencana laba dengan menggunakan analisis BEP akan dicapai oleh PT. Kimia Farma. Dalam analisis BEP diasumsikan bahwa semua produksi habis terjual tanpa menyisakan barang, maka volume produksi yang direncanakan adalah sebesar 583 unit. Dengan demikian diperoleh anggaran biaya untuk tahun hanya berubah pada biaya variabel yaitu Rp.15.449.500. Selain itu juga diperoleh perubahan pada total penjualan yaitu Rp.16.907.000. Dengan demikian diperoleh laba sebesar Rp.1.497.500. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung besarnya kontribusi margin. Hasil perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4. Anggaran Kontribusi Margin PT. Kimia Farma tahun 2016 (dalam rupiah)

Keterangan	Produk Obat
Penjualan	16.907.000
Biaya Variabel	15.449.500
Kontribusi Margin	1.457.500
Biaya Tetap	40.000
Laba Operasi	1.497.500

Sumber: PT. Kimia Farma, 2015 (data diolah)

Setelah laba operasi tahun 2016 yang direncanakan diketahui, tahapan selanjutnya adalah menghitung BEP dalam rupiah dan unit. BEP (dalam rupiah) sebesar Rp.464.000. Perhitungan BEP tersebut dapat disimpulkan bahwa perusahaan tidak mendapatkan laba maupun rugi (impas) dalam rupiah terjadi saat penjualan obat mencapai Rp.464.000. Sedangkan BEP dalam unit sebagai sebanyak 70,54 Unit.

Perhitungan *margin of safety* PT. Kimia Farma 2016 sebesar 548.1%. Hasil MoS jika produksi memperoleh nilai MoS yang rendah, maka produksi tersebut memungkinkan dapat mengalami kerugian. Sebaliknya MoS yang tinggi memungkinkan perusahaan berada pada titik aman untuk terhindar dari ancaman kerugian. Besarnya keuntungan atau *profit margin* yang diinginkan, maka perlulah ditentukan berapa besarnya penjualan minimal yang harus di capai untuk memungkinkan diperolehnya keuntungan yang diinginkan tersebut.

Perusahaan mengharapkan laba operasi yang diperoleh tahun 2016 adalah sebesar Rp.1.497.500 (548.1%) dari penjualan tahun 2016 yaitu 16.907.000. Dengan demikian, besarnya *sales minimal* yang diperoleh adalah sebesar Rp.1.783.643. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, laba yang ditargetkan oleh perusahaan sebesar Rp. 1.497.500 akan tercapai jika penjualan mencapai Rp.1.783.643.

Perhitungan BEP sebagai alat bantu analisa dapat dilakukan dengan pendekatan unit, rupiah, BEP *Contribution Margin*, pendekatan dalam tampilan grafik. Berbagai pendekatan ini apabila dipersatukan dengan alat analisa yang lain dapat membantu dalam operasional sebuah perusahaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pada tahun 2015 PT. Kimia Farma mencapai BEP pada penjualan obat sebesar Rp.460.000 dengan 16 unit. *Margin of safety* sebesar 14,5% yang berarti, jika penurunan penjualan mencapai $< 14,5\%$ maka perusahaan tidak akan mengalami kerugian, akan tetapi jika penurunan penjualan $> 14,5\%$ maka perusahaan dipastikan mengalami kerugian. Namun jika penjualan tepat berada pada jumlah 14,5 % maka perusahaan mengalami titik impas, yaitu tidak mendapatkan laba dan mengalami kerugian.
- 2) Perencanaan penjualan obat pada tahun 2016 dapat diketahui BEP sebesar Rp. 464.000 atau sebesar 70,54 unit. Laba operasi sebesar 1.497.500 maka *sales minimal* yang harus dicapai adalah Rp. 1.783.643 dengan *margin of safety* 548,1% perusahaan tidak mengalami kerugian.

Penelitian lanjutan diharapkan dapat menggunakan analisis BEP guna menentukan penentuan harga yang optimal dan dapat mengetahui volume penjualan dalam periode berikutnya dengan laba yang diharapkan. Selain itu, analisis BEP sebaiknya dilakukan dengan mengelompokkan biaya semivariabel kedalam biaya tetap dan biaya variabel secara tegas. Hal ini dapat memudahkan penetapan harga jual dan menginginkan laba yang diharapkan secara optimal. Perusahaan diharapkan lebih efisien dalam meningkatkan hasil produksi sehingga dapat menekan biaya variabel yang berpengaruh langsung terhadap margin kontribusi dan laba yang diperoleh.

Daftar Pustaka

- [1] K. W. Carter, Akuntansi Biaya. Jilid Pertama., Jakarta: Salemba Empat, 2009.
- [2] B. Bustami and Nurlela, Akuntansi Biaya, Jakarta: Mitra Wacana Media, 2013.
- [3] R. H. Garrison, E. W. Noreen and P. C. Brewer, Akuntansi Manajerial, Edisi Kesebelas, Jakarta: Salemba Empat, 2009.
- [4] Kasmir, Analisis Laporan Keuangan, Edisi Kelima, Jakarta: Rajawali Pers, 2012.
- [5] Mulyadi, Akuntansi Biaya, Edisi Kelima, Yogyakarta: Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN, 2009.
- [6] H. A. Martono, Manajemen Keuangan, Yogyakarta : Ekonisia, 2004.
- [7] C. M. Manuputty, "Analisis Break Event Point Sebagai Salah Satu Alat Perencanaan Penjualan dan Laba," Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unpatti, Ambon, 2015.

MODEL PENYEBARAN PENYAKIT MENINGITIS PADA MUSIM HAJI DI MADINAH DAN MEKKAH

Norisca Lewaherilla^{1,2}, Fransiska A. A. P. Maitimu², Cukri Rahmi Niani³

¹Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

²Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

³Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

e-mail: lewaherillanorisca@gmail.com, cicamaitimu25@gmail.com

Abstrak

Kegiatan haji dan umrah tahunan di Arab Saudi sangat berisiko terjadinya penyebaran bakteri gram negatif *Neisseria meningitidis*, yang mengakibatkan penyakit meningitis. Bakteri bisa saja terbawa oleh orang-orang yang berasal dari negara endemik maupun epidemik meningitis, dan ditularkan melalui interaksi dari kumpulan orang yang bersama-sama melakukan ibadah haji maupun umrah. Model penyebaran penyakit ini dilakukan dengan membandingkan kasus sebelum dan sesudah aturan vaksinasi dilakukan pada dua periode untuk jamaah dari negara kecil dan negara besar. Periode pertama adalah saat jamaah haji masih berada di Madinah, sedangkan periode kedua saat jamaah haji melakukan aktifitas bersama di Mekkah dan kembali ke Madinah menanti kepulangan. Hasil simulasi data menunjukkan bahwa banyak atau sedikitnya jamaah yang terinfeksi sangat mempengaruhi kecepatan laju penyebaran meningitis yang tertular melalui kontak langsung.

Kata Kunci: Aturan vaksinasi, haji, meningitis, model penyebaran

TRANSMISSION MODEL OF MENINGITIS DISEASE IN HAJJ SEASON IN MEDINA AND MECCA

Abstract

The annual Hajj and Umrah activity in Saudi Arabia is very risky for the spread of *Neisseria meningitidis* gram negative bacteria, resulting meningitis. Bacteria may be carried by people from both endemic and epidemic countries of meningitis, and is transmitted through the interaction of a group of people who together perform the pilgrimage or umrah. The model of the spread of the disease is done by comparing cases before and after the vaccination rule is done in two periods for pilgrims from small countries and large countries. The first period is when pilgrims are still in Madinah, while the second period when pilgrims perform joint activities in Mecca and return to Madina awaits return. The results of data simulation show that many or at least infected pilgrims strongly influence the rate of spread of meningitis that is transmitted through direct contact.

Keywords: dispersion model, hajj, meningitis, vaccination rule.

1. Pendahuluan

Perjalanan haji adalah perjalanan yang dilakukan oleh umat muslim ke Arab Saudi yaitu ke Mekkah-Madinah untuk melakukan ibadah haji. Sekitar 2 juta umat muslim di dunia melakukan ibadah secara serentak yaitu pada bulan Zulhijjah. Hal ini yang menyebabkan penyakit meningitis sangat mudah terjangkau pada para jamaah haji. Pada tahun 1987 dan 2000 terjadi kejadian luar biasa meningitis meningokokus yang menimpa para jamaah haji di Arab Saudi, yang merupakan negara epidemik terjadinya penyakit meningitis. Pada tahun 1987, terdapat sekitar 99 kasus meningitis meningokokus yang menimpa jamaah haji Indonesia dan 40 diantaranya meninggal dunia. Oleh karena itu, Kementerian kesehatan Kerajaan Arab Saudi, sejak tahun 2002 telah mewajibkan negara-negara yang mengirimkan jamaah haji untuk memberikan vaksinasi meningitis sebagai syarat pokok pemberian visa haji dan umrah dalam upaya pencegahan penularan meningitis. Tindakan pencegahan penyakit meningitis pada kegiatan haji dan umrah saat ini tidak serta merta

mencegah terbawa dan tertularnya bakteri, yang dapat menyebabkan wabah lokal dan internasional di antara populasi yang rentan. [1].

Para jamaah haji dari masing-masing negara akan melaksanakan ibadah haji secara serentak yaitu dari tanggal 1-10 zulhijjah. Sebanyak 2 juta umat Muslim terlibat dalam kondisi kontak langsung jamaah lain. Hal ini merupakan peluang besar untuk penyakit meningitis tertular.

Tujuan penulisan ini yaitu untuk membandingkan laju penularan penyakit meningitis pada jamaah haji sebelum dan sesudah penggunaan vaksin dengan memperhatikan interaksi antara jamaah haji yang berasal dari negara besar dengan negara kecil. Fokus dalam penulisan ini adalah melihat penyebaran dinamis dari infeksi meningitis dari satu individu ke individu lain dalam populasi jamaah yang melakukan ibadah haji di Madinah dan Makkah.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Meningitis di Musim Haji

Moribiditas dan mortalitas yang cukup signifikan di seluruh dunia disebabkan oleh penyakit meningitis dalam bentuk endemik maupun epidemik. Wabah meningitis tercatat puluhan tahun sebelum penemuan agen penyebabnya. Banyak epidemik terjadi di Eropa dan Amerika pada tahun 1837-1887. Penyakit meningitis adalah penyakit yang menyerang saluran pernafasan dan mengakibatkan meningitis. Meningitis mengakibatkan peradangan selaput otak dan saraf punggung, dan/atau septisemia (keracunan darah). Penderita penyakit meningitis dapat dengan sangat cepat jatuh sakit parah.

Meningitis umumnya berasal dari infeksi virus dan bakteri yang ditularkan saat batuk, bersin, ciuman, dan berbagi makanan dengan sendok yang sama, pemakaian sikat gigi yang sama dan merokok bergantian dalam satu batang. Meningitis dapat disebabkan oleh mikroorganisme, kanker, luka fisik dan juga obat-obatan. Jika anda telah tertular penyakit ini maka anda akan beresiko menjadi *carrier*, dan infeksius. Masa inkubasi penyakit ini rata-rata 3-4 hari sampai gejalanya terlihat. Penyakit ini umumnya terjadi 1-14 hari setelah paparan dan muncul sebagai meningitis pada $\geq 50\%$ kasus. Gejala penyakit meningitis tidak spesifik tetapi mungkin termasuk demam, sakit kepala, kekejangan leher, sakit sendi, ruam dengan bintik atau lebam ungu, kurang senang dengan cahaya cerah, dan muntah secara mendadak. Penyakit meningitis invasif tetap merupakan masalah kesehatan masyarakat yang serius yang mempengaruhi hingga 1,2 juta orang setiap tahunnya dan menyebabkan antara 50.000 dan 135.000 kematian di seluruh dunia. Bahkan dengan pengobatan yang tepat, tingkat kematian kasusnya tinggi, dan risiko penularan infeksi meningitis jangka panjang menambah beban penyakit, terutama di negara-negara berkembang.

Ibadah haji dan umrah adalah salah satu pertemuan massal terbesar dan paling geografis dari beragam etnis di dunia. Setiap umat Muslim dewasa bertubuh sehat yang mampu melakukannya diharuskan untuk membuat haji setidaknya sekali dalam hidupnya. Haji dilakukan pada bulan ke 12 kalender Islam (lunar) selama beberapa hari dan menarik lebih dari dua juta Muslim dari lebih 183 negara ke Arab Saudi setiap tahunnya. Makkah juga merupakan lokasi untuk ritual yang relatif lebih kecil yang disebut Umrah, yang dilakukan sepanjang tahun. Ini melibatkan ritual yang berbeda dengan haji dan dilakukan dalam periode waktu yang lebih singkat. Peningkatan perjalanan internasional telah membuat Umrah sangat sesak, terutama dalam 3 bulan sebelum haji ketika jumlah peziarah saingan haji. Meskipun bukan bagian penting dari haji atau umrah, banyak peziarah juga pergi ke Madinah, utara Makkah, sebagai bagian dari haji mereka. Kelelahan fisik, cuaca panas yang ekstrem, dan akomodasi yang padat, memungkinkan penularan penyakit selama pertemuan massal ini, termasuk penyakit meningitis. Lebih lanjut mengenai perkembangan penyebaran penyakit meningitis dari sebelum tahun 1990, tahun 2000 hingga sekarang, serta meningitis pada musim haji dapat dibaca lebih lanjut pada [2].

2.2 Model Penyebaran Penyakit [3].

Model penyebaran penyakit dilakukan dengan mengelompokkan individu menjadi kompartemen berdasarkan variabel keadaan tunggal dan diskrit. Kompartemen disebut kompartemen penyakit jika individu di dalamnya terinfeksi.. Penyakit yang memberi kekebalan memiliki struktur kompartemen yang berbeda dari penyakit tanpa imunitas dan penyakit yang ditularkan oleh vektor. Tingkat transfer antar kompartemen dinyatakan secara matematis sebagai turunan sehubungan dengan waktu ukuran kompartemen. Model diformulasikan pada dalam persamaan diferensial. Model dengan tingkat transfer bergantung pada ukuran

kompartemen selama masa lalu dan pada saat transfer menghasilkan tipe persamaan fungsional yang lebih umum, seperti persamaan diferensial dan persamaan integral. Model kompartemen pada tulisan ini dibagi menjadi empat kompartemen.

Secara umum, untuk memodelkan penyebaran penyakit meningitis yang tergolong epidemis, maka populasi yang diteliti dibagi ke dalam tiga kelas yang diberi label S, I dan R . $S(t)$ menyatakan jumlah individu yang rentan terhadap penyakit ini, yaitu, yang belum terinfeksi pada waktu t . $I(t)$ menyatakan jumlah individu yang terinfeksi, dianggap menular dan mampu menyebarkan penyakit ini melalui kontak dengan suseptibilitas (*susceptibles*). $R(t)$ menyatakan jumlah individu yang telah terinfeksi dan kemudian dikeluarkan dari kemungkinan terinfeksi lagi atau penyebaran infeksi. Penghapusan dilakukan melalui isolasi dari populasi lainnya, melalui imunisasi terhadap infeksi, melalui pemulihan dari penyakit ini dengan kekebalan penuh terhadap infeksi ulang, atau melalui kematian akibat penyakit ini. Pada tulisan ini, proses tersebut ditandai dengan aturan vaksinasi.

Selain perbedaan dasar antara penyakit dimana pemulihan memberikan kekebalan terhadap infeksi ulang dan penyakit dimana anggota yang sembuh rentan terhadap infeksi ulang, dan kemungkinan menengah kekebalan sementara yang ditandai dengan model tipe $SIRS$, diperlukan struktur kompartemen yang lebih rumit. Misalnya, model $SEIR$ yang digunakan pada tulisan ini. Variabel independen dalam model kompartemen yang digunakan dalam waktu t , dan tingkat transfer antar kompartemen dinyatakan secara matematis sebagai turunan sehubungan dengan waktu ukuran kompartemen.

Proses epidemis diasumsikan bersifat deterministik, yaitu bahwa perilaku suatu populasi ditentukan sepenuhnya oleh sejarahnya dan oleh aturan yang menggambarkan model tersebut. Dalam merumuskan model turunan untuk masing-masing kompartemen, diasumsikan bahwa jumlah anggota dalam kompartemen adalah fungsi waktu yang terdiferensialkan. Pada banyak penyakit menular, ada periode yang terpapar setelah penularan infeksi dari suseptibilitas ke anggota yang berpotensi infeksi tapi sebelum potensi infeksi ini mengembangkan gejala dan dapat menularkan infeksi. Untuk memasukkan periode terpapar dengan periode terpapar rata-rata $1/\kappa$, maka ditambahkan kompartemen E yang terpapar dan menggunakan kompartemen S, E, I, R dan jumlah populasi total $N = S + E + I + R$ untuk memberikan generalisasi epidemis. Secara umum model sederhananya dinyatakan sebagai berikut,

$$S' = -\beta SI \quad \text{dan} \quad I' = (\beta S - \alpha)I$$

dengan *initial condition*:

$$S(0) = S_0, \quad I(0) = I_0, \quad S_0 + I_0 = N$$

Model $SEIR$ secara umum adalah sebagai berikut.

$$S' = -\beta SI, \quad E' = (\beta SI) - \kappa E, \quad \text{dan} \quad I' = \kappa E - \alpha I$$

2.3 Aturan Vaksinasi

Vaksin meningitis ini diberikan bagi calon jamaah haji untuk mencegah bakteri meningitis yang masih menjadi endemis di beberapa negara. Umumnya dikenal dengan *African Meningitis Belt* yang berasal dari daerah sub-sahara Afrika. Untuk mencegahnya, vaksin meningitis menjadi imunisasi yang diwajibkan oleh Kementerian Kesehatan Arab Saudi. Sertifikat yang menyatakan bahwa mereka telah mendapat imunisasi meningitis menjadi syarat bagi calon haji untuk mendapatkan visa.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Asumsi-asumsi Pemodelan Matematika yang Digunakan

- 1) Pada periode pertama saat jamaah haji masih berada di Madinnah, tidak terjadi interaksi warga negara satu negara dengan warga negara lain karena masih tinggal di pemondokkan terpisah.
- 2) Tidak terjadi kelahiran dan kematian alami selama kegiatan haji.
- 3) Interaksi jemaat antar warga negara terjadi pada periode kedua, dimana jamaah haji melakukan aktifitas bersamaan di Makkah dan kembali ke Madinah menanti kepulangan.

- 4) Dimodelkan interaksi antar jemaat yang berasal dari satu negara besar dan jemaat dari satu negara kecil pada periode kedua saat jamaah berada di Mekkah dan Madinah (saat menanti kepulangan ke negara asal).

3.2 Daftar Notasi

dS_b : laju penularan meningitis pada negara besar

dS_k : laju penularan meningitis pada negara kecil

λ : peluang penularan ke jamaah sehat

I_b : populasi infeksi pada negara besar; I_k : populasi infeksi pada negara kecil

S_b : populasi sehat negara besar; S_k : populasi sehat negara kecil

N_b : populasi negara besar yang melakukan ibadah haji

N_k : populasi negara kecil yang melakukan ibadah haji

γ_b : peluang jamaah terinfeksi

τ_b : peluang pemulihan penderita dari negara besar

τ_k : peluang pemulihan penderita dari negara kecil

α : presentasi vaksin; ω : peluang vaksin gagal

S_{bv} : populasi negara besar yang tervaksin; S_{kv} : populasi negara kecil yang tervaksin

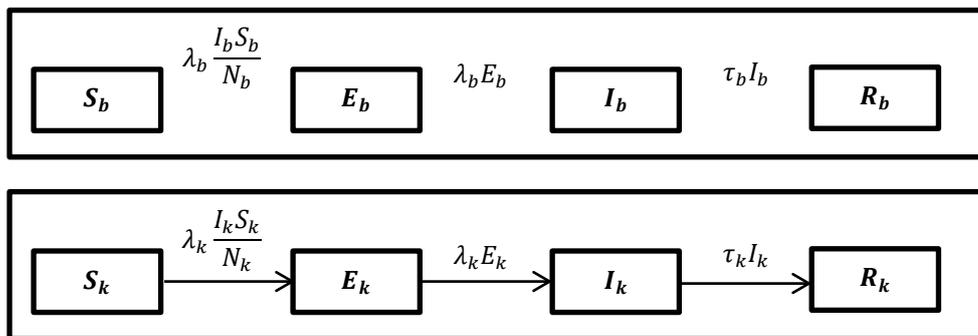
E_{bv} : populasi negara besar yang tertular tapi menerima vaksin

E_{kv} : populasi negara kecil yang tertular tapi menerima vaksin

3.3 Pemodelan Tanpa Aturan Vaksinasi

3.3.1 Kasus Periode 1

Jamaah haji yang datang dari berbagai negara singgah di Madinnah selama 7 hari untuk menanti rombongan lain agar dapat bersama-sama berhaji. Kemungkinan bakteri tertular karena jamaah memakai fasilitas bersama seperti kamar mandi dan tempat berwudhu. Selanjutnya jamaah menggunakan bis yang sama menuju Mekkah selama 8 jam. Kemungkinan bakteri tertular pada kondisi ini yaitu melalui keringat pada kulit yang bersentuhan maupun bakteri tak terlihat secara kasat mata yang menempel pada bangku bis. Pemodelan dilakukan berdasarkan asumsi nomor 1 sampai 3. Kondisi kemungkinan penularan ini digambarkan dalam skema berikut.



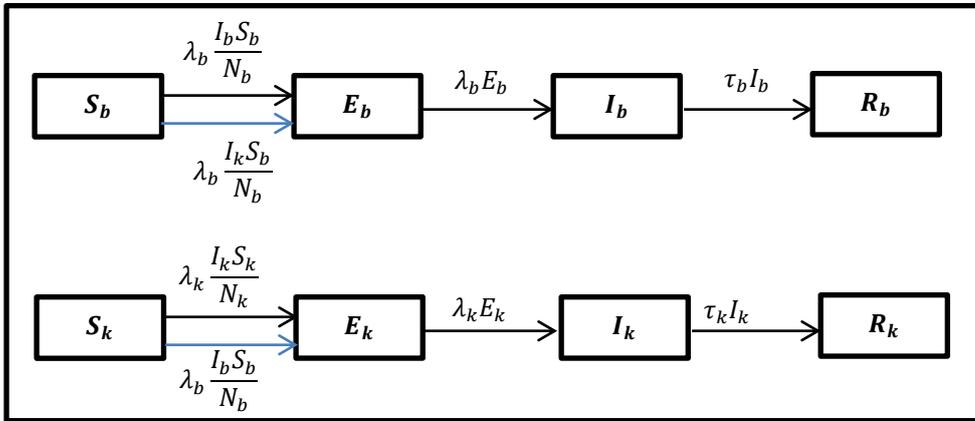
Gambar 1. Skema penularan periode 1 untuk negara besar dan negara kecil selama 7 hari di Madinah tanpa aturan vaksin

3.3.2 Kasus Periode 2

Pemodelan pada kasus periode II dilakukan berdasarkan asumsi nomor 2 sampai 4. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan selama 18 hari pada periode ini antara lain:

- 1) Ibadah Ibadah Thawaf, dimana karena jamaah harus berdesak-desakan sehingga kemungkinan penularan bakteri dapat terjadi melalui keringat, bersin, maupun batuk.
- 2) Mengambil air zam-zam melalui pemakaian fasilitas kran air bersama.

- 3) Bermalam di Mina untuk melakukan lempar jumroh. Setiap jamaah haji harus mengumpulkan kerikil sebanyak 10-70 butir. Karena kondisi yang panas dan lokasi yang berdebu, maka penularan bakteri dapat terjadi melalui keringat, air liur, bersin, maupun batuk.
- 4) Sa'i.



Gambar 2. Skema penularan periode 2 untuk negara besar dan negara kecil selama 18 hari di Mekkah dan Madinah tanpa aturan vaksin

3.3.3 Model Matematika dan Simulasi Data Tanpa Aturan Vaksin

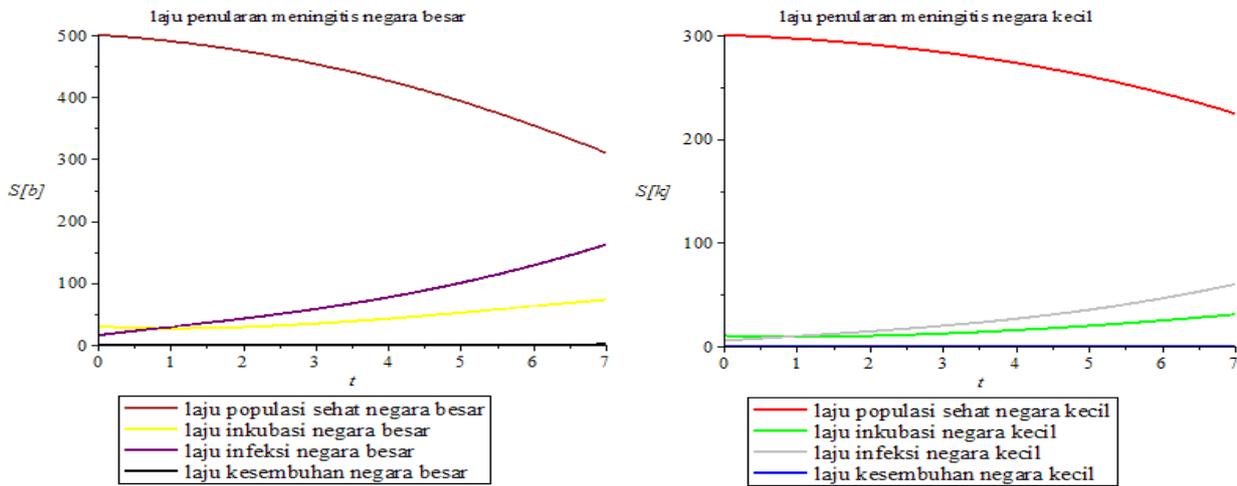
Berdasarkan skema penularan pada Gambar 1 dan Gambar 2, dapat dituliskan model matematika masing-masing periode untuk negara kecil dan negara besar seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Model matematika kasus periode 1 dan 2 tanpa aturan vaksin

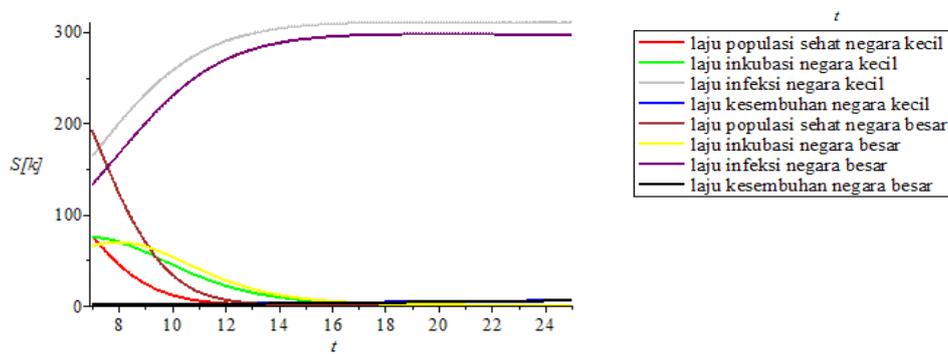
Periode 1 di Madinah		Periode 2 di Mekkah
Negara Besar	Negara Kecil	Interaksi Negara Besar dan Kecil
$dS_b = -\frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b}$	$dS_k = -\frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k}$	$dS_b = -\frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} - \frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b}$
$dE_b = \frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} - \gamma_b E_b$	$dE_k = \frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} - \gamma_k E_k$	$dS_k = -\frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} - \frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k}$
$dI_b = E_b \gamma_b - I_n \tau_b$	$dI_k = E_k \gamma_k - I_n \tau_k$	$dE_b = \frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} + \frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} - \gamma_b E_b$
$dR_b = \tau_b I_n$	$dR_k = \tau_k I_n$	$dE_k = \frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} + \frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} - \gamma_k E_k$
		$dI_b = E_b \gamma_b - I_n \tau_b$
		$dI_k = E_k \gamma_k - I_n \tau_k$
		$dR_b = \tau_b I_n$
		$dR_k = \tau_k I_n$

Selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan *software* Maple 18 untuk melihat laju penularan tanpa aturan vaksin. Hasil simulasi ditampilkan dalam Gambar 3.

Pada negara kecil, laju penularan yang tinggi mengakibatkan populasi terinfeksi bertambah namun tingkat kesembuhan kecil. Hal ini menegaskan perlunya penetapan aturan vaksin. Laju populasi penduduk sehat berkurang karena ada laju penularan jamaah negara besar dengan populasi haji lebih banyak dibanding negara kecil pada ruang interaksi yang sama akan lebih cepat, karena interkasinya lebih padat sehingga bakteri mudah menular. Infeksi semakin tinggi sementara laju penyembuhan kecil. Karena periode pertama hanya 7 hari, laju penduduk sehat cenderung konstan. Laju penularan yang cukup besar dan cepat mengakibatkan adanya infeksius dan berdampak pada berkurangnya penduduk sehat. Belum ditetapkan aturan vaksinasi pada periode ini mengakibatkan laju penyembuhan penderita sangat kecil. Hal ini menjadi alasan aturan wajib vaksin harus dilakukan. Sedangkan pada kasus periode 2, interaksi yang semakin tinggi antar warga jamaah beda negara dapat mengakibatkan terjadi penularan dan infeksi semakin tinggi. Hal itu terlihat pada gambar 4 sesuai hasil simulasi menggunakan *software* Maple 18.



Gambar 3. Hasil simulasi data kasus periode 1 untuk negara besar dan negara kecil di Madinah tanpa aturan vaksin

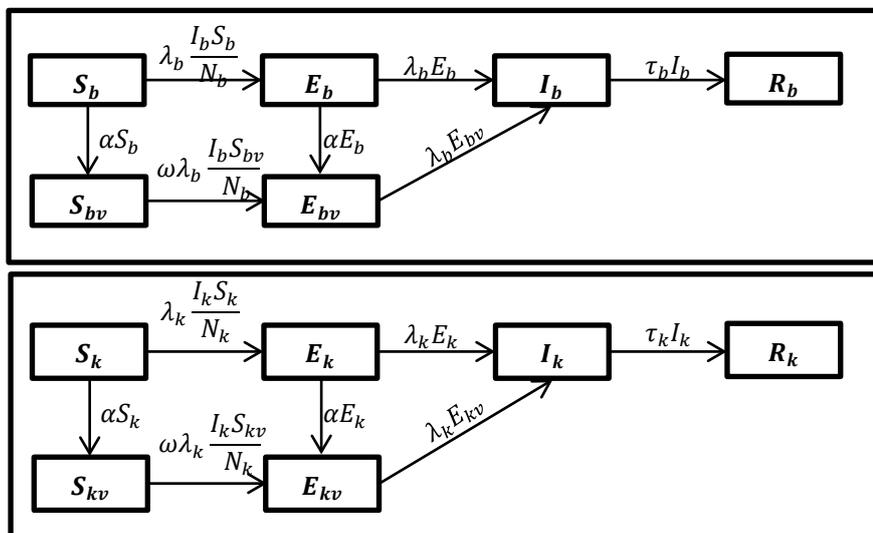


Gambar 4. Hasil simulasi data kasus periode 2 untuk negara besar dan kecil di Mekkah dan Madinah tanpa aturan vaksin

3.4 Pemodelan dengan Aturan Vaksinasi

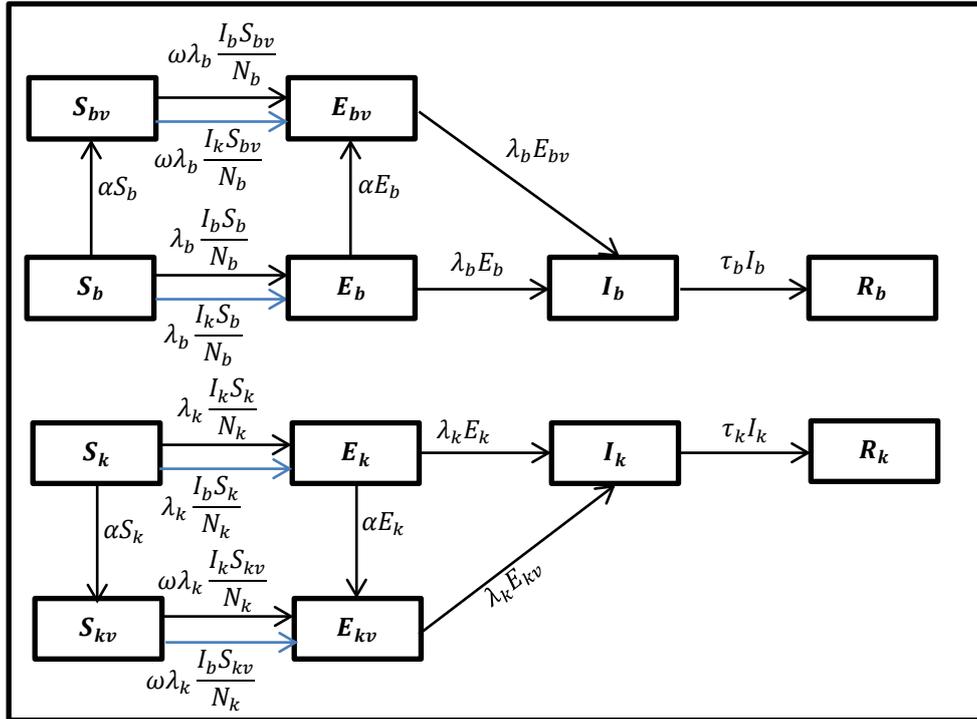
Adanya peningkatan infeksi pada periode haji dari tahun ke tahun membuat pemerintah dan pihak imigrasi menetapkan aturan wajib vaksin bagi setiap orang yang hendak berhaji, dengan tujuan mereduksi jumlah kasus penularan. Sama halnya dengan pemodelan sebelum ditetapkan aturan vaksin, kasus penularan dibagi ke dalam dua periode, dan terjadi interaksi antara jamaah negara besar dan kecil, hanya saja sudah ada intervensi vaksin.

3.4.1 Kasus Periode 1



Gambar 5. Skema penularan periode 1 untuk negara besar dan negara kecil selama 7 hari di Madinah dengan aturan vaksin

3.4.2 Kasus Periode 2



Gambar 6. Skema penularan periode 2 untuk negara besar dan negara kecil selama 18 hari di Mekkah dan Madinah dengan aturan vaksin

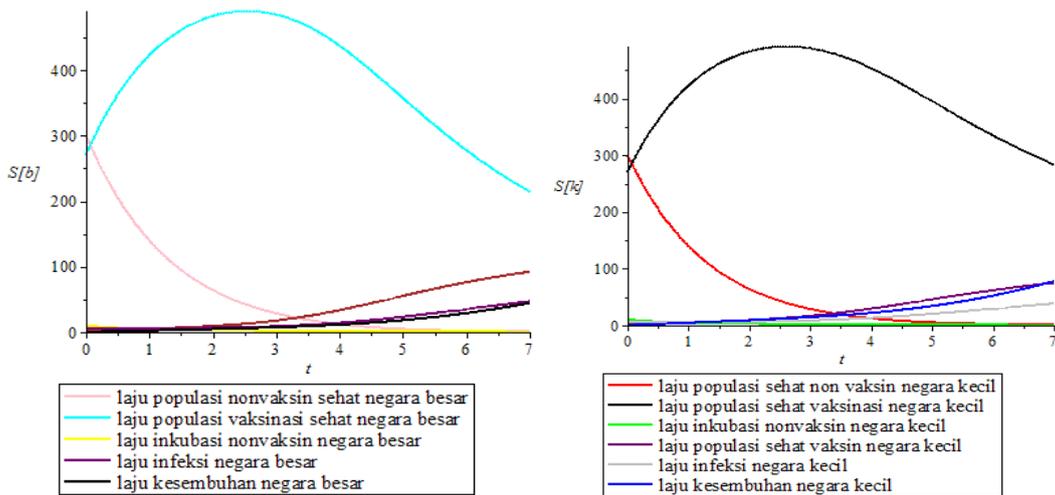
3.4.3 Model Matematika dan Simulasi Data dengan Aturan Vaksin

Berdasarkan skema penularan pada Gambar 5 dan Gambar 6, dapat dituliskan model matematika masing-masing periode untuk negara kecil dan negara besar seperti pada tabel berikut.

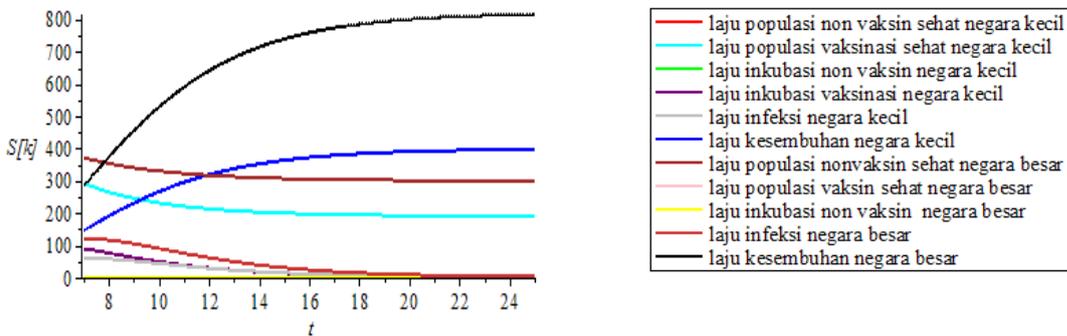
Tabel 2. Model matematika kasus periode 1 dan 2 dengan aturan vaksin

Periode I di Madinah	
Negara Kecil	Negara Besar
$dS_k = -\frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} - \alpha S_k$	$dS_b = -\frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} - \alpha S_b$
$dS_{kv} = \alpha S_k - \frac{\omega \lambda_k I_n S_{kv}}{N_k}$	$dS_{bv} = \alpha S_b - \frac{\omega \lambda_b I_n S_{bv}}{N_b}$
$dE_k = \frac{\lambda_k I_n S_k}{N_k} - \gamma_k E_k - \alpha E_k$	$dE_b = \frac{\lambda_b I_n S_b}{N_b} - \gamma_b E_b - \alpha E_b$
$dE_{kv} = \alpha E_k + \frac{\omega \lambda_k I_n S_k}{N_k} - \gamma_k E_{kv}$	$dE_{bv} = \alpha E_b + \frac{\omega \lambda_b I_n S_b}{N_b} - \gamma_b E_{bv}$
$dI_k = E_k \gamma_k + E_{kv} \gamma_k - I_n \tau_k$	$dI_b = E_b \gamma_b + E_{bv} \gamma_b - I_n \tau_b$
$dR_k = \tau_k I_n$	$dR_b = \tau_b I_n$

Selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan software Maple 18 dari data yang diperoleh untuk melihat laju penularan dengan aturan vaksin. Hasil simulasi ditampilkan dalam gambar berikut.



Gambar 7. Hasil simulasi data kasus periode 1 untuk negara besar dan negara kecil di Madinah dengan aturan vaksin



Gambar 8. Hasil simulasi data kasus periode 2 untuk negara besar dan kecil di Mekkah dan Madinah dengan aturan vaksin

Dari Gambar 8 terlihat bahwa laju pertumbuhan inkubasi pada negara besar lebih cepat daripada laju inkubasi pada negara kecil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil simulasi data terlihat bahwa banyak atau sedikitnya jamaah yang terinfeksi sangat mempengaruhi kecepatan laju penyebaran meningitis. Hal ini disebabkan virus meningitis terjangkit melalui kontak langsung.
- 2) Persentase laju penyebaran sebelum vaksinasi sangat cepat daripada setelah vaksinasi, hal ini yang menyebabkan pemerintah Arab Saudi secara ketat memberlakukan peraturan vaksinasi jamaah haji sebelum memasuki wilayah Arab Saudi.

Daftar Pustaka

[1] S. Yezli, A. Wilder-Smith and A. Bin Saaed, "Carriage of Neisseria meningitidis in the Hajj and Umrah Mass Gatherings," *International Journal of Infectious Diseases*, pp. 65-70, 2015.

[2] S. Yezli, A. M. Assiri, R. F. Alhakeem, A. Trkistani and B. Alotaibi, "Meningococcal Disease During the Hajj and Umrah Mass Gatherings," *International Journal of Infectious Diseases*, pp. 60-64, 2016.

[3] F. Brauer and C. Castillo-Chavez, *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, Second Edition, New York, USA: Springer Science-Business Media, 2012.

PERAMALAN CURAH HUJAN DENGAN PENDEKATAN SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (SARIMA)

(Studi Kasus : Curah Hujan Bulanan di Kota Ambon, Provinsi Maluku)

¹Zaenab Kafara, ²F. Y. Rumlawang, ³L. J. Sinay

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia
e-mail: ³lj.sinay@staff.unpatti.ac.id, ²rumlawang@yahoo.com,

Abstrak

Kota Ambon merupakan ibukota Provinsi Maluku yang berada di kawasan timur Indonesia. Kota Ambon memiliki intensitas curah hujan yang relatif tinggi dan cenderung berubah-ubah setiap tahun. Informasi tentang curah hujan sangat penting bagi masyarakat Kota Ambon untuk merencanakan kehidupan mereka dan deteksi dini terhadap bencana yang diakibatkan oleh curah hujan ekstrim. Tujuan penelitian ini adalah menentukan model terbaik untuk curah hujan bulanan di Kota Ambon dan meramalkan curah hujan untuk beberapa periode ke depan. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan di kota Ambon pada periode Januari 2005 – Desember 2013 yang berasal dari hasil pengamatan Stasiun Geofisika – BMKG Ambon. Penelitian ini menggunakan analisis time series yakni metode Box-Jenkins untuk pemodelan SARIMA. Hasil yang diperoleh adalah model $(1 - \beta_{12}B^{12})(1 - B)X_t = (1 + b_2B^2 + b_7B^7)\varepsilon_t$ yang memiliki nilai SSR, AIC, SBC/BIC, MAPE dan RMSE terkecil.

Kata Kunci: Curah hujan, Kota Ambon, SARIMA

RAINFALL FORECASTING USING SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE MODEL (SARIMA)

(Case Study of Monthly Rainfall in the Ambon City, Maluku Province)

Abstract

Ambon city, the capital of Maluku Province, is located in eastern Indonesia. Ambon city has relatively high rainfall intensity and it fluctuated every year. Information about rainfall is very important for the people in Ambon to plan their life and to detect disasters. The purpose of this study is to determine the best model of monthly rainfall in Ambon City and to forecast rainfall for several periods. The study used monthly rainfall data in Ambon city, from January 2005 until December 2013, which came from observation of Geophysics Station - BMKG Ambon. The method for this study is Box-Jenkins for SARIMA modeling. The result of this study is $(1 - \beta_{12}B^{12})(1 - B)X_t = (1 + b_2B^2 + b_7B^7)\varepsilon_t$ which had the smallest value of SSR, AIC, SBC/BIC, MAPE and RMSE.

Keywords: Ambon City, Rainfall, SARIMA

1. Pendahuluan

Iklm merupakan kondisi rata-rata cuaca dalam kurun waktu yang panjang pada suatu lokasi. Iklm sendiri dipengaruhi oleh letak geografis dan topografi lokasi tersebut. Pada umumnya, kondisi iklim di dunia mengalami fluktuaktif dimana berubah-ubah menurut ruang maupun waktu. Perubahan iklim menurut ruang ini dibedakan berdasarkan perubahan iklim secara lokal dan global. Dalam beberapa dekade terakhir telah terjadi pergeseran iklim atau musim dari periode perubahan musim yang biasanya (sirkulasi muson). Kondisi ini selalu berubah-ubah secara tidak beraturan dalam kurun waktu yang acak, sehingga sulit untuk memprediksi cuaca secara tepat. Untuk itu diperlukan informasi tentang prediksi cuaca yang

tepat karena sudah menjadi kebutuhan utama untuk mendukung kegiatan di berbagai sektor. Informasi tersebut dapat berupa prakiraan curah hujan.

Kota Ambon merupakan Ibu Kota Provinsi Maluku. Kota Ambon termasuk salah satu kota memiliki tipe iklim yang didasarkan atas rata-rata bulan kering (curah hujan yang kurang dari 60 mm) adalah 1,67 bulan dan bulan basah kering (curah hujan yang lebih dari 100 mm) adalah 9,58 bulan dengan nilai Q sebesar 17,4%. Oleh sebab itu, Kota Ambon memiliki curah hujan dengan intensitas hujan yang tinggi. Selain itu, kondisi curah hujan di Kota Ambon dipengaruhi oleh kondisi geografis, yakni berada di kawasan kepulauan Maluku. Hal ini mengakibatkan kondisi curah hujan di Kota Ambon mengalami fluktuatif, dimana dapat terjadi intensitas curah hujan yang sangat tinggi dalam satu tahun atau sebaliknya. Sehubungan dengan adanya kecenderungan cuaca yang tak menentu akhir-akhir ini di kota Ambon, maka perlu adanya informasi yang jelas mengenai jumlah curah hujan dengan cara memprediksi periode dan jumlah curah hujan yang terjadi di Kota Ambon.

Penelitian sebelumnya tentang analisa curah hujan di Kota Ambon menggunakan data time series dilakukan pada tahun 2014 yakni analisis data curah hujan dan data jumlah hari hujan menggunakan model vector autoregression (VAR) [1]. Data yang digunakan dalam penelitian tersebut merupakan hasil pengamatan Stasiun Geofisika BMKG Ambon pada periode Januari 2005 sampai dengan Desember 2014. Pada tahun 2016, Sinay, et al menggunakan data curah hujan di Kota Ambon hasil pengamatan Stasiun Meteorologi BMKG Ambon pada periode Januari 2005 sampai dengan Desember 2015. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode Box-Jenkins untuk pemodelan ARIMA. Hasil yang diperoleh adalah model SARIMA merupakan model yang tepat untuk memodelkan data curah hujan bulanan tersebut [2].

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisa curah hujan bulanan di Kota Ambon menggunakan data curah hujan yang digunakan oleh [1]. Metode yang digunakan untuk analisis tersebut adalah metode Box-Jenkins untuk pemodelan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) atau sering disebut ARIMA musiman.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Model Runtun Waktu

Model SARIMA merupakan model dalam analisis runtun waktu (*time series*). Metode SARIMA merupakan perkembangan dari metode ARIMA, dimana metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Box-Jenkins pada tahun 1970. Berikut ini merupakan bentuk umum model AR, MA, ARMA, ARIMA dan SARIMA:

1) Model Autoregressive (AR)

Secara umum regresi merupakan suatu metode yang berupaya meramalkan variansi suatu peubah dari sejumlah faktor lain yang disebut peubah bebas diberikan oleh

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_1 + \phi_2 Y_2 + \dots + \phi_k Y_k + a$$

dimana

a = Merupakan peubah acak,

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k$ = Koefisien-koefisien regresi yang perlu ditaksir

2) Model Moving Average (MA)

Bentuk umum suatu proses *Moving Average* orde q menyatakan $MA(q)$ adalah

$$Z_t = \theta_q(B)a_t$$

3) Proses Campuran (ARMA)

Suatu proses Y_t dikatakan model campuran *Autoregressive Moving Average* ARMA (p, q) jika memenuhi :

$$\phi_p(B)Y_t = \theta_q(B)$$

4) Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Proses ARIMA (p,d,q) berarti suatu runtun waktu non stasioner yang setelah diambil selisih *lag* tertentu atau dilakukan pembedaan menjadi stasioner yang mempunyai model AR derajat p dan MA derajat q . model ARIMA (p,d,q) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t$$

5) Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)

Musiman didefinisikan sebagai suatu pola yang berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap. Notasi umum SARIMA adalah : SARIMA $(p, d, q) (P, D, Q)s$

dimana

(p, d, q) = Bagian yang tidak musiman dari model

(P, D, Q) = Bagian musiman dari model

s = Jumlah periode per musim

2.2 Stasioner dan Non-Stasioner Pada Mean dan Variansi

Kestasioneran suatu data dilihat dari dua hal yaitu stasioner dalam *mean* (rata-rata) dan stasioner dalam variansi. Jika Y_m merupakan pengamatan pada waktu m dan dapat ditulis $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$ maka dikenal sebagai proses Stokastik. Peubah acak $Y_{t1}, Y_{t2}, Y_{t3}, \dots, Y_{tm}$ dikatakan stasioner orde ke m , jika

$$F(Y_{t1}, Y_{t2}, Y_{t3}, \dots, Y_{tm}) = F(Y_{t1+k}, Y_{t2+k}, Y_{t3+k}, \dots, Y_{tm+k}).$$

2.3 Transformasi Box Cox

Transformasi Box-Cox merupakan salah satu metode untuk proses kestasioneran dalam variansi yang dikenalkan oleh Box dan Tiao Cox. Transformasi Box-Cox juga disebut Transformasi Kuasa. Secara matematis Box-Cox dapat ditulis :

$$T(Y_t) = \begin{cases} \frac{Y_t^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0; \\ \ln Y_t, & \lambda = 0. \end{cases}$$

Notasi λ melambangkan parameter transformasi. Setiap λ mempunyai rumus transformasi yang berbeda.

2.4 Pembedaan (*differencing*)

Proses pembedaan (*differencing*) dilakukan setelah data stasioner dalam variansi. Proses pembedaan dilakukan jika data tidak stasioner dalam mean. Proses *differencing* pada orde pertama merupakan selisih antara data ke- t dengan data ke- $t - 1$, yaitu

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Adapun bentuk *differencing* untuk orde kedua, yaitu

$$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1} = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$$

2.5 Uji Akar Unit (*Unit Root Test*)

Uji akar unit adalah salah satu cara untuk menguji kestasioneran suatu data runtun waktu. Uji akar unit dapat dijelaskan dari model di bawah ini :

$$Y_t = \delta Y_{t-1} + e_t$$

2.6 ACF dan PACF

Koefisien autokorelasi merupakan suatu fungsi yang menunjukkan tingkat keeratan hubungan linear (besarnya korelasi) antara pengamatan pada waktu ke t dengan pengamatan pada waktu-waktu yang sebelumnya (dinotasikan dengan $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$).

$$\gamma_k = \text{corr}(Y_t, Y_{t-k}) = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^{n-1} (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Fungsi autokorelasi parsial adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial antara pengamatan pada waktu ke t (Y_t) dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya ($Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$). Rumus untuk autokorelasi parsial (dinotasikan ϕ_{kk}) adalah

$$\phi_{kk} = \text{corr}(Y_t, Y_{t-k} | Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k+1})$$

2.7 Pemeriksaan Diagnosa

1) Penaksiran dan Pengujian Parameter

Model peramalan yang diperoleh akan diuji signifikan parameter modelnya dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : Estimasi Parameternya = 0

H_1 : Estimasi Parameternya \neq 0

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter } (\phi_1) - 0}{\text{standart error parameter}}$$

Kriteria pengujian : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$

2) Uji Asumsi Residual

a. Distribusi Normal

Pengujian kenormalan dapat dihitung dengan menggunakan Uji Jarque Bera (JB).

Hipotesis :

H_0 : Residual Berdistribusi Normal

H_1 : Residual Tidak Berdistribusi Normal

Statistik uji :

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right)$$

Kriteria pengujian : Jika $P_{value} > \alpha$ maka terima H_0 .

b. White Noise

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji Ljung-Box.

Hipotesis :

H_0 : $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$

H_1 : minimal ada satu ρ_i yang tidak sama dengan nol, $i = 1, 2, \dots, k$

Statistik uji :

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{(n-k)}, n > k$$

Daerah penolakan : $Q > x^2(a; K - p - q)$

2.8 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Beberapa kriteria yang digunakan untuk pemilihan model SARIMA diantaranya adalah :

1) Akaike's Information Criterion (AIC)

$$AIC(M) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2M$$

2) Bayesian Information Criterion (BIC)

$$BIC(M) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + M \ln n$$

3) Sum Of Squared Error (SSE)

$$SSE = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

4) Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\%$$

5) Mean Square Error (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

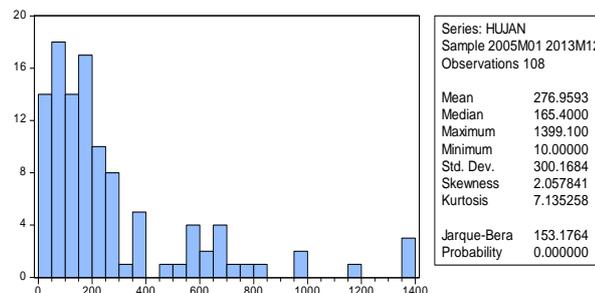
3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode SARIMA untuk meramalkan curah hujan di Kota Ambon. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Ambon. berupa data curah hujan bulanan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Deskripsi Statistik dan Plot Data

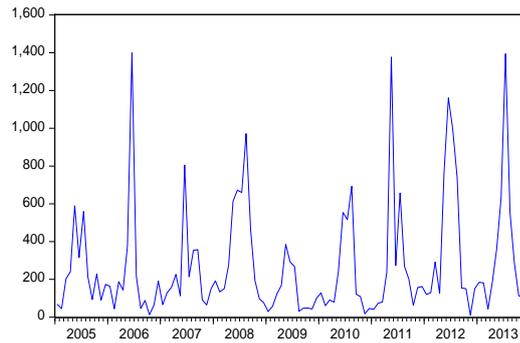
Berdasarkan Deskripsi statistik dapat dilihat bahwa curah hujan rata-rata dari Januari 2005 sampai dengan Desember 2013 adalah 276,96 mm. Ini artinya bahwa rata-rata curah hujan bulanan di kota Ambon tergolong curah hujan tingkat menengah (sedang). Di sisi lain, kenyataannya curah hujan minimum 10 mm dan maksimum 1399,1 mm, dapat dilihat bahwa *range* yang cukup besar antara data minimum dan maksimum. Hal ini didukung dengan standar deviasi yang relatif besar, yaitu 300,17. Dengan demikian, sebaran atau variasi data curah hujan bulanan relatif tinggi, yaitu tingkat curah hujan rendah mencapai 29%, tingkat curah hujan menengah 46%, tingkat curah hujan tinggi 7%, dan tingkat curah hujan sangat tinggi 18%.



Gambar 1. Histogram dan deskripsi statistik data curah hujan kota ambon

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa data curah hujan bulanan kota Ambon tidak normal. Ketidaknormalan data tersebut dapat dilihat dari bentuk histogram yang tidak membentuk lonceng dan nilai

p value dari statistik uji normalitas Jarque-Bera, yaitu 0,000000 lebih kecil dari tingkat signifikan $\alpha = 5\%$ (menolak H_0 : Data berdistribusi normal).



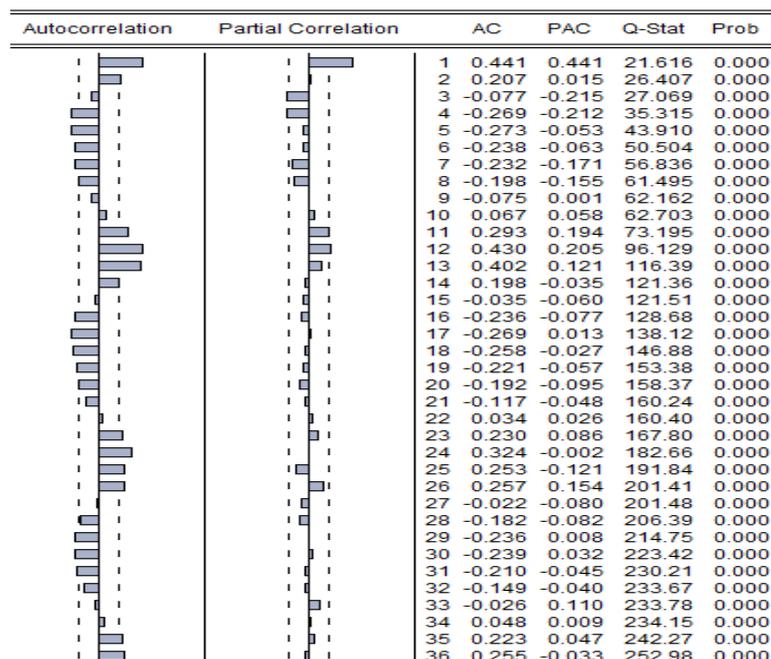
Gambar 2. Plot data curah hujan bulanan kota ambon

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa pola yang terbentuk sejak Januari 2005 sampai dengan Desember 2013 adalah jumlah curah hujan tertinggi berada pada pertengahan tahun dan curah hujan terendah pada awal tahun dan akhir tahun. Pola ini mengindikasikan bahwa terdapat komponen musiman pada data curah hujan bulanan kota Ambon, walaupun variasi hujan tiap tahun berbeda. Selain itu, pola ACF yang diperlihatkan pada Gambar 2, memperlihatkan adanya komponen musiman dalam data. Hal ini, dapat dilihat dari nilai koefisien autokorelasi pada lag 12, 24 dan 36 yang cukup besar dan merupakan puncak koefisien autokorelasi. Ini mengindikasikan bahwa data curah hujan kota Ambon membentuk pola musiman $s, 2s, 3s, \dots$, dengan nilai $s = 12$ (merupakan periode musiman).

4.2 Uji Stasioneritas Data

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat dilihat bahwa hasil statistik uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) adalah 0.000 lebih kecil dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$. Ini artinya hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa data curah hujan bulanan kota Ambon sudah stasioner terhadap *mean*. Hal ini didukung dengan pola data yang dibentuk oleh fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF) pada correlogram data curah hujan (Gambar 3).

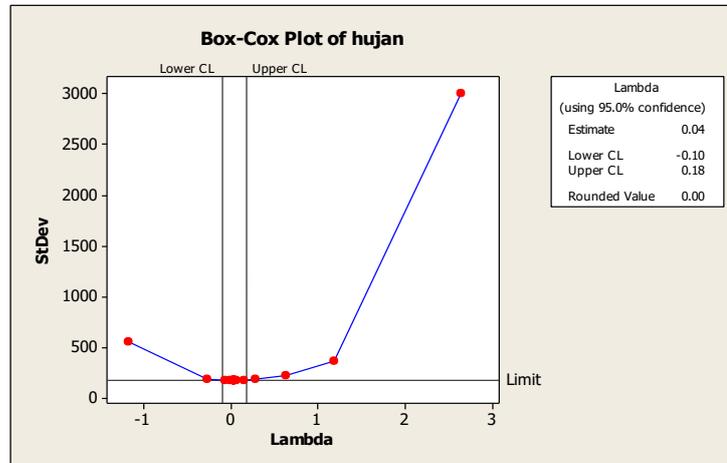
Kemudian, untuk pemeriksaan stasioneritas data terhadap variansi dapat dilihat pada Gambar 3, bahwa variasi data yang cukup besar. Hal ini didukung dengan hasil uji normalitas yang menyatakan bahwa data curah hujan tidak normal. Untuk mengatasi data yang belum stasioner terhadap variansi sekaligus mengatasi ketidaknormalan data, maka data tersebut harus ditransformasi.



Gambar 3. Correlogram data curah hujan bulanan Kota Ambon

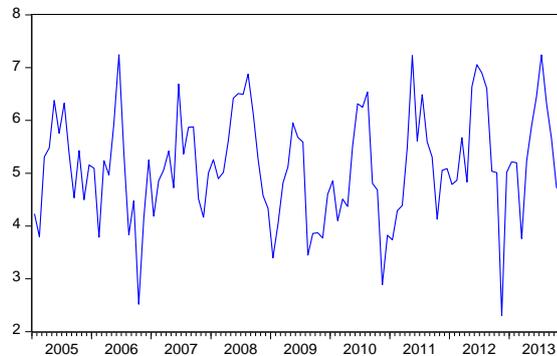
4.3 Transformasi dan Diferensi

Transformasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah transformasi Box-Cox. Berdasarkan hasil pengolahan data, nilai λ berada di antara $-0,1$ dan $0,18$, dengan nilai estimasinya adalah $0,04$ dan nilai pembulatangannya adalah 0 . Dengan demikian transformasi yang digunakan untuk data ini adalah transformasi logaritma natural.



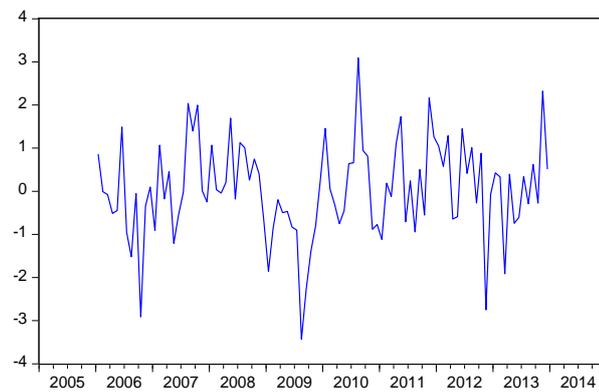
Gambar 4. Plot transformasi Box-Cox data curah hujan

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa data tersebut sudah stasioner terhadap variansi (dan data sudah normal, p value statistik uji Jarque-Bera adalah $0,899$ lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$.. Kemudian, dilakukan pemeriksaan stasioneritas terhadap *mean* dari data hasil transformasi Box-Cox dengan menggunakan uji akar unit dan correlogram. Berdasarkan hasil pengolahan data bahwa p value statistik uji ADF adalah $0,0000$ lebih kecil dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$. Hal ini berarti bahwa data hasil transformasi sudah stasioner terhadap *mean*.



Gambar 5. Plot Data $\ln(\text{Hujan})$: Hasil transformasi Box-Cox

Langkah selanjutnya adalah membuat diferensi musiman terhadap data curah hujan untuk menstasionerkan data. Karena data curah hujan kota Ambon memiliki komponen musiman dan data tersebut merupakan bulanan, maka diferensi musiman menggunakan orde musiman $s = 12$. Berdasarkan hasil diferensi yang digunakan pada Gambar 6, merupakan diferensi pada tingkat level, dengan kata lain orde diferensi yang digunakan adalah 0 . sehingga, hasil yang diperoleh merupakan diferensi tingkat level dengan orde musiman $s = 12$.

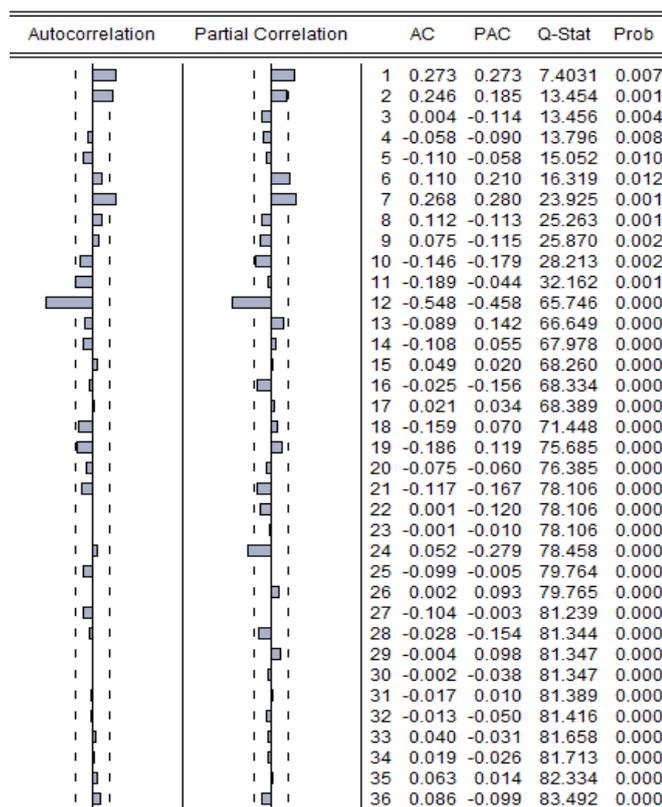


Gambar 6. Plot Hasil diferensi musiman data $\ln(\text{hujan})$

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa efek musiman pada data hasil diferensi lebih lemah dibandingkan dengan data hasil transformasi Box-Cox yang memiliki efek musiman yang lebih kuat dengan variasi yang cukup besar. Selanjutnya, Berdasarkan uji akar dari data hasil diferensi musiman, diperoleh nilai p value untuk statistik uji ACF adalah 0,0001 lebih kecil dari taraf kepercayaan $\alpha = 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa data tersebut sudah tidak mengandung akar unit. Selain itu, pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa tidak ada pola tertentu yang dibentuk oleh ACF dan PACF. Dengan demikian, maka disimpulkan bahwa data hasil diferensi musiman tingkat level pada transformasi logaritma natural dari data curah hujan Kota Ambon sudah stasioner dalam *mean* dan variansi.

4.4 Identifikasi Model

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa lag yang signifikan pada ACF adalah lag 1, 2, 7 dan 12. Hal Ini berarti bahwa lag-lag tersebut signifikan pada komponen moving average (MA). Di sisi lain, lag yang signifikan pada PACF adalah lag 1, 7 dan 12, yang berarti bahwa lag-lag tersebut signifikan pada komponen autoregressive (AR). Sementara itu, lag 12, 24 dan 36 pada PACF mengindikasikan bahwa ada komponen pola musiman. Dengan demikian, model musiman yang dapat dibentuk dari data adalah model musiman dalam komponen autoregressive (AR). Oleh karena itu, diasumsikan terdapat 10 model yang dapat menggambarkan data $\ln(\text{Hujan})$.



Gambar 7. Correlogram hasil diferensi musiman data ln(hujan)

4.5 Estimasi Parameter dan Pemilihan Model

4.5.1 Estimasi Parameter Model

Hasil estimasi parameter masing-masing model Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Estimasi Parameter Model

	Model									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_1								0,185 (0,037)	0,149 (0,102)	0,109 (0,210)
a_2									0,133 (0,150)	0,188 (0,038)
a_7										0,249 (0,003)
a_{12}	-0,624 (0,000)	-0,619 (0,000)	-0,614 (0,000)	-0,574 (0,000)	-0,541 (0,000)	-0,577 (0,000)	-0,561 (0,000)	-0,563 (0,000)	-0,548 (0,000)	-0,518 (0,000)
b_1	0,265 (0,015)		0,297 (0,007)		0,435 (0,000)		0,21 (0,053)			
b_2		0,379 (0,000)	0,247 (0,025)			0,315 (0,001)	0,287 (0,007)			
b_7				0,419 (0,000)	0,513 (0,000)	0,351 (0,001)	0,284 (0,009)			
SSR	58,87	58,48	54,53	56,8	50,32*	52,21	50,25	61,87	60,30	53,79
AIC	2,53	2,52	2,48	2,5	2,4*	2,43	2,42	2,58	2,58	2,49
SIC	2,58	2,58	2,56	2,55	2,48*	2,52	2,54	2,64	2,67	2,60

Keterangan : Model yang diarsir adalah model yang tidak signifikan pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$

4.5.2 Pemilihan model

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa ada tiga model yang tidak signifikan, yaitu model 7, 9 dan 10. Pada model 7, dapat dilihat bahwa koefisien b_1 tidak signifikan karena p value lebih dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$. Pada model 9 dapat dilihat bahwa koefisien a_1 dan a_2 tidak signifikan karena p value lebih dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$. Dan pada model 10 dapat dilihat bahwa koefisien a_1 tidak signifikan karena p value lebih dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$. Oleh karena itu, ketiga model ini bukan merupakan model yang terbaik. Selanjutnya pada model 1, model 2, model 3, model 4, model 5, model 6, dan model 8 memiliki koefisien yang sudah signifikan berdasarkan hasil uji t . Selanjutnya Berdasarkan hasil pengolahan data pada Tabel 1, menunjukkan bahwa model 5 merupakan model terbaik, karena memiliki nilai SSR, AIC dan SIC yang terkecil dibandingkan dengan model yang lain.

4.5.3 Pemeriksaan Diagnosa

Hasil yang diperoleh pada bagian sebelumnya, menyatakan bahwa model 5 merupakan model terbaik. Sementara, enam model lain merupakan model dengan koefisien yang signifikan, dan dapat digunakan untuk memodelkan data curah hujan Kota Ambon. Oleh karena itu, Pada uji autokorelasi residual model 6, nilai residual Q -stat pada lag 12, 24, dan 36 memiliki nilai P value lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$, sehingga residual model tersebut dapat dikatakan memenuhi uji autokorelasi atau residual dari ketiga lag tersebut saling bebas. Pada uji Normalitas residual model 6, nilai dari statistik uji JB memiliki nilai P value yang lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$, sehingga residual dari model tersebut dapat dikatakan berdistribusi normal. Pada uji homogenitas residual model 6, nilai residual Q -stat pada lag 12, 24, dan 36 memiliki nilai P value yang lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 5\%$, sehingga residual model tersebut dikatakan homogen. Sementara model yang lain tidak memenuhi uji asumsi residual, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Asumsi Residual

	Model						
	1	2	3	4	5	6	8
Uji Autokorelasi:							
$Q(12)$	27,006* (0,003)*	32,416* (0,000)*	22,181* (0,008)*	25,673* (0,004)*	27,831* (0,001)*	14,747 (0,098)	33,101* (0,000)*
$Q(24)$	38,290* (0,017)*	43,595* (0,004)*	31,643 (0,064)	31,840 (0,080)	38,574* (0,011)*	21,108 (0,452)	47,083* (0,001)*
$Q(36)$	49,687* (0,040)*	55,432* (0,012)*	39,932 (0,189)	41,391 (0,179)	45,187 (0,077)	28,183 (0,706)	64,481* (0,001)*
Uji Normalitas:							
Stat JB	5,530 (0,063)	3,419 (0,180)	2,125 (0,346)	1,659 (0,436)	4,062 (0,131)	3,713 (0,156)	2,818 (0,244)
Uji Homogenitas:							
$Q(12)$	19,369* (0,036)*	15,183 (0,126)	20,388* (0,016)*	14,338 (0,158)	13,626 (0,136)	5,937 (0,746)	19,016* (0,040)*
$Q(24)$	27,757 (0,184)	24,266 (0,333)	26,947 (0,173)	22,119 (0,453)	17,192 (0,699)	13,379 (0,895)	27,951 (0,177)
$Q(36)$	45,518 (0,090)	22,827 (0,525)	39,553 (0,201)	30,655 (0,632)	26,620 (0,776)	18,141 (0,983)	46,586 (0,074)

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa semua model (kecuali model 6) memiliki korelasi pada lag residualnya, dan model 1, 3, dan 8 tidak memenuhi uji homogenitas residual. Berdasarkan hasil analisis di atas maka model SARIMA yang sesuai untuk memodelkan data curah hujan bulanan Kota Ambon diberikan oleh persamaan matematika berikut ini:

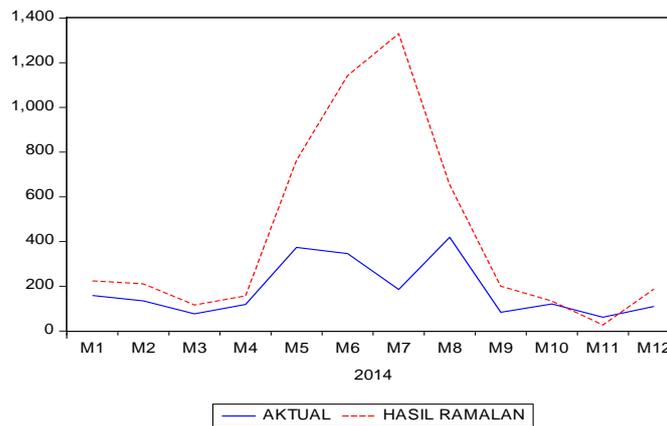
$$(1 + 0,577B^{12})X_t = (1 + 0,3145B^2 + 0,3515B^7)\varepsilon_t$$

4.6 Peramalan

Perbandingan hasil peramalan dan data aktual diberikan pada Tabel 3. Secara visual, perbandingan data tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.

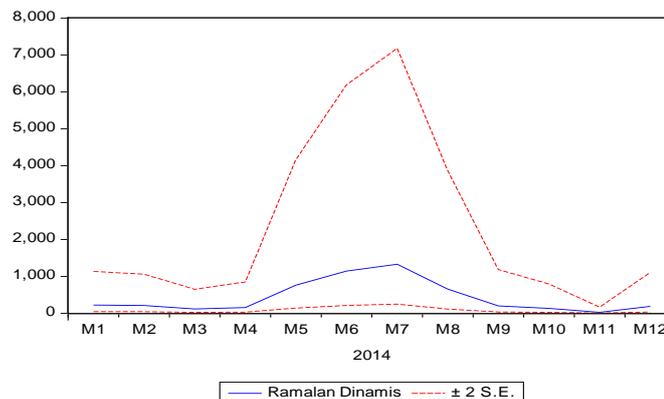
Tabel 3. Data Curah Hujan Periode Januari 2014 – Desember 2014

Bulan	Hasil Ramalan	Data Aktual
Januari	224.2176	159.0000
Februari	210.5492	135.0000
Maret	116.2110	77.00000
April	156.9708	119.0000
Mei	763.1408	374.0000
Juni	1141.826	346.0000
Juli	1329.869	186.0000
Agustus	654.7308	419.0000
September	200.0865	84.00000
Oktober	133.5630	121.0000
November	26.70214	62.00000
Desember	187.5175	110.0000

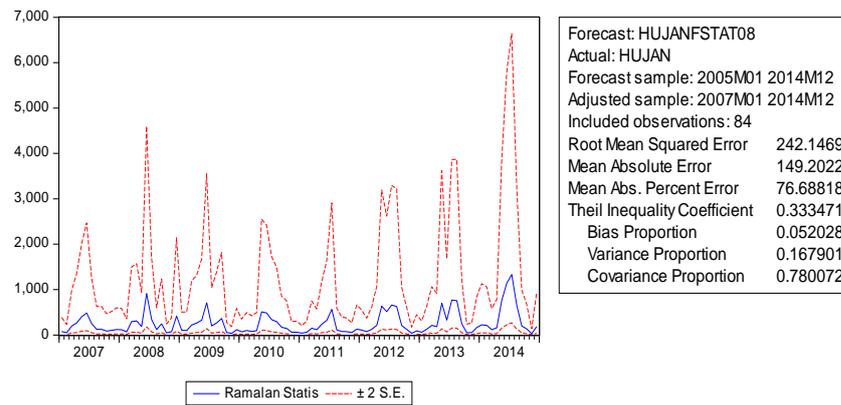


Gambar 8. Plot Data Ramalan dan Data Aktual

Hasil ramalan yang diperoleh pada Gambar 8, merupakan hasil ramalan dengan metode dinamis. Secara visual dapat dilihat bahwa hasil ramalan dengan data aktualnya tidak sesuai. Hal ini disebabkan karena model ramalan yang digunakan merupakan model musiman, sehingga hasil peramalan mengikuti pola musiman yang terjadi di masa lampau. Sementara itu, secara aktual, curah hujan yang terjadi pada tahun 2014 tidak mengikuti pola musiman, yaitu pada pertengahan tahun 2014 curah hujan mengalami penurunan. Selanjutnya, dengan menggunakan metode peramalan statis untuk membuat peramalan satu periode (bulan) ke depan maka diperoleh nilai $MAPE = 76,68818$, dan $RMSE = 242,1469$.



Gambar 9. Plot ramalan dengan metode dinamis



Gambar 10. Plot ramalan dengan metode statis

Grafik pada Gambar 9 merupakan plot hasil ramalan dengan menggunakan metode dinamis untuk peramalan beberapa langkah ke depan (12 bulan). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa batas toleransi hasil ramalan sebesar ± 2 standart error. Ini artinya bahwa, kemungkinan kesalahan hasil ramalan dengan menggunakan metode dinamis berada pada batas tersebut. Sedangkan pada Gambar 10 merupakan plot hasil ramalan dengan metode statis untuk peramalan satu langkah kedepan (1 tahun). Selain itu, dapat dilihat juga bahwa batas toleransi hasil ramalan dengan menggunakan metode statis memiliki kemungkinan kesalahan hasil ramalan yang sama pada Gambar 9.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Berdasarkan metode SARIMA, dapat disimpulkan bahwa model terbaik dari data curah hujan bulanan di Kota Ambon pada periode Januari 2005 sampai dengan Desember 2013 adalah model *SARIMA* dengan persamaan: $(1 + 0,577B^{12})X_t = (1 + 0,3145B^2 + 0,3515B^7)\varepsilon_t$
- 2) Hasil peramalan dengan menggunakan model tersebut untuk 12 bulan ke depan tidak begitu sesuai jika dibandingkan dengan data aktual tahun 2014. Hal ini dikarenakan hasil ramalan yang diperoleh didasarkan atas model ARIMA musiman. Dengan demikian, hasil ramalan mengikuti pola musiman yang terjadi di masa lampau dan jumlah curah hujan tertinggi berada pada pertengahan tahun. Di lain pihak, curah hujan yang terjadi secara aktual pada tahun 2014 tidak mengikuti pola musiman, yakni pada pertengahan tahun 2014 curah hujan mengalami penurunan.

Daftar Pustaka

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] D. Rosadi, *Pengantar Analisis Runtun Waktu (Diktat Kuliah)*, Yogyakarta: FMIPA UGM, 2006.
- [4] D. Rosadi, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan)*, Yogyakarta: Andi Offset, 2012.
- [5] D. Rosadi, *Analisis Ekonometrika & Runtun Waktu Terapan dengan R (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan)*, Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- [6] Box, G.E.P. and G.M. Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, San Fransisco, 1997.
- [7] S. C. & V. M. Spyros Markidakis, *Peramalan : Metode dan Aplikasi*, Jakarta: Erlangga , 1999.
- [8] Kotler, Philip, *Manajemen Pemasaran*, Salemba 4 Jakarta, 1994.
- [9] W. S. Wei, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, Addison Wesley, 1994.

KAJIAN STRUKTUR SUPERBIMATRIKS

¹Henry W. M. Patty, ²Chevano Bill Pattipeilohy, ³A. Z. Wattimena

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia
e-mail: henrywmpatty81@gmail.com

Abstrak

dimana $A_1 \neq A_2$ maka $A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks. Dengan kata lain perpaduan antara dua himpunan supermatriks disebut sebagai superbimatriks. Diberikan beberapa definisi superbimatriks antara lain yaitu superbimatriks baris dan kolom, superbimatriks persegi dan persegi panjang, semi superbimatriks, quasi superbimatriks, transpose superbimatriks, serta superbimatriks simetri dan diperoleh suatu sifat bahwa jika $A = A_1 \cup A_2$ yang merupakan superbivektor kolom maka AA^T merupakan superbimatriks simetri.

Kata Kunci: *bimatriks, gabungan, matriks, superbimatriks, supermatriks*

STUDY OF SUPERBIMATRICES STRUCTURE

Abstract

This research its developed to study the structure of superbimatrix which if A_1 and A_2 is supermatriks where $A_1 \neq A_2$ then $A_1 \cup A_2$ be a superbimatrix. In another words toward to the union of two supermatrix set is called as superbimatrix. Let definitions of superbimatrises such that row and column superbimatrix, mixed superbimatrix, square and rectangular superbimatrix, semi superbimatrix, quasy superbimatrix, transpose superbimatrix and simetris superbimatrises that found a characteristic that if $A = A_1 \cup A_2$ is column superbimatrix then AA^T simetris superbimatrix.

Keywords: *bimatrix, matrix, superbimatrix, supermatrix, union*

1. Pendahuluan

Matriks merupakan alat yang ampuh untuk menyelesaikan masalah yang ditemukan dalam banyak aspek kehidupan dengan cara mengubah masalah-masalah tersebut dalam bentuk model linear. Model linear yang dijumpai bukan saja dalam bentuk suatu persamaan tetapi dapat direpresentasikan dalam sistem persamaan linear. Sehingga untuk memudahkan penyelesaian sistem persamaan linear tersebut dapat digunakan matriks. Walaupun teori matriks merupakan ilmu yang sudah ditemukan sejak tahun 1859 oleh Arthur Cayley (1821-1895), namun beberapa ilmuwan sebelum Cayley sudah memotivasi penggunaan matriks dalam penyelesaian model-model linear seperti Takakazu Zeki (1642-1708) dan Piere Frederic Sarrus (1798-1861). Dalam perkembangannya teori matriks bermanfaat dalam menyelesaikan masalah input-output dalam ekonomi yang mengandung banyak variabel ataupun dalam analisis sistem informasi. Namun masalah riil yang muncul jika disajikan dalam bentuk matriks akan terbatas pada dimensi matriksnya sehingga generalisasi matriks dalam bentuk supermatriks dapat menjadi suatu solusinya. Supermatriks didefinisikan sebagai suatu matriks dengan elemen-elemennya berupa skalar-skalor atau matriks-matriks (Kandasamy dan Smarandache, 2008). Dalam aljabar linear supermatriks dikenal dengan matriks blok yang elemen-elemennya merupakan submatriks.

Konsep supermatriks dimotivasi dari matriks partisi yang merupakan pengelompokan matriks-matriks dalam ukuran tertentu dari suatu matriks sederhana berukuran $n \times n$. Berbeda dengan matriks partisi, supermatriks merupakan kumpulan elemen-elemen yang merupakan matriks sederhana dan skalar-skalor yang disusun menurut aturan baris dan kolom sehingga menjadi matriks baru yang berpartisi. Dimana operasi penjumlahan, pengurangan, pergandaan, determinan dan invers matriks dapat dioperasikan pada sebarang matriks konvensional menurut aturan tertentu. Namun pada operasi penggabungan matriks

dikondisikan untuk matriks-matriks tidak biasa (supermatriks) yang berbeda ukuran, Konsep ini dinamakan superbimatriks. Sehingga dapat dikatakan bahwa superbimatriks merupakan gabungan atau kumpulan atau perpaduan dari supermatriks. Berdasarkan uraian di atas maka struktur superbimatriks yang meliputi bentuk dan operasinya perlu diperkenalkan untuk menjawab permasalahan lain yang muncul yang tidak dapat terselesaikan dengan matriks sederhana.

2. Landasan Teori

Teori bimatriks pertama kali diperkenalkan oleh W. B. Vasantha Kandasamy dan Florentin Smarandache (2009) dalam buku yang berjudul “*bimatrixes*” dan pada tahun yang sama Kandasamy dan Smarandache kembali memperkenalkan teori superbimatriks dalam buku “*superbimatrixes and their generalizations*”. Dalam buku tersebut dibahas definisi bimatriks dan definisi superbimatriks serta sifat-sifatnya yang sangat berbeda dengan definisi dan sifat-sifat matriks yang konvensional. Superbimatriks menjadi topik menarik yang di bahas pada satu dekade terakhir dengan pembahasan yang terstruktur. Karena dimulai dari bentuk matriks yang sederhana yang mana unsur-unsur atau elemen-elemennya terdiri dari angka biasa atau skalar, hal ini berarti, superbimatriks memiliki struktur tertentu yang dapat dibentuk. Pembahasan tentang dasar-dasar matriks seperti matriks diagonal, matriks identitas, matriks segitiga atas dan bawah serta matriks simetri mengacu pada buku Howard Anton jilid 1 (2000). Pada bagian ini akan disajikan mengenai landasan teori terkait dengan pembahasan superbimatriks yaitu bimatriks dan superbimatriks berupa definisi dan cara pembentukan supermatriks.

Definisi 2.1 [7] Suatu bimatriks A_B didefinisikan sebagai perpaduan (gabungan) dari dua matriks persegi panjang A_1 dan A_2 yang tersusun dalam baris dan kolom yang ditulis sebagai : $A_B = A_1 \cup A_2$ dimana $A_1 \neq A_2$ dengan;

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{11}^1 & a_{12}^1 & \cdots & a_{1n}^1 \\ a_{21}^1 & a_{22}^1 & \cdots & a_{2n}^1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1}^1 & a_{m2}^1 & \cdots & a_{mn}^1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad A_2 = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \cdots & a_{1n}^2 \\ a_{21}^2 & a_{22}^2 & \cdots & a_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1}^2 & a_{m2}^2 & \cdots & a_{mn}^2 \end{bmatrix}$$

Jadi

$$A_B = A_1 \cup A_2 = \begin{bmatrix} a_{11}^1 & a_{12}^1 & \cdots & a_{1n}^1 \\ a_{21}^1 & a_{22}^1 & \cdots & a_{2n}^1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1}^1 & a_{m2}^1 & \cdots & a_{mn}^1 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \cdots & a_{1n}^2 \\ a_{21}^2 & a_{22}^2 & \cdots & a_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1}^2 & a_{m2}^2 & \cdots & a_{mn}^2 \end{bmatrix}$$

Simbol ‘ \cup ’ hanya sebatas notasi saja

Jika $A_1 = A_2$ maka $A_B = A_1 \cup A_2$ bukanlah suatu bimatriks. Suatu bimatriks A_B dinotasikan dengan $(a_{ij}^1) \cup (a_{ij}^2)$. jika kedua matriks A_1 dan A_2 adalah matriks $m \times n$ maka bimatriks A_B dinamakan bimatriks persegi panjang $m \times n$. Selanjutnya dibuat suatu asumsi matriks nol adalah gabungan dari 2 matriks nol walaupun jika A_1 dan A_2 sama sehingga $A_1 = A_2 = \{0\}$. Selain bimatriks persegi panjang didefinisikan juga suatu bimatriks persegi dan bimatriks campuran sebagai berikut:

Definisi 2.2 [7] Diberikan $A_B = A_1 \cup A_2$. Suatu bimatriks A_B dinamakan bimatriks persegi jika masing-masing matriks A_1 dan A_2 adalah matriks persegi. Jika salah satu dari matriks dalam bimatriks $A_B = A_1 \cup A_2$ merupakan matriks persegi dan yang lainnya adalah matriks persegi panjang atau jika keduanya yaitu A_1 dan A_2 merupakan matriks persegi panjang katakanlah $m_1 \times n_1$ dan $m_2 \times n_2$ dengan $m_1 \neq m_2$ atau $n_1 \neq n_2$ maka dapat dikatakan A_B adalah bimatriks campuran.

Selain pengertian dasar bimatriks, berikut diberikan konsep supermatriks. Suatu supermatriks merupakan matriks yang elemen-elemennya berupa skalar-skalar atau matriks-matriks.

Sebagai ilustrasi: $a_{11} = \begin{bmatrix} 2 & -4 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, $a_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 40 \\ 21 & -12 \end{bmatrix}$, $a_{21} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 5 & 7 \\ -2 & 9 \end{bmatrix}$, dan $a_{22} = \begin{bmatrix} 4 & 12 \\ -17 & 5 \\ 3 & 11 \end{bmatrix}$

dengan asumsi a_{ij} , $1 \leq i, j \leq 2$, menotasikan matriks, bukan skalar suatu matriks.

Jika ke-empat matriks disusun dalam matriks berikut :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \text{ atau secara lengkap ditulis sebagai } A = \left[\begin{array}{cc|cc} 2 & -4 & 0 & 40 \\ 0 & 1 & 21 & -12 \\ \hline 3 & -1 & 4 & 12 \\ 5 & 7 & -17 & 6 \\ 2 & 9 & 3 & 11 \end{array} \right]$$

maka A disebut supermatriks. Hal ini menyebabkan supermatriks kadang disebut matriks blok.

Untuk membentuk supermatriks dapat mengacu pada *Supermatrix models* (Yost, 1991)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas tentang gagasan dari superbimatriks dan akan dijelaskan beberapa sifatnya. Setiap definisi-definisi dan tipe dari superbimatriks diberikan sambil tetap mengacu pada definisi dan tipe pada matriks sederhana. Pada bagian 2, telah dibahas pengertian dari supermatriks, selanjutnya diberikan pengertian superbimatriks yang merupakan gabungan dua supermatriks.

Definisi 3.1 [8] Diberikan A_1 dan A_2 sebarang dua supermatriks, A disebut superbimatriks jika $A_B = A_1 \cup A_2$

Lebih lanjut, jika $A_1 = A_2$ sebagai matriks partisi maka A_1 dan A_2 haruslah memiliki partisi yang berbeda. Jika $A_1 = A_2$ dan A_1, A_2 memiliki himpunan partisi yang sama maka $A_B = A_1 \cup A_2$ bukan superbimatriks. Lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh berikut ini

Contoh 3.2 Diberikan matriks ;

$$A_1 = \left[\begin{array}{cc|cc} 3 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{array} \right], \quad A_2 = \left[\begin{array}{cccc} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 0 \\ \hline 5 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right], \quad A_3 = \left[\begin{array}{cc|cc} 3 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{array} \right]$$

A_1, A_2, A_3 adalah dua supermatriks sehingga $A = A_1 \cup A_2$ itu adalah superbimatriks, namun $A = A_1 \cup A_3$

bukan superbimatriks karena $A_1 = A_3$. Jadi, $A = \left[\begin{array}{cc|cc} 3 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{cccc} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 0 \\ \hline 5 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right]$

Sama hal dengan matriks baris dan matriks kolom pada matriks sederhana selanjutnya akan didefinisikan superbimatriks baris dan kolom sebagai berikut.

Definisi 3.3 [8] Diberikan $A_B = A_1 \cup A_2$ dengan $A_1 = [a_{11} | a_{12} | \dots | a_{1n}]$ dan $A_2 = [a_{21} | a_{22} | \dots | a_{2m}]$ keduanya merupakan supermatriks baris yang berbeda. Maka $A_B = A_1 \cup A_2$ disebut superbimatriks baris.

Contoh 3.4 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dimana $A_1 = [3 \ 1 \ 0 | 1 \ 5 \ 0 \ 2 \ 3 \ 1]$ dan $A_2 = [3 \ 0 | 1 \ 2 \ 2 \ 0 \ 5 \ 3 \ 1 \ 0 | 1 \ 1]$ maka A suatu superbimatriks baris dimana A_1 dan A_2 masing-masing merupakan supermatriks baris.

Definisi 3.5 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dengan A_1 dan A_2 merupakan supermatriks kolom yang

berbeda, dengan : $A_1 = \begin{bmatrix} a_1^1 \\ a_2^1 \\ a_3^1 \\ a_4^1 \\ \vdots \\ a_m^1 \end{bmatrix}$ dan $A_2 = \begin{bmatrix} a_1^2 \\ a_2^2 \\ a_3^2 \\ a_4^2 \\ \vdots \\ a_n^2 \end{bmatrix}$. Jadi A merupakan superbimatriks superbimatriks kolom.

Contoh 3.6 Diberikan:

$A_1 = \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \\ 10 \\ -1 \\ 5 \\ 4 \end{bmatrix}$ dan $A_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{bmatrix}$ Maka $A = A_1 \cup A_2$ itu superbimatriks kolom, dimana A_1 dan A_2 adalah masing-

masing merupakan supermatriks kolom.

Berikut ini diberikan pengertian superbimatriks persegi yang merupakan perpaduan dari dua supermatriks persegi dan juga pengertian superbimatriks persegi panjang yang merupakan perpaduan dua supermatriks persegi panjang.

Definisi 3.7 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$. Jika A_1 dan A_2 merupakan supermatriks persegi berukuran $m \times m$ yang sama maka $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks persegi. Selanjutnya jika A_1 itu supermatriks persegi berukuran $m \times m$ dan A_2 itu supermatriks persegi $n \times n$ dengan $(m \neq n)$, maka $A = A_1 \cup A_2$ disebut superbimatriks persegi campuran.

Contoh 3.8 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$, $B = B_1 \cup B_2$ dimana

$A_1 = \left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 4 & 0 & 2 \\ 3 & 7 & 1 & 5 \\ \hline 4 & 6 & 3 & 1 \\ 7 & 2 & 4 & 5 \end{array} \right]$, $A_2 = \left[\begin{array}{ccc|c} 3 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 2 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 5 & 1 & 1 & 2 \end{array} \right]$, $B_1 = \left[\begin{array}{cc|cc} 2 & 5 & 7 & 3 \\ 1 & 3 & 0 & 2 \\ \hline 4 & 1 & 9 & 7 \\ \hline 6 & 2 & 4 & 6 \end{array} \right]$ $B_2 = \left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 3 & 0 & 4 & 3 \\ 2 & 6 & 3 & 2 & 2 \\ \hline 0 & 7 & 7 & 5 & 1 \\ \hline 4 & 3 & 9 & 7 & 5 \\ \hline 6 & 4 & 1 & 9 & 6 \end{array} \right]$

A_1, A_2 adalah supermatriks persegi dengan orde yang sama sehingga $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks persegi sedangkan B_1, B_2 adalah supermatriks persegi dengan orde yang berbeda sehingga $B = B_1 \cup B_2$ itu merupakan superbimatriks persegi campuran.

Definisi 3.9 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$, jika A_1 dan A_2 merupakan superbimatriks persegi panjang berukuran $m \times n$ maka $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks persegi panjang.

Selanjutnya jika A_1 supermatriks persegi panjang ukuran $m_1 \times n_1$ dan A_2 supermatriks persegi panjang ukuran $m_2 \times n_2$ dengan $(m_1 \neq m_2, n_1 \neq n_2)$ maka $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks persegi panjang campuran.

Contoh 3.10 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dan $B = B_1 \cup B_2$ dengan :

$$A_1 = \left[\begin{array}{cccc|cc} 3 & 1 & 2 & 3 & 5 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right], \quad A_2 = \left[\begin{array}{cccc|cc} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline 2 & 5 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 2 & 1 & 0 \end{array} \right], \quad B_1 = \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 4 & 7 & 1 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 9 & 5 & 3 \\ \hline 7 & 4 & 5 & 0 & 7 & 4 \\ 8 & 5 & 1 & 3 & 4 & 0 \end{array} \right],$$

$$B_2 = \left[\begin{array}{cccc|c} 3 & 5 & 1 & 7 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 6 & 3 \\ \hline 5 & 2 & 0 & 1 & 2 \end{array} \right]$$

A_1 dan A_2 itu dua supermatriks persegi panjang dengan orde sama yaitu 4×6 , sehingga A dapat disebut superbimatriks persegi panjang. Sedangkan B_1 dan B_2 itu dua supermatriks persegi panjang dengan orde berbeda yaitu 4×6 dan 3×5 . Sehingga B disebut superbimatriks persegi panjang campuran.

Berbeda dengan matriks konvensional, pada supermatriks dua matriks yang berbeda tipe (persegi dan persegi panjang) dapat digabungkan seperti yang dijelaskan dalam definisi berikut.

Definisi 3.11 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dengan A_1 dan A_2 supermatriks. Jika A_1 supermatriks persegi dan A_2 supermatriks persegi panjang maka $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks campuran.

Contoh 3.12 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dimana :

$$A_1 = \left[\begin{array}{cc|ccc} 3 & 1 & 0 & 2 & 5 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 2 \\ \hline 2 & 1 & 0 & 5 & 1 \\ 5 & 1 & 3 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 0 & 0 & 3 \end{array} \right] \text{ dan } A_2 = \left[\begin{array}{ccc|ccc} 4 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 2 & 1 & 5 \\ \hline 3 & 1 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 5 & 2 & 1 & 0 \end{array} \right]$$

A_1 dan A_2 itu supermatriks dimana A_1 adalah supermatriks persegi berorde 5×5 dan A_2 merupakan supermatriks persegi panjang berorde 4×6 . Jadi, $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks campuran.

Definisi 3.13 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dan $B = B_1 \cup B_2$ sebarang dua superbimatriks.

$A + B$ merupakan penjumlahan superbimatriks jika :

1. A_1 dan B_1 supermatriks berorde sama dan partisi pada A_1 dan B_1 sama atau serupa maka $A_1 + B_1$ terdefinisi (dapat dijumlahkan).
2. A_2 dan B_2 supermatriks berorde sama dan partisi pada A_2 dan B_2 sama atau serupa maka $A_2 + B_2$ terdefinisi (dapat dijumlahkan).

Sedemikian sehingga $A = A_1 \cup A_2$ dan $B = B_1 \cup B_2$ jumlahan dari A dan B didefinisikan menjadi :

$$\begin{aligned} A + B &= (A_1 \cup A_2) + (B_1 \cup B_2) \\ &= (A_1 + B_1) \cup (A_2 + B_2) \end{aligned}$$

Contoh 3.14

$$\text{Diketahui } A = A_1 \cup A_2 = \left[\begin{array}{c|c} 3 & 2 \\ \hline 1 & 0 \\ 0 & 5 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{ccc|cc} 1 & 1 & 3 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 5 & 2 & -1 \\ \hline 1 & 1 & 2 & 2 & -5 \end{array} \right]$$

A adalah gabungan superbimatriks persegi panjang.

$$\begin{aligned} A + A &= (A_1 \cup A_2) + (A_1 \cup A_2) \\ &= (A_1 + A_1) \cup (A_2 + A_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\begin{array}{c|c} 3 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 5 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c|c} 3 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 5 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 1 & 3 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 5 & 2 & -1 \\ \hline 1 & 1 & 2 & 2 & -5 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 1 & 3 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 5 & 2 & -1 \\ \hline 1 & 1 & 2 & 2 & -5 \end{array} \right] \\
&= \left[\begin{array}{c|c} 6 & 4 \\ 2 & 0 \\ 0 & 10 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{ccc|cc} 2 & 2 & 6 & 0 & 4 \\ 6 & 0 & 10 & 4 & -2 \\ \hline 2 & 2 & 4 & 4 & -10 \end{array} \right] = 2A_1 \cup 2A_2
\end{aligned}$$

Selanjutnya diperoleh $8A = 8A_1 \cup 8A_2 = \left[\begin{array}{c|c} 24 & 16 \\ 8 & 0 \\ 0 & 40 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{ccc|cc} 8 & 8 & 24 & 0 & 16 \\ 24 & 0 & 40 & 16 & -8 \\ \hline 8 & 8 & 16 & 16 & -40 \end{array} \right]$

Berikut ini diberikan pengertian dari transpos superbimatriks. Diperoleh bahwa transpos superbimatriks adalah transpos dari masing-masing supermatriks yang digabungkan.

Definisi 3.15 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ adalah sebarang superbimatriks. Transpos dari superbimatriks A dinotasikan sebagai A^T maka $A^T = (A_1 \cup A_2)^T = A_1^T \cup A_2^T$. Jelas bahwa transpos dari suatu superbimatriks adalah transpos dari masing-masing supermatriks kemudian digabungkan. Jika A suatu gabungan superbimatriks persegi panjang maka disebut A transpos, A^T juga adalah gabungan superbimatriks persegi panjang.*

Contoh 3.16

Diberikan $A = A_1 \cup A_2 = \left[\begin{array}{cccc|cccc} 3 & 0 & 1 & 1 & -1 & 5 & 2 & 3 & 1 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{ccc|cccc} 1 & 0 & 1 & 5 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 2 \end{array} \right]$

Menjadi superbimatriks baris. Transpose dari A dilambangkan dengan (A^T)

$$A^T = \left[\begin{array}{c} 3 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ 5 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{c} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 5 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \end{array} \right] = A_1^T \cup A_2^T$$

Jelas bahwa A^T merupakan superbimatriks kolom.

Suatu matriks sederhana dapat digabung dengan suatu supermatriks yang diberikan pada definisi berikut.

Definisi 3.17 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dimana A_1 adalah suatu matriks sederhana dan A_2 adalah suatu supermatriks maka A dapat ditulis $A = A_1 \cup A_2$ merupakan semi superbimatriks.*

Contoh 3.18

Diberikan $A = A_1 \cup A_2 = \left[\begin{array}{cccc} 3 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 5 & 1 & 0 \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{cc|cc} 3 & 1 & 2 & 0 \\ 5 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 2 & 0 & 2 & 6 \\ 1 & 0 & 1 & 5 \end{array} \right]$

dimana A_1 itu hanyalah suatu matriks 2×4 dan A_2 itu supermatriks persegi, sehingga diperoleh A adalah semi superbimatriks.

Khusus untuk superbimatriks simetri sifat kesimetrian matriks dapat terlihat pada masing-masing sub matriksnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada definisi berikut.

Definisi 3.19 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ suatu superbimatriks. Dapat dikatakan A sebagai suatu superbimatriks simetri jika masing-masing A_1 dan A_2 merupakan supermatriks simetris.*

Contoh 3.20 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ adalah superbimatriks dimana :

$$A_1 = \left[\begin{array}{ccc|cc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 & 2 & 5 \\ \hline 3 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 5 & 1 & 1 \end{array} \right] \text{ dan } A_2 = \left[\begin{array}{ccc|c} 6 & 1 & 2 & 0 \\ \hline 1 & 3 & 1 & 4 \\ 2 & 1 & 5 & 1 \\ \hline 0 & 4 & 1 & 7 \end{array} \right]$$

dengan A_1 dan A_2 adalah supermatriks simetris, maka $A = A_1 \cup A_2$ adalah superbimatriks simetris.

Definisi 3.20 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ suatu superbimatriks, A dikatakan quasi superbimatriks simetris jika dan hanya jika A_1 atau A_2 adalah suatu supermatriks simetris dan A_1 atau A_2 adalah supermatriks persegi.*

Contoh 3.21

Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dengan :

$$A_1 = \left[\begin{array}{ccc|cc} 3 & 2 & 1 & 0 & 5 \\ 2 & 1 & 3 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 3 & 5 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 & 4 & 2 \\ \hline 5 & 1 & 2 & 3 & 3 \end{array} \right] \text{ dan } A_2 = \left[\begin{array}{cc|cc} 4 & 1 & 2 & 3 \\ \hline 2 & 0 & 3 & 4 \\ \hline 2 & 4 & 4 & 1 \\ \hline 1 & 5 & 1 & 2 \end{array} \right]$$

A adalah superbimatriks. Jelas A_1 adalah supermatriks simetris bisa dilihat bahwa a_{12} dan a_{21} saling transpose dan A_2 hanya supermatriks persegi. sehingga A adalah quasi superbimatriks simetris.

Definisi 3.22 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ suatu semi superbimatriks. Jika A_1 atau A_2 adalah matriks simetris dan A_1 atau A_2 adalah suatu supermatriks simetris maka untuk semua A disebut semi superbimatriks simetris.*

Contoh 3.23

Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ dimana;

$$A_1 = \left[\begin{array}{cc|ccc} 5 & 4 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ \hline 3 & 4 & 2 & 1 & 2 \end{array} \right] \text{ dan } A_2 = \left[\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 4 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 5 \end{array} \right]$$

A adalah semi superbimatriks simetris dimana A_1 adalah supermatriks simetris dan A_2 adalah matriks simetris.

Definisi 3.24 [8] *Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ menjadi semi superbimatriks. Jika hanya satu dari A_1 atau A_2 adalah matriks simetris (supermatriks simetris) maka A disebut quasi semi superbimatriks simetris*

Contoh 3.25

Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ menjadi semi superbimatriks dimana ;

$$A_1 = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 & 5 \\ 1 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 1 & 7 & 1 & 2 \\ 0 & 6 & 1 & 3 & 1 \\ 5 & 2 & 2 & 1 & 4 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad A_2 = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 & | & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & | & 4 & 5 & 6 \\ \hline 2 & 3 & 4 & | & 5 & 6 & 1 \\ 3 & 4 & 5 & | & 6 & 1 & 2 \\ 4 & 5 & 6 & | & 1 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 1 & | & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

A adalah *quasi* semi superbimatriks simetris.

Definisi 3.26 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ merupakan superbimatriks segiempat beraturan berukuran $m \times n$ dengan $m < n$. jika kedua A_1 dan A_2 hanya partisi pada bagian antara kolom misalnya pada bagian yang vertikal, maka A disebut superbivektor baris.

Contoh 3.27

Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ adalah superbimatriks persegi panjang beraturan dimana ;

$$A_1 = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 1 & | & 2 & 1 & | & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & | & 3 & 1 & | & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & | & 4 & 1 & | & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad A_2 = \begin{bmatrix} 3 & 1 & | & 5 & 1 & 0 & | & 1 & | & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & | & 7 & 2 & 1 & | & 2 & | & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & | & 8 & 3 & 2 & | & 3 & | & 2 & 5 & 7 & 8 \\ 2 & 1 & | & 9 & 4 & 3 & | & 4 & | & 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Jadi A menjadi superbivektor baris. Jelas karena partisi dari matriks hanya dengan garis vertikal yaitu antara kolom dan partisinya tidak ada antara baris

Definisi 3.28 [8] Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ suatu superbivektor kolom dan $B = B_1 \cup B_2$ suatu superbivektor baris. Untuk menentukan hasil perkalian BA , terlebih dahulu BA dapat didefinisikan jika memenuhi kondisi berikut :

Jika $A = A_1 \cup A_2$ dan $B = B_1 \cup B_2$ dengan ;

$$A_1 = \begin{bmatrix} A_1^1 \\ \vdots \\ A_{m_1}^1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad A_2 = \begin{bmatrix} A_1^2 \\ \vdots \\ A_{m_2}^2 \end{bmatrix}$$

$$B_1 = [B_1^1 \mid \dots \mid B_{m_1}^1] \quad \text{dan} \quad B_2 = [B_1^2 \mid \dots \mid B_{m_2}^2]$$

Maka ;

$$BA = (B_1 \cup B_2)(A_1 \cup A_2) = B_1 A_1 \cup B_2 A_2$$

$B_1 A_1$ dan $B_2 A_2$ adalah perkalian supervektor yang didefinisikan jika dan hanya jika dalam setiap kolom dari B_i^1 , $1 \leq i \leq m_1$ sama dengan jumlah dalam setiap baris dari A_j^1 , $1 \leq j \leq m_1$ dan jumlah dalam setiap kolom dari B_i^2 , $1 \leq i \leq m_2$ sama dengan jumlah dalam setiap baris dari A_j^2 , $1 \leq j \leq m_2$.

$$\begin{aligned} BA &= B_1 A_1 \cup B_2 A_2 \\ &= [B_1^1 \mid \dots \mid B_{m_1}^1] \begin{bmatrix} A_1^1 \\ \vdots \\ A_{m_1}^1 \end{bmatrix} \cup [B_1^2 \mid \dots \mid B_{m_2}^2] \begin{bmatrix} A_1^2 \\ \vdots \\ A_{m_2}^2 \end{bmatrix} \\ &= \{B_1^1 A_1^1 + \dots + B_{m_1}^1 A_{m_1}^1\} \cup \{B_1^2 A_1^2 + \dots + B_{m_2}^2 A_{m_2}^2\} \\ &= C \cup D \end{aligned}$$

Teorema 3.29 Diberikan $A = A_1 \cup A_2$ adalah supervektor kolom. Sehingga AA^T itu merupakan superbimatriks yang simetris.

Bukti :

Ambil sebarang dua supervektor kolom seperti berikut :

$$A = \begin{bmatrix} A_1^1 \\ A_2^1 \\ \vdots \\ A_n^1 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} A_1^2 \\ A_2^2 \\ \vdots \\ A_n^2 \end{bmatrix} = A_1 \cup A_2$$

Akan ditunjukkan bahwa AA^T merupakan superbimatriks simetris.

Berikut ini adalah supervektor baris (transpose dari supervektor kolom diatas) ;

$$\begin{aligned} A^T &= (A_1 \cup A_2)^T \\ &= A_1^T \cup A_2^T \\ &= [A_1^1 \mid A_2^1 \mid \cdots \mid A_{n_1}^1] \cup [A_1^2 \mid A_2^2 \mid \cdots \mid A_{n_2}^2] \end{aligned}$$

Sehingga ;

$$\begin{aligned} AA^T &= (A_1 \cup A_2)(A_1 \cup A_2)^T \\ &= (A_1 \cup A_2)(A_1^T \cup A_2^T) \\ &= A_1 A_1^T \cup A_2 A_2^T \\ &= \begin{bmatrix} A_1^1 \\ A_2^1 \\ \vdots \\ A_{n_1}^1 \end{bmatrix} [A_1^{1T} \mid A_2^{1T} \mid A_3^{1T} \mid \cdots \mid A_{n_1}^{1T}] \cup \begin{bmatrix} A_2^1 \\ A_2^2 \\ \vdots \\ A_{n_2}^2 \end{bmatrix} [A_1^{2T} \mid A_2^{2T} \mid A_3^{2T} \mid \cdots \mid A_{n_2}^{2T}] \\ &= \begin{bmatrix} A_1^1 A_1^{1T} & A_1^1 A_2^{1T} & \cdots & A_1^1 A_{n_1}^{1T} \\ A_2^1 A_1^{1T} & A_2^1 A_2^{1T} & \cdots & A_2^1 A_{n_1}^{1T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n_1}^1 A_1^{1T} & A_{n_1}^1 A_2^{1T} & \cdots & A_{n_1}^1 A_{n_1}^{1T} \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} A_2^1 A_1^{2T} & A_2^1 A_2^{2T} & \cdots & A_2^1 A_{n_2}^{2T} \\ A_2^2 A_1^{2T} & A_2^2 A_2^{2T} & \cdots & A_2^2 A_{n_2}^{2T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n_2}^2 A_1^{2T} & A_{n_2}^2 A_2^{2T} & \cdots & A_{n_2}^2 A_{n_2}^{2T} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Dari hasil di jelas dapat dilihat bahwa $(A_1^1 A_i^{1T})^T = A_i^1 A_1^{1T}$; $i = 1, 2, \dots, n_1$. Juga $(A_j^2 A_k^{2T})^T = A_k^2 A_j^{2T}$ (memenuhi sifat matriks simetri), $1 \leq k, j \leq n_2$ sehingga $(AA^T)^T = AA^T$. maka terbukti AA^T itu merupakan superbimatriks simetri. \square

Contoh 3.30

Ambil sebarang dua supervektor kolom seperti berikut :

$$A_1 = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad A_2 = \begin{bmatrix} e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix}, \quad A = A_1 \cup A_2$$

$$\begin{aligned} A^T &= (A_1 \cup A_2)^T \\ &= A_1^T \cup A_2^T \\ &= [a \mid b \mid c \mid d] \cup [e \mid f \mid g \mid h] \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
AA^T &= (A_1 \cup A_2)(A_1 \cup A_2)^T \\
&= (A_1 \cup A_2)(A_1^T \cup A_2^T) \\
&= A_1A_1^T \cup A_2A_2^T \\
&= \begin{bmatrix} a \\ \bar{b} \\ c \\ d \end{bmatrix} [a \mid b \mid c \mid d] \cup \begin{bmatrix} e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} [e \mid f \mid g \mid h] \\
&= \left[\begin{array}{c|cccc} aa & ab & ac & ad \\ \hline ba & bb & bc & bd \\ ca & cb & cc & cd \\ da & db & dc & da \end{array} \right] \cup \left[\begin{array}{c|cccc} ee & ef & eg & eh \\ \hline fe & ff & fg & fh \\ ge & gf & gg & gh \\ he & hf & hg & hh \end{array} \right]
\end{aligned}$$

Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa hasil kali dari dua supervector dengan asumsi AA^T itu merupakan superbimatriks simetris (dilihat dari a_{21} yang merupakan transpose atau pencerminan dari a_{12}).

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa superbimatriks merupakan perpaduan atau kumpulan dari supermatriks yang berbeda ukuran dimana supermatriks merupakan matriks sederhana yang dipartisi atau matriks baru yang disusun oleh matriks matriks sederhana yang dikenal dengan aturan $1 \leq i, j \leq 2$. Pada dasarnya struktur dari matriks biasa dan superbimatriks sama namun yang membedakannya adalah elemennya dimana elemen dari matriks biasa adalah skalar-skalar sedangkan elemen dari superbimatriks adalah matriks-matriks yang telah dipartisi atau juga skalar. Diperoleh beberapa bentuk superbimatriks seperti superbimatriks campuran, semi superbimatriks, dll serta sifat yang menyatakan bahwa jika $A = A_1 \cup A_2$ yang merupakan superbivektor kolom maka AA^T merupakan superbimatriks simetri.

Daftar Pustaka

- [1] Anton, Howard. (2000). *Dasar-Dasar Aljabar Linear*: Jilid 1.
- [2] Deligne, P. and Morgan, J.W. (1999) Notes on supersymmetry following Bernstein. Quantum fields and strings; a course for mathematicians, vol. 1, Amer. Math. Soc.
- [3] Frank Ayres, JR., Ph.D (1984). *Teori Dan Soal-Soal Matriks*.
- [4] Horst, P. (1963) *Matrix Algebra for Social Scientists*, Holt.
- [5] Jacob Bill (1995) *Linear Functions and Matrix Theory*.
- [6] Varadarajan, V.S (2004) Supersymmetry for mathematicians; an introduction. Courant Lecture Notes. Courant Lecture Notes Series, New York.
- [7] W. B. Vasantha Kandasamy dan Florentin Smarandache. (2009). *Bimatriks*.
- [8] W. B. Vasantha Kandasamy dan Florentin Smarandache. (2009). *Superbimatriks and Their Generalization*
- [9] Yost, S.A 1991. Supermatriks models. *International journal of modern physics* vol, 7, no. 24 (1992).

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 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

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

- Tinjauan Pustaka meliputi ulasan (*Review*) penelitian dari beberapa literatur serta teori-teori dasar yang mendukung penelitian.
- Metode Penelitian (*Methods and Materials*) meliputi bahan, cara, dan analisis dalam penelitian (jika ada).
- Hasil dan Pembahasan (*Results and Discussion*) ditulis secara berkesinambungan dalam satu rangkaian naskah penulisan.
- Kesimpulan (*Conclusion*)
- Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgements*) (Jika diperlukan)
- 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].

- 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.

Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

ISSN 1978 - 7227



9 771978 722737