

ISSN 2623-0658 (print)
ISSN 2623-2286 (on-line)

Volume 1, Number 2, December 2018

Journal of Data Analysis

Statistics and Its Applications



Published by:

**Department of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh**

<http://jurnal.unsyiah.ac.id/JDA>

ISSN 2623-0658 (print)
ISSN 2623-2286 (on-line)

Volume 1, Number 2, December 2018

Journal of Data Analysis

Statistics and Its Applications



Published by:

Department of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh

<http://jurnal.unsyiah.ac.id/JDA>

Editorial Team

Journal of Data Analysis: Statistics and its Application,

Editor in Chief

1. Asep Rusyana, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Managing Editors

1. Latifah Rahayu Siregar, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
2. Marzuki, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
3. Miftahuddin, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
4. Ridha Ferdhiana, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Editorial Board

1. Aceng Komarudin Mutaqin, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bandung Islamic University, Bandung, Indonesia
2. Anang Kurnia, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia
3. Bagus Sartono, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia
4. Dedi Rosadi, Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia
5. Heri Kuswanto, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, Computation and Data Science, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
6. Hizir Sofyan, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
7. Muhamad Safiih Lola, Department of Mathematical Sciences, University Malaysia Terengganu, Terengganu, Malaysia
8. Muhammad Subianto, Department of Informatics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
9. Nisa Kalondeng, Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Hasanuddin University, Makasar, Indonesia

10. Nittaya McNeil, Department of Mathematics and Computer Sciences, Prince of Songkla University, Pattani, Thailand
11. Saiful Mahdi, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
12. Siti Rusdiana, Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
13. Suhartono, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, Computation and Data Science, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
14. Taufik Fuadi Abidin, Department of Informatics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
15. Zurnila Marli Kesuma, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Layout Editor

1. Evi Ramadhani, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
2. Fitriana A.R, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
3. Munawar, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
4. Nany Salwa, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
5. Nurhasanah, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
6. Samsul Anwar, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
7. Wahyudi, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
8. Andriani, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
9. Elly Rahmi, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Editor Address

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala
 Jalan Syech Abdurrauf No.3, Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Aceh, Indonesia
 Email: j.data.analysis@gmail.com, Website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/jda>
 Diterbitkan dua kali dalam setahun

Journal of Data Analysis: Statistics and Its Applications

Preface

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Alhamdulillah, Journal of Data Analysis (JDA): Statistics and Its Applications Volume 1 Number 2 December 2018 can be published. This edition consists of 7 (seven) articles which are applied statistics, applied mathematics and mathematics.

We hope that the journal can be useful to readers and statisticians for developing knowledge in statistics and mathematics subjects not only theory but also applications. The subjects of the articles are game theory, assurance, design of experiment, neural network, algebra group, cluster analysis and fuzzy system.

The journal is made by including many people therefore we thank to authors, reviewers, and the others which have helped from preparation until finishing the journal.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Banda Aceh, 18 January 2019

Editorial Team

Journal of Data Analysis
Statistics and Its Applications

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala
Jalan Syech Abdurrauf No.3, Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Aceh, Indonesia
Email: j.data.analysis@gmail.com, Website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/jda>

Table of Contents

Table of Contents	v
Strategi Pemasaran Warung Kopi di Kota Banda Aceh dengan Game Theory, <i>Syarifah Meurah Yuni, Siti Rusdiana dan Isnardi Isnardi,</i>	49-63
Penentuan Batas Maksimum Premi Asuransi Pertanian, <i>Yunita Wulan Sari</i>	64-69
Pemodelan Linear dan Pendugaan Pengaruh Kompetisi Antartanaman dalam Percobaan Lapangan, <i>Dadan Kusnandar, Naomi Nessyana Debataraaja, Nurfitri Imro'ah</i>	70-76
Suatu Catatan tentang Subgrup Normal dan Ideal, <i>Mahmudi Mahmudi</i>	77-82
Penerapan Neural Network Backpropagation dengan Transformasi Wavelet Morlet Data Rata-Rata Pasang Surut Air Laut Di Pantai Ulee Lheue, <i>Novira Iswani, Ichsan Setiawan, Miftahuddin Miftahuddin</i>	83-92
Penerapan Metode K-Means dalam Pengelompokan Wilayah Menurut Intensitas Kejadian Bencana Alam di Indonesia Tahun 2013-2018, <i>Mira Suci Yana, Lathifah Setiawan, Elvitra Mutia Ulfa, Asep Rusyana</i>	93-102
Pendeteksian Penyakit Diabetes di RSUD Zainoel Abidin Banda Aceh dengan Sistem Fuzzy Mamdani, <i>Munawar Munawar, Marzuki Marzuki, Radhiah Radhiah</i>	103-110
Writing Guide	111

Strategi Pemasaran Warung Kopi di Kota Banda Aceh Dengan *Game Theory*

Syarifah Meurah Yuni^{1*}, Siti Rusdiana², dan Isnardi³

^{1,2,3} Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
Email: sy.meurah.yuni@unsyiah.ac.id*

Abstrak

Banyaknya warung kopi yang terdapat di berbagai tempat menjadi keunikan tersendiri bagi masyarakat Kota Banda Aceh. Hal ini juga menimbulkan daya saing yang tinggi antar pemilik warung kopi, sehingga dibutuhkan suatu strategi optimal untuk dapat bersaing dengan pemilik warung kopi lainnya. Penentuan strategi optimal menggunakan *game theory* (teori permainan) dengan memakai tujuh strategi seperti produk, harga, lokasi, promosi, orang, sarana fisik dan proses yang dikenal dengan istilah *marketing mix*. Adapun warung kopi yang digunakan adalah Solong Coffee, Dhapu Kupa, dan Zakir Warkop. Penentuan nilai suatu strategi dilakukan dengan meng survei pelanggan warung kopi. Pengambilan sampel penelitian menggunakan metode *convening sampling* yaitu salah satu teknik pengambilan sampel tidak acak. Jumlah sampel penelitian yang digunakan adalah sebanyak 96. Dari hasil pengambilan data diperoleh bahwa 89% responden adalah laki-laki dan 11% adalah perempuan. Selanjutnya, jumlah responden terbanyak dengan kategori usia adalah responden dengan usia 20-30 tahun. Jumlah responden terbanyak dengan kategori pendidikan terakhir adalah Sarjana sebesar 54% dan jumlah responden dengan kategori pekerjaan adalah mahasiswa sebesar 36%. Hasil penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa strategi optimal Solong Coffee menghadapi Dhapu Kupa dan Zakir Warkop adalah strategi produk. Strategi optimal Dhapu Kupa menghadapi Solong Coffee dan Zakir Warkop adalah strategi lokasi, sedangkan strategi optimal Zakir Warkop menghadapi Solong Coffee dan Dhapu Kupa adalah strategi sarana fisik

Abstract

One of Banda Aceh uniqueness is the number of coffee shops in its various places. This number leads to high competitiveness among coffee shop owners, thus each of them need an optimal strategy to strive in the competition. Optimal strategies determination using game theory by seven strategies such as products, prices, locations, promotions, people, physical facilities and processes, is known as marketing mix. The samples used are Solong Coffee, Dhapu Kupa, and Zakir Warkop coffee shops. The value of a strategy is determined by surveying the customers of the coffee shops that chosen by the convening sampling method. Out of 96 respondents, 89% were male and 11%

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan: 2 November 2018

Diterima: 3 Desember 2018

Kata Kunci:

Teori Permainan

Marketing Mix

Convening Sampling

Keyword:

Game Theory

Marketing Mix

convening sampling

were female, the highest numbers of respondents are in the age category of 20-30 years, the last education category is a Bachelor of 54%, and 36% are students in University. The results of this study conclude that the optimal strategy of Solong Coffee facing Dhapu Kupa and Zakir Warkop is the product strategy, Dhapu Kupa facing Solong Coffee and Zakir Warkop is the location strategy, and Zakir Warkop dealing with Solong Coffee and Dhapu Kupa is the physical facilities.

1. Pendahuluan

Kota Banda Aceh berada di ujung pulau Sumatra yang memiliki keunikan berupa jumlah warung kopi yang sangat banyak. Pada tahun 2012 diperkirakan terdapat 229 warung kopi yang berada di Kota Banda Aceh [1]. Pertumbuhan yang terjadi pada bidang usaha khususnya usaha warung kopi menciptakan persaingan antar pemilik usaha, sehingga untuk memenangkan persaingan pemilik usaha harus memiliki suatu strategi yang baik dan berbeda dari strategi yang dimiliki oleh pemilik usaha lain. Strategi yang baik adalah strategi yang menyebabkan meningkatnya minat beli konsumen terhadap barang yang dipasarkan. Penentuan strategi pemasaran yang optimal dapat menggunakan teori permainan (*game theory*) dengan memakai tujuh strategi seperti produk, harga, lokasi, promosi, orang, sarana fisik dan proses, yang dikenal dengan istilah *marketing mix* dan warung kopi yang dipilih sebagai sampel adalah Solong Coffee, Dhapu Kupa, dan Zakir Warkop.

Marketing mix merupakan salah satu dari strategi pemasaran (*marketing strategy*) yang berfungsi sebagai landasan dalam menggunakan unsur-unsur pemasaran yang dapat dikendalikan oleh seorang pimpinan perusahaan untuk mencapai tujuan pemasaran [2]. *Marketing mix* terdiri dari produk, harga, lokasi, promosi, orang, sarana fisik, dan proses [3]. Dimana produk didefinisikan sebagai sesuatu yang dapat ditawarkan kepada pasar untuk mendapatkan perhatian, dimiliki, digunakan atau dikonsumsi, seperti barang secara fisik, jasa, kepribadian, tempat, organisasi dan gagasan, atau buah pikiran [2]. Sedangkan harga merupakan tarif yang harus dibayar oleh konsumen untuk mendapatkan sejumlah kombinasi dari barang beserta pelayanannya yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Lokasi adalah tempat perusahaan memasarkan jasanya kepada konsumen [4]. Pemilihan lokasi merupakan investasi yang sangat mahal, sebab lokasi yang tepat bisa menentukan ramai atau tidaknya pengunjung. Sarana fisik dari produk yang dijual juga sangat menentukan, hal ini meliputi kondisi ruangan bangunan, suasana, tempat parkir dan sebagainya yang akan dilihat oleh konsumen sebagai kekuatan tertentu dari produk yang akan ditawarkan [5].

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas merupakan suatu uji untuk menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat mengukur sesuatu yang ingin diukur. Jika peneliti menggunakan kuesioner untuk mengumpulkan data, maka kuesionernya harus mampu menghasilkan data yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Uji validitas dapat menggunakan rumus korelasi *Pearson* [6].

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

Keterangan:

X = Skor setiap butir variabel

Y = Skor total setiap variabel

r_{xy} = Koefisien korelasi variabel X dan Y

n = Jumlah pasangan X dan Y

Uji reliabilitas merupakan suatu uji yang digunakan untuk menunjukkan sejauh mana hasil pengukuran relatif konsisten apabila alat ukur tersebut diulang berulang kali. Jika kuesioner menjadi alat ukur suatu penelitian, pertanyaan-pertanyaan yang dimuat di dalam hendaknya dibuat sedemikian rupa, sehingga apabila diisi berulang kali oleh responden hasilnya relatif konsisten. Uji reliabilitas dapat menggunakan rumus *koefisien alpha* [7].

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

Keterangan:

r_{11} = reliabilitas instrumen

k = banyaknya butir pertanyaan

$\sum \sigma_b^2$ = jumlah varian butir/item

V_t^2 = varian total

2.2 Teori Permainan (Game Theory)

Teori permainan (*game theory*) merupakan model matematika yang mempelajari masalah-masalah yang ada dalam bidang ekonomi, sosial, dan psikologi. Teori permainan tersebut membahas sikap dua orang atau lebih yang sedang terlibat dalam adu strategi, salah satu pemain mempengaruhi pilihan strategi pemain yang lain hingga masing-masing pemain menemukan pilihan strategi yang akan memaksimalkan kesejahteraan mereka [8].

Tabel 1 Matriks *pay off* untuk *game theory*

Strategi Pemain Baris	Strategi Pemain Kolom			
	Kolom 1	Kolom 2	...	Kolom n
Baris 1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
Baris 2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
$\vdots$			$\vdots$	$\vdots$
Baris m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Sumber: [10]

Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam *game theory*, yaitu:

- 1) Pemain yang melakukan persaingan adalah terbatas.
- 2) Terdapat strategi yang terhingga atau tidak terhingga yang dimiliki oleh setiap pemain. Setiap strategi yang dimiliki oleh pemain tidak perlu sama juga.
- 3) Setiap pemain memilih satu strategi yang akan dijalankan. Memilih strategi dilakukan secara bersamaan. Tetapi di alam nyata pilihan strategi dibuat setelah lawan mengumumkan strateginya.
- 4) Semua pemain bertindak rasional dan cerdas.
- 5) Pemain memainkan strategi secara individual, tanpa mengetahui strategi lawan. Tetapi dalam situasi nyata, pemain menggunakan strategi setelah mengetahui pilihan lawan.

- 6) Setiap pemain mengetahui informasi yang relevan dan lengkap.
- 7) Setiap pemain tertarik memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan kerugian. Pemain di sisi kiri matriks selalu berusaha untuk memaksimalkan keuntungan dan disebut sebagai *maximin player*. Sedangkan pemain yang ada di atas matriks selalu mencoba meminimalkan kerugian dan disebut sebagai *minimax player*. Pada pembahasan ke depan, pemain di sisi kiri matriks ditetapkan sebagai pemain baris sedangkan pemain di sisi kanan matriks ditetapkan sebagai pemain kolom [9].

Beberapa elemen dasar yang perlu diperhatikan dalam *game theory*, yaitu:

- 1) Nilai yang ada dalam matriks merupakan hasil dari strategi permainan. Nilai positif menunjukkan pemain baris mendapatkan keuntungan dan merupakan kerugian pada pemain kolom.
- 2) Pemain harus memilih strategi mereka secara bersamaan dan permainan dilakukan secara berulang-ulang.
- 3) Sebuah strategi disebut dominan apabila masing-masing nilai strategi lebih unggul untuk setiap nilai strategi alternatif yang bersesuaian.
- 4) Aturan permainan mengacu pada hasil yang diharapkan setiap bermain ketika kedua pemain mengikuti strategi terbaik. Sebuah permainan dikenal sebagai permainan yang adil jika nilainya nol, dan tidak adil jika nilainya tidak nol.
- 5) Strategi optimal mengacu pada tindakan yang meninggalkan pemain dalam posisi yang paling disukai terlepas dari tindakan pesaingnya.
- 6) Tujuan dari model teori permainan adalah untuk mengidentifikasi strategi yang optimal.

Penyelesaian *game theory* (teori permainan) dengan menggunakan pemrograman linear merupakan salah satu teknik penyelesaian yang digunakan dalam strategi permainan campuran [8]. Selanjutnya, menurut [10] model pemrograman linear untuk menyelesaikan masalah teori permainan adalah sebagai berikut.

$$\begin{array}{ll}
 \text{Max } z = v & \\
 \text{Kendala} & v \leq a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \quad (\text{batasan kolom 1}) \\
 & v \leq a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \quad (\text{batasan kolom 2}) \\
 \text{Pemain} & \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \\
 \text{Baris} & v \leq a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \quad (\text{batasan kolom n}) \\
 & x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1 \\
 & x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m)
 \end{array} \tag{3}$$

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min } z = w & \\
 \text{Kendala} & w \geq a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n \quad (\text{batasan baris 1}) \\
 & w \geq a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n \quad (\text{batasan baris 2}) \\
 \text{Pemain} & \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \\
 \text{Kolom} & w \geq a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n \quad (\text{batasan baris m}) \\
 & y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1 \\
 & y_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)
 \end{array} \tag{4}$$

Keterangan:

x_i = Probabilitas pemain baris memilih baris i

y_j = Probabilitas pemain kolom memilih kolom j

a_{ij} = Nilai pembayaran yang bersesuaian dengan strategi pemain baris ke- i dan pemain kolom ke- j

3. Metodologi Penelitian

3.1 Data

Sampel minimum yang diambil sebanyak 96 orang merupakan pelanggan warung kopi Solong Coffee, Dhapu Kupu, dan Zakir Warkop.

Adapun alasan ketiga warung kopi ini dipilih adalah sebagai berikut:

- 1) Solong *Coffee* dipilih karena warung kopi ini telah berdiri sebelum tsunami tetapi masih menjadi warung kopi yang bergengsi di Kota Banda Aceh.
- 2) Dhapu Kupu dipilih karena warung kopi ini berdiri pasca tsunami dan tidak menunggu waktu lama untuk berkembang pesat.
- 3) Dipilih Zakir Warkop karena warung kopi ini baru berdiri lebih kurang tiga tahun tetapi telah memiliki banyak cabang di beberapa daerah di Kota Banda Aceh.
- 4) Memilih Solong Coffee, Dhapu Kupu dan Zakir Warkop sebagai pemain karena ketiga warung kopi ini sudah memiliki sistem pemasaran yang baik sehingga apabila ketiga warung kopi ini dijadikan pemain yang saling mengadu strategi pemasaran maka akan menghasilkan permainan yang baik. Selain itu, ketiga warung kopi ini merupakan warung kopi yang sering dikunjungi oleh masyarakat umum, sehingga data yang diperlukan tersedia.

Asumsi yang diperlukan dalam penelitian ini:

- 1) Penentuan jumlah sampel laki-laki dan perempuan bersifat proporsional.
- 2) Pelanggan warung kopi yang dijadikan sampel adalah pelanggan yang sudah bekerja. Selain itu, sampel dengan kategori pekerja seperti Pegawai Negeri Sipil (PNS), swasta, wiraswasta dan mahasiswa diasumsikan mampu membayar harga makanan dan minuman yang ditetapkan oleh warung kopi.
- 3) Pelanggan yang dijadikan sampel adalah pelanggan yang ditemui saat mengunjungi salah satu dari Solong Coffee, Dhapu Kupu dan Zakir Warkop.
- 4) Pelanggan warung kopi yang dijadikan sampel adalah pelanggan yang telah mengunjungi Solong Coffee, Dhapu Kupu, dan Zakir Warkop minimal 3 kali setiap warung kopi selama, yang mana kunjungan terakhirnya tiga bulan yang lalu.
- 5) Diasumsikan target pasar ketiga warung kopi sama.

Dari hasil penyebaran kuesioner maka didapat persentase sebagai berikut:

- 1) Responden laki-laki dan perempuan
Jumlah responden laki-laki lebih banyak dari pada responden perempuan dengan persentase 89% responden adalah laki-laki, sedangkan 11% responden adalah perempuan.
- 2) Usia
Responden dengan usia kurang dari 20 tahun sebanyak 22%, responden usia 21 sampai 30 tahun merupakan responden terbanyak dengan persentase sebesar 67%, responden dengan usia 31 sampai 40 tahun sebanyak 10%, sedangkan responden yang usianya di atas 40 tahun merupakan responden dengan jumlah terkecil yaitu sebesar 1%.
- 3) Pendidikan terakhir
Ditinjau dari pendidikannya terdapat 54% responden yang merupakan lulusan Strata 1, 8% lulusan D3, 36% lulusan SMA, sedangkan persentase responden terkecil adalah pendidikan terakhir SLTP sebesar 1%.

4) **Pekerjaan**

Responden terbanyak yang datang di ketiga warung kopi memiliki pekerjaan sebagai mahasiswa dengan persentase sebesar 36%, pekerjaan sebagai wiraswasta sebanyak 27%, yang bekerja pada swasta sebanyak 25% dan persentase terkecil adalah responden yang bekerja sebagai PNS yaitu 6%.

3.2 Deskripsi Variabel

3.2.1. Produk

Penilaian responden terhadap variabel produk warung kopi yang meliputi Solong Coffee, Dhapu Kupa dan Zakir Warkop yaitu dengan menggunakan empat pertanyaan kuesioner. Pertanyaan yang digunakan sebagai berikut:

- 1) Kualitas makanan dan minuman sangat baik
- 2) Menu makanan dan minuman bervariasi
- 3) Tampilan makanan dan minuman menarik
- 4) Makanan dan minuman yang ditawarkan sesuai dengan selera konsumen

Hasil tanggapan responden tentang variabel produk dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 40.63%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 43.75%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan pertama dengan persentase sebesar 53.13%

3.2.2. Harga

Penilaian responden terhadap harga makanan dan minuman warung kopi yaitu dengan menggunakan empat buah pertanyaan kuesioner. Pertanyaan yang digunakan sebagai berikut:

- 1) Pelayanan dan makanan yang diberikan sesuai dengan biaya yang dikeluarkan
- 2) Harga makanan dan minuman cukup terjangkau (murah)
- 3) Harga makanan dan minuman relatif sama dengan warung kopi pada umumnya
- 4) Informasi mengenai harga makanan dan minuman sangat jelas

Hasil tanggapan responden tentang variabel harga dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan pertama dengan persentase sebesar 50%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 50%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan pertama dengan persentase sebesar 47.92%

3.2.3. Lokasi

Penilaian responden tentang lokasi warung kopi yaitu dengan menggunakan empat buah pertanyaan kuesioner. Pertanyaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Lokasi warung kopi mudah ditemukan
- 2) Akses menuju warung kopi mudah untuk dijangkau
- 3) Warung kopi berada di lokasi padat penduduk
- 4) Warung kopi berada di lokasi usaha dengan tingkat persaingan rendah

Hasil tanggapan responden tentang variabel lokasi dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 46.88%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 44.79%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 37.50%

3.2.4. Promosi

Penilaian responden tentang lokasi warung kopi yaitu dengan menggunakan empat buah pertanyaan kuesioner. Pertanyaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Warung kopi yang bersangkutan telah melakukan promosi dengan baik melalui media *online* (*Facebook, Twitter, Blog, dsb*)
- 2) Warung kopi yang bersangkutan telah melakukan promosi dengan baik melalui media elektronik seperti radio dan televisi lokal
- 3) Nama dan logo warung kopi yang dipasang di depan pintu masuk ditampilkan secara jelas dan *mudah* dibaca
- 4) Nama dan logo warung kopi telah berhasil menarik perhatian anda

Hasil tanggapan responden terhadap variabel promosi dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 48.96%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 46.88%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 43.75%

3.2.5. Orang

Karyawan merupakan salah satu bagian variabel orang. Penilaian variabel orang oleh responden yaitu dengan menggunakan empat buah pertanyaan kuesioner sebagai berikut:

- 1) Para karyawan melayani pelanggan dengan sopan
- 2) Semua karyawan berpakaian rapi
- 3) Para karyawan bisa menjalin komunikasi yang baik dengan pelanggan
- 4) Para karyawan cepat tanggap terhadap keluhan konsumen

Hasil tanggapan responden tentang variabel orang dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 43.75%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan ketiga dengan persentase sebesar 41.67%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan pertama dengan persentase sebesar 48.96%

3.2.6. Sarana Fisik

Penilaian responden terhadap variabel sarana fisik warung kopi yaitu dengan menggunakan empat pertanyaan kuesioner. Pertanyaan yang digunakan sebagai berikut:

- 1) Tata ruang sangat menarik
- 2) Kondisi ruangan terlihat bersih
- 3) Suasana warung kopi sangat nyaman
- 4) Penyediaan tempat parkir yang layak

Hasil tanggapan responden tentang variabel sarana fisik dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 44.79%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan keempat dengan persentase sebesar 40.63%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan keempat dengan persentase sebesar 42.71%

3.2.7. Proses

Penilaian responden tentang variabel proses yaitu dengan menggunakan empat buah pertanyaan kuesioner sebagai berikut:

- 1) Prosedur pemesanan makanan dan minuman sangat mudah
- 2) Penyajian makanan dan minuman sangat cepat
- 3) Proses pembayaran sangat mudah dan cepat
- 4) Penyelesaian terhadap keluhan konsumen sangat cepat dilakukan

Berikut ini adalah hasil tanggapan responden terhadap variabel proses dengan persentase responden tertinggi yang menyatakan “setuju” pada pertanyaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

- 1) Persentase responden tertinggi di Solong Coffee terdapat pada pertanyaan kedua dengan persentase sebesar 44.79%
- 2) Persentase responden tertinggi di Dhapu Kupa terdapat pada pertanyaan keempat dengan persentase sebesar 40.63%
- 3) Persentase responden tertinggi di Zakir Warkop terdapat pada pertanyaan keempat dengan persentase sebesar 42.71%

3.3 Pengolahan Data

Proses pengolahan data adalah sebagai berikut:

- 1) Dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas terhadap pertanyaan kuesioner variabel bauran pemasaran dengan menggunakan bantuan *software SPSS Statistic 17.0*.
- 2) Data dari hasil pertanyaan kuesioner yang lulus uji validitas dan reliabilitas akan digunakan dalam membuat matriks *pay off* dengan 2 pemain. Kata “pemain” dalam penelitian ini adalah warung kopi. Penelitian ini dilakukan pada 3 warung kopi, sehingga terbentuk sebanyak 3 buah matriks *pay off*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Validitas dan Uji Reliabilitas

Hasil pengujian validitas untuk semua pertanyaan (indikator) untuk setiap variabel bauran pemasaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Validitas Solong Coffee, Dhapu Kupi dan Zakir Warkop

NAMA WARUNG KOPI	VARIABEL\ PERTANYAAN	R HITUNG				R TABEL
		1	2	3	4	
SOLONG COFFEE	PRODUK	0.599	0.508	0.624	0.585	0.201
	HARGA	0.528	0.571	0.543	0.331	0.201
	LOKASI	0.527	0.731	0.551	-	0.201
	PROMOSI	0.446	-	0.622	0.618	0.201
	ORANG	0.705	0.614	0.715	0.617	0.201
	SARANA FISIK	0.535	0.706	0.615	-	0.201
	PROSES	0.669	0.73	0.652	0.575	0.201
DHAPU KUPI	PRODUK	0.484	0.494	0.38	0.392	0.201
	HARGA	0.589	0.57	0.498	0.501	0.201
	LOKASI	0.395	0.447	0.433	0.272	0.201
	PROMOSI	0.317	0.489	0.353	0.401	0.201
	ORANG	0.431	0.459	0.427	-	0.201
	SARANA FISIK	0.489	0.601	-	0.435	0.201
	PROSES	0.611	0.606	0.523	0.459	0.201
ZAKIR WARKOP	PRODUK	0.61	0.576	0.51	0.589	0.201
	HARGA	0.555	0.53	-	0.414	0.201
	LOKASI	0.573	0.665	0.371	0.35	0.201
	PROMOSI	0.692	0.742	0.196	-	0.201
	ORANG	0.607	0.582	0.697	0.591	0.201
	SARANA FISIK	0.602	0.522	0.479	0.486	0.201
	PROSES	0.479	0.572	0.354	-	0.201

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa pertanyaan untuk semua variabel bauran pemasaran di Solong Coffee, Dhapu Kupi dan Zakir Warkop dapat digunakan dalam *game theory*.

Berikut ini adalah hasil uji reliabilitas tentang Solong Coffee, Dhapu Kupi dan Zakir Warkop.

Tabel 3 Hasil Uji Reliabilitas Solong Coffee, Dhapu Kupu, dan Zakir Warkop

Variabel	Cronbach's Alpha			Keterangan
	Solong Coffee	Dhapu Kupu	Zakir Warkop	
Produk	0.774	0.654	0.767	Reliabel
Harga	0.704	0.745	0.673	Reliabel
Lokasi	0.765	0.604	0.697	Reliabel
Promosi	0.734	0.608	0.696	Reliabel
Orang	0.832	0.63	0.801	Reliabel
Bukti Fisik	0.779	0.688	0.729	Reliabel
Proses	0.828	0.75	0.654	Reliabel

Suatu alat ukur dikatakan baik jika nilai *cronbach's alpha* minimal 0.6. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa hasil uji reliabilitas Solong Coffee, Dhapu Kupu dan Zakir Warkop memiliki nilai *cronbach's alpha* lebih besar dari 0.6, hal ini menandakan bahwa instrumen pengukuran yang digunakan memberi hasil konsisten untuk setiap pengukuran.

4.2 Pembuatan Matriks Pay Off dan Solusinya

Dari data pertanyaan semua variabel yang telah lulus uji validitas dan uji reliabilitas akan digunakan untuk membuat matriks *pay off*. Jumlah matriks *pay off* yang terbentuk sebanyak tiga yaitu matriks *pay off* Solong Coffee menghadapi Dhapu Kupu, matriks *pay off* Dhapu Kupu menghadapi Zakir Warkop dan matriks *pay off* Solong Coffee menghadapi Zakir Warkop.

4.2.1. Solong Coffee Menghadapi Dhapu Kupu

Matriks *pay off* Solong Coffee menghadapi Dhapu Kupu adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Matriks *pay off* Solong Coffee menghadapi Dhapu Kupu dengan jumlah permainan nol

DHAPU KUPI									
STRATEGI			Produk	Harga	Lokasi	Promosi	Orang	Sarana Fisik	Proses
			1349	1421	1427	1336	1024	1006	1374
SOLONG COFFEE	Produk	1435	86	14	8	99	411	429	61
	Harga	1372	23	-49	-55	36	348	366	-2
	Lokasi	1116	-233	-305	-311	-220	92	110	-258
	Promosi	1065	-284	-356	-362	-271	41	59	-309
	Orang	1348	-1	-73	-79	12	324	342	-26

DHAPU KUPI								
STRATEGI		Produk	Harga	Lokasi	Promosi	Orang	Sarana Fisik	Proses
		1349	1421	1427	1336	1024	1006	1374
Sarana Fisik	1052	-297	-369	-375	-284	28	46	-322
Proses	1345	-4	-76	-82	9	321	339	-29

Nilai positif pada Tabel 4 merupakan kemenangan bagi Solong Coffee tetapi menjadi kekalahan bagi Dhapu KUPI, sedangkan nilai negatif merupakan kemenangan bagi Dhapu KUPI dan kekalahan bagi Solong Coffee. Dari Tabel 4 dapat dibentuk model program linier untuk kedua pemain tersebut.

Model program linier Solong Coffee sebagai pemain baris menghadapi Dhapu KUPI adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \min z &= X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 & (5) \\
 \text{St} \quad & 1 \leq 86X_1 + 23X_2 - 233X_3 - 284X_4 - X_5 - 297X_6 - 4X_7 \\
 & 1 \leq 14X_1 - 49X_2 - 305X_3 - 356X_4 - 73X_5 - 369X_6 - 76X_7 \\
 & 1 \leq 8X_1 - 55X_2 - 311X_3 - 362X_4 - 79X_5 - 375X_6 - 82X_7 \\
 & 1 \leq 99X_1 + 36X_2 - 220X_3 - 271X_4 + 12X_5 - 284X_6 + 9X_7 \\
 & 1 \leq 411X_1 + 348X_2 + 92X_3 + 41X_4 + 324X_5 + 28X_6 + 321X_7 \\
 & 1 \leq 429X_1 + 366X_2 + 110X_3 + 59X_4 + 342X_5 + 46X_6 + 339X_7 \\
 & 1 \leq 61X_1 - 2X_2 - 258X_3 - 309X_4 - 26X_5 - 322X_6 - 29X_7
 \end{aligned}$$

Persamaan (5) diselesaikan dengan bantuan *software* LINDO 6.1. Dari solusi persamaan (5) diperoleh nilai yang memenuhi adalah variabel X_1 dimana nilai $x_1 = 1$. Variabel X_1 merupakan produk, sehingga strategi optimal Solong Coffee sebagai pemain baris menghadapi Dhapu KUPI adalah strategi produk dan nilai peluang strategi ini adalah 1.

Model program linier Dhapu KUPI sebagai pemain kolom menghadapi Solong Coffee adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \max z &= Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 & (6) \\
 \text{St} \quad & 1 \geq 86Y_1 + 14Y_2 + 8Y_3 + 99Y_4 + 411Y_5 + 429Y_6 + 61Y_7 \\
 & 1 \geq 23Y_1 - 49Y_2 - 55Y_3 + 36Y_4 + 348Y_5 + 366Y_6 - 2Y_7 \\
 & 1 \geq -233Y_1 - 305Y_2 - 311Y_3 - 220Y_4 + 92Y_5 + 110Y_6 - 258Y_7 \\
 & 1 \geq -284Y_1 - 356Y_2 - 362Y_3 - 271Y_4 + 41Y_5 + 59Y_6 - 309Y_7 \\
 & 1 \geq -Y_1 - 73Y_2 - 79Y_3 + 12Y_4 + 324Y_5 + 342Y_6 - 26Y_7 \\
 & 1 \geq -297Y_1 - 369Y_2 - 375Y_3 - 284Y_4 + 28Y_5 + 46Y_6 - 322Y_7 \\
 & 1 \geq -4Y_1 - 76Y_2 - 82Y_3 + 9Y_4 + 321Y_5 + 339Y_6 - 29Y_7
 \end{aligned}$$

Dari solusi persamaan (6) diperoleh bahwa variabel yang memiliki peluang 1 adalah variabel Y_3 . Dengan demikian, strategi optimal Dhapu Kupu sebagai pemain kolom menghadapi Solong Coffee adalah strategi lokasi dan peluang strategi ini adalah sebesar 1.

4.2.2. Solong Coffee Menghadapi Zakir Warkop

Nilai positif pada Tabel 5 merupakan kemenangan bagi Solong Coffee tetapi menjadi kekalahan bagi Zakir Warkop, sedangkan nilai negatif merupakan kemenangan bagi Zakir Warkop dan kekalahan bagi Solong Coffee sehingga dapat dibentuk model program linier untuk kedua pemain tersebut.

Tabel 5 Matriks *pay off* Solong Coffee menghadapi Zakir Warkop dengan jumlah permainan nol

			ZAKIR WARKOP						
STRATEGI			Produk	Harga	Lokasi	Promosi	Orang	Sarana Fisik	Proses
			1365	1037	1415	1090	1360	1417	1065
SOLONG COFFEE	Produk	1435	70	398	20	345	75	18	370
	Harga	1372	7	335	-43	282	12	-45	307
	Lokasi	1116	-249	79	-299	26	-244	-301	51
	Promosi	1065	-300	28	-350	-25	-295	-352	0
	Orang	1348	-17	311	-67	258	-12	-69	283
	Sarana Fisik	1052	-313	15	-363	-38	-308	-365	-13
	Proses	1345	-20	308	-70	255	-15	-72	280

Model program linier Solong Coffee sebagai pemain baris menghadapi Zakir Warkop adalah sebagai berikut:

$$\min z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 St \quad & 1 \leq 70X_1 + 7X_2 - 249X_3 - 300X_4 - 17X_5 - 313X_6 - 20X_7 \\
 & 1 \leq 398X_1 + 355X_2 + 79X_3 + 28X_4 + 311X_5 + 15X_6 + 308X_7 \\
 & 1 \leq 20X_1 - 43X_2 - 299X_3 - 350X_4 - 67X_5 - 363X_6 - 70X_7 \\
 & 1 \leq 345X_1 + 282X_2 + 26X_3 - 25X_4 + 258X_5 - 38X_6 + 255X_7 \\
 & 1 \leq 75X_1 + 12X_2 - 244X_3 - 295X_4 - 12X_5 - 308X_6 - 15X_7 \\
 & 1 \leq 18X_1 - 45X_2 - 301X_3 - 352X_4 - 69X_5 - 365X_6 - 72X_7 \\
 & 1 \leq 370X_1 + 307X_2 + 51X_3 + 283X_5 - 13X_6 + 280X_7
 \end{aligned}$$

Dari solusi persamaan (7) diperoleh bahwa variabel yang memenuhi adalah variabel X_1 dengan nilai $X_1 = 0.056$, dan peluang $x_1 = 1$. Sehingga strategi optimal Solong Coffee sebagai pemain baris menghadapi Zakir Warkop adalah strategi produk dan nilai peluangnya sebesar 1.

Model program linier Zakir Warkop sebagai pemain kolom menghadapi Solong Coffee adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \max z &= Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 \\ \text{St} \quad &1 \geq 70Y_1 + 398Y_2 + 20Y_3 + 345Y_4 + 75Y_5 + 18Y_6 + 370Y_7 \\ &1 \geq 7Y_1 + 335Y_2 - 43Y_3 + 282Y_4 + 12Y_5 - 45Y_6 + 307Y_7 \\ &1 \geq -249Y_1 + 79Y_2 - 299Y_3 + 26Y_4 - 244Y_5 - 301Y_6 + 51Y_7 \\ &1 \geq 300Y_1 + 28Y_2 - 350Y_3 - 25Y_4 - 295Y_5 - 352Y_6 \\ &1 \geq -17Y_1 + 311Y_2 - 67Y_3 + 258Y_4 - 12Y_5 - 69Y_6 + 283Y_7 \\ &1 \geq -313Y_1 + 15Y_2 - 363Y_3 - 38Y_4 - 308Y_5 - 365Y_6 - 13Y_7 \\ &1 \geq -20Y_1 + 308Y_2 - 70Y_3 + 255Y_4 - 15Y_5 - 72Y_6 + 280Y_7 \end{aligned} \quad (8)$$

Dari solusi persamaan (8) diperoleh bahwa variabel yang memenuhi adalah variabel Y_6 dengan nilai $Y_6 = 0.056$, dan nilai peluang $y_6 = 1$. Sehingga strategi optimal Zakir Warkop menghadapi Solong Coffee sebagai pemain kolom adalah strategi sarana fisik dan nilai peluangnya sebesar 1.

4.2.3. Dhapu Kupi menghadapi Zakir Warkop

Tabel 6 Matriks *pay off* Dhapu Kupi menghadapi Zakir Warkop dengan jumlah permainan nol

STRATEGI			ZAKIR WARKOP						
			Produk	Harga	Lokasi	Promosi	Orang	Sarana Fisik	Proses
			1365	1037	1415	1090	1360	1417	1065
DHAPU KUPI	Produk	1349	-16	312	-66	259	-11	-68	284
	Harga	1421	56	384	6	331	61	4	356
	Lokasi	1427	62	390	12	337	67	10	362
	Promosi	1336	-29	299	-79	246	-24	-81	271
	Orang	1024	-341	-13	-391	-66	-336	-393	-41
	Sarana Fisik	1006	-359	-31	-409	-84	-354	-411	-59
	Proses	1374	9	337	-41	284	14	-43	309

Nilai positif pada Tabel 6 merupakan kemenangan bagi Dhapu Kupi tetapi menjadi kekalahan bagi Zakir Warkop, sedangkan nilai negatif merupakan kemenangan bagi Zakir Warkop dan kekalahan bagi Dhapu Kupi. Dari Tabel 6 dapat dibentuk model program linier untuk kedua pemain tersebut.

Model program linier Dhapu Kupi sebagai pemain baris menghadapi Zakir Warkop adalah sebagai berikut:

$$\min z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} St \quad & 1 \leq -16X_1 + 56X_2 + 62X_3 - 29X_4 - 341X_5 - 359X_6 + 9X_7 \\ & 1 \leq 312X_1 + 384X_2 + 390X_3 + 299X_4 - 13X_5 - 31X_6 + 337X_7 \\ & 1 \leq -66X_1 + 6X_2 + 12X_3 - 79X_4 - 391X_5 - 409X_6 - 41X_7 \\ & 1 \leq 259X_1 + 331X_2 + 337X_3 + 246X_4 - 66X_5 - 84X_6 + 284X_7 \\ & 1 \leq -11X_1 + 61X_2 + 67X_3 - 24X_4 - 336X_5 - 354X_6 + 14X_7 \\ & 1 \leq -68X_1 + 4X_2 - 301X_3 - 352X_4 - 69X_5 - 365X_6 - 72X_7 \\ & 1 \leq 284X_1 + 356X_2 + 362X_3 + 271X_4 - 41X_5 - 59X_6 + 309X_7 \end{aligned}$$

Dari solusi persamaan (9) diperoleh bahwa variabel yang memenuhi adalah variabel X_3 dengan nilai $X_3 = 0.1$, dan nilai peluang $x_3 = 1$. Sehingga strategi optimal Dhapu Kupi menghadapi Zakir Warkop adalah strategi lokasi dan peluang strategi ini digunakan sebesar 1.

Model program linier Zakir Warkop sebagai pemain kolom menghadapi Dhapu Kupi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \max z &= Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 \quad (10) \\ St \quad & 1 \geq -16Y_1 + 312Y_2 - 66Y_3 + 259Y_4 - 11Y_5 - 68Y_6 + 284Y_7 \\ & 1 \geq 56Y_1 + 384Y_2 + 6Y_3 + 331Y_4 + 61Y_5 + 4Y_6 + 356Y_7 \\ & 1 \geq 62Y_1 + 390Y_2 + 12Y_3 + 337Y_4 + 67Y_5 + 10Y_6 + 362Y_7 \\ & 1 \geq -29Y_1 + 299Y_2 - 79Y_3 + 246Y_4 - 24Y_5 - 81Y_6 + 271Y_7 \\ & 1 \geq -341Y_1 - 13Y_2 - 391Y_3 - 66Y_4 - 336Y_5 - 393Y_6 - 41Y_7 \\ & 1 \geq -359Y_1 - 31Y_2 - 409Y_3 - 84Y_4 - 354Y_5 - 411Y_6 - 59Y_7 \\ & 1 \geq 9Y_1 + 337Y_2 - 41Y_3 + 284Y_4 + 14Y_5 - 43Y_6 + 309Y_7 \end{aligned}$$

Dari solusi persamaan (10) diperoleh bahwa variabel yang memenuhi adalah variabel Y_6 dengan nilai $Y_6 = 0.1$ dan nilai peluang $y_6 = 1$. Dengan demikian, strategi optimal Zakir Warkop menghadapi Dhapu Kupi adalah strategi sarana fisik dan peluang strategi ini digunakan sebesar 1.

5. Kesimpulan

Hasil analisa data yang telah dilakukan dengan menggunakan penerapan *game theory* untuk menentukan strategi pemasaran warung kopi yang optimal, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Strategi optimal Solong Coffee adalah strategi produk. Strategi produk Solong Coffee meliputi (1) kualitas makanan dan minuman yang baik, (2) jumlah menu makanan dan minuman yang bervariasi, (3) tampilan makanan menarik dan (4) makanan dan minuman yang ditawarkan sesuai dengan selera konsumen. Strategi Solong Coffee yang perlu ditingkatkan adalah strategi harga, lokasi, promosi, orang, sarana fisik, dan proses.
- 2) Strategi optimal Dhapu Kupi adalah strategi lokasi. Strategi lokasi Dhapu Kupi meliputi (1) lokasi warung kopi yang mudah ditemukan, (2) akses menuju ke lokasi yang mudah dijangkau, (3) warung kopi berada di lokasi padat penduduk dan (4) warung kopi berada di lokasi usaha yang tingkat persaingan rendah. Adapun strategi Dhapu Kupi yang harus ditingkatkan adalah strategi produk, harga, promosi, orang, sarana fisik, dan proses.

- 3) Strategi optimal Zakir Warkop adalah strategi sarana fisik. Strategi sarana fisik Zakir Warkop meliputi (1) tata ruang di warung kopi sangat baik dan menarik, (2) kondisi ruangan yang bersih, (3) suasana warung kopi yang nyaman dan (4) menyediakan tempat parkir yang layak bagi pelanggan. Selain itu, strategi-strategi yang perlu ditingkatkan oleh Zakir Warkop adalah strategi produk, harga, lokasi, promosi, orang dan proses.

Referensi

- [1] BPS Kota Banda Aceh. 2013. *Banda Aceh Dalam Angka 2013*. BPS Kota Banda Aceh. Banda Aceh.
- [2] Assauri, S. 2011. *Manajemen Pemasaran: Dasar, Konsep, dan Strategi*. Rajawali Pers. Jakarta.
- [3] Sukotjo, H., dan Sumanto, R. 2010. Analisa *Marketing Mix-7P (Produk, Price, Promotion, Place, Participant, Process, dan Physical Evidence)* terhadap Keputusan Pembelian Produk Klinik Kecantikan Teta di Surabaya. *Jurnal Mitra Ekonomi dan Manajemen Bisnis*. 1(2) : 216-228.
- [4] Putranto, N. I. (2014). Pengaruh Bauran Pemasaran Jasa Terhadap Keputusan Pembelian (Survei pada warga Desa Kabongan Kidul Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang yang pernah Memilih Jasa Transpotasi PO Nusantara rute Cepu-Blora-Rembang-Jakarta). *Jurnal Administrasi Bisnis*. 8 (2).
- [5] Rinaldi, U. 2013. Pengaruh Bauran Pemasaran (7P) Terhadap Keputusan Berbelanja di Swalayan. *Jurnal Aplikasi Manajemen*. 7 (3).
- [6] Mason, R. D. dan Lind, D.A. 1999. *Teknik Statistika Untuk Bisnis dan Ekonomi Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- [7] Umar, H. 2003. *Metode Riset Bisnis: Panduan Mahasiswa Untuk Melaksanakan Riset Dilengkapi Contoh Proposal dan Hasil Riset Bidang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [8] Siswanto. 2007. *Operations Research Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- [9] Murthy, P.R. 2007. *Operations Research (Second Edition)*. New Age International Publishers. New Delhi.
- [10] Winston, W. L. 2004. *Operations Research Applications and Algorithms Fourth Edition*. Thomson Learning. Canada.

Penentuan Batas Maksimum Premi Asuransi Pertanian

Yunita Wulan Sari¹

¹ Program Studi Statistika, Dept. Matematika, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: yunita-ws@ugm.ac.id

Abstrak

Risiko kerugian yang dialami oleh seseorang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor non-deterministik yang bersifat tidak pasti dan random. Risiko kerugian ini dapat dideskripsikan dalam *uncertain random variable*. Fungsi utilitas juga dapat membantu dalam memudahkan persoalan yang penuh dengan ketidakpastian. Di Indonesia, kebanyakan petani masih enggan ikut serta dalam program asuransi pertanian dengan alasan besarnya premi, jaminan atas gagal panen yang diperoleh, dan syarat klaim tidak sebanding dengan modal tanam yang petani keluarkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana menentukan batas maksimum premi pertanian dengan menggunakan fungsi utilitas dari modal tanam dan memandang besarnya kerugian yang dihadapi petani sebagai variabel random tak pasti. Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif penghitungan batas maksimum premi yang mudah dalam penerapannya.

Abstract

The risk of loss experienced by a person can be influenced by non-deterministic factors that are uncertain and random. This loss risk can be described in the uncertain random variable. Utility functions can also help to facilitate problems that are filled with uncertainty. In Indonesia, most farmers are still reluctant to participate in agricultural insurance programs by reason of the amount of premiums, collateral for crop failures obtained, and claim requirements not proportional to the capital they spend. Therefore, in this study will be discussed how to determine the maximum limit of agricultural insurance premiums, using utility function of capital investment and looking the magnitude of expectations of losses faced as uncertain random variable. The results of this study can be an alternative premium calculation limit that is easy to implement.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 2 Nop, 2018
Diterima 14 Des, 2018

Kata Kunci:

Uncertain random variable
Fungsi utilitas
Asuransi pertanian
Nilai maksimum premi

Keyword:

Uncertain random variable
Utility functions
Agricultural insurance
Maximum premium limit

1. Pendahuluan

Ketidakpastian akan selalu dihadapi semua manusia dalam seluruh aktivitas kehidupannya, baik kehidupan pribadi, maupun kegiatan usaha. Risiko adalah ketidakpastian akan terjadinya peristiwa yang menimbulkan kerugian ekonomis. Konsep ketidakpastian dalam risiko inilah yang menjadi titik tolak lahirnya asuransi.

Risiko kerugian yang dialami oleh seseorang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor non-deterministik yang bersifat tidak pasti dan random. *Uncertain random variable* digunakan untuk mendeskripsikan risiko kerugian yang dialami oleh seseorang yang membeli polis asuransi (tertanggung/*insured*) yang bersifat tidak pasti dan random tersebut [1]. Selain itu, fungsi utilitas juga dapat membantu memudahkan persoalan yang penuh dengan ketidakpastian. Untuk penghindar risiko, seperti halnya tertanggung asuransi, fungsi utilitasnya adalah fungsi konkaf. Fungsi yang sering digunakan adalah fungsi eksponensial dan fungsi log [2].

Asuransi pertanian merupakan program pemerintah yang berfungsi sebagai salah satu alternatif skema pendanaan yang berkaitan dengan pembagian risiko dalam kegiatan usaha tani. Pada jenis asuransi ini, PT Asuransi Jasa Indonesia (Jasindo) sebagai pengelola program asuransi pertanian di Indonesia menetapkan premi sebesar Rp.180.000,- /hektare (ha)/musim tanam. Pemerintah memberikan subsidi premi sebesar 80% dan sisanya ditanggung oleh petani. Jika luas lahan yang diasuransikan kurang atau lebih dari satu hektar, maka besarnya premi dihitung secara proporsional. Plafon penjaminan kerugian gagal panen sebesar Rp.6.000.000,-/hektar/musim tanam. Meskipun demikian, kebanyakan petani masih enggan ikut serta dalam program asuransi ini dengan berbagai alasan. Salah satu alasannya adalah, besarnya premi, jaminan atas gagal panen yang diperoleh, dan syarat klaim tidak sebanding dengan modal tanam yang petani keluarkan.

Skema asuransi pertanian di atas merupakan subsidi awal kepada petani untuk meningkatkan persepsi dan motivasi petani mengenai asuransi, mengingat asuransi ini sangat bermanfaat untuk mengurangi risiko kerugian petani saat terjadi gagal panen. Diharapkan beberapa tahun ke depan petani sudah bisa mandiri dan secara perlahan pemerintah akan mengurangi besarnya subsidi tersebut.

Beberapa paper telah membahas metode penentuan premi asuransi pertanian di Indonesia. Aceng dkk [3] telah mengusulkan suatu metode penaksiran besarnya premi program Asuransi Usaha Tani Padi (AUTP) menggunakan pendekatan statistika yang bersifat parametrik dengan mengasumsikan data hasil panen padi petani mengikuti distribusi normal. Metode penghitungan harga premi asuransi pertanian di Indonesia yang berbasis pada indeks curah hujan juga telah diperkenalkan oleh Putri dkk [4] dan Qosim dkk [5]. Pada metode ini, nilai pertanggungan asuransi sangat bergantung pada realitas curah hujan di Indonesia.

Pada paper ini akan dibahas bagaimana menentukan batas maksimum premi asuransi pertanian dilihat dari segi modal tanam dan besarnya ekspektasi kerugian yang dihadapi petani. Risiko kerugian yang dihadapi petani sebagai pihak tertanggung/*insured* dipandang sebagai variabel random tak tentu (*uncertain random variable*). Bagian 2 pada paper ini akan membahas konsep teori ketidakpastian (*uncertainty theory*). Konsep fungsi utilitas dijelaskan pada bagian 3. Selanjutnya bagian 4 menjabarkan bagaimana menentukan nilai pendekatan batas maksimum wajar premi asuransi pertanian. Bagian terakhir paper ini berisi tentang kesimpulan.

2. Uncertain random variable

Teori ketidakpastian (*uncertainty theory*) merupakan salah satu cabang ilmu matematika untuk memodelkan masalah ketidakpastian manusia [6]. Misalkan Γ adalah himpunan tidak kosong dan $\mathcal{E}$ adalah σ -aljabar pada Γ , maka setiap elemen Λ di dalam $\mathcal{E}$ disebut kejadian (*event*). Sebuah fungsi himpunan M yang memetakan $\mathcal{E}$ ke $[0,1]$ disebut ukuran ketidakpastian jika memenuhi aksioma-aksioma berikut :

1. $M\{\Gamma\} = 1$ untuk himpunan ruang sampel Γ (*normality axiom*).
2. $M\{\Lambda\} + M\{\Lambda^c\} = 1$ untuk setiap kejadian Λ (*duality axiom*).
3. Untuk setiap urutan kejadian yang dapat dihitung $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots$ berlaku

$$M\left\{\bigcup_{i=1}^{\infty} \Lambda_i\right\} \leq \sum_{i=1}^{\infty} M\{\Lambda_i\} \text{ (subadditivity axiom).}$$

Selanjutnya $(\Gamma, \mathcal{E}, M)$ disebut ruang ketidakpastian. Pada tahun 2009, Liu [7] menambahkan aksioma ke empat untuk mendapatkan ukuran ketidakpastian dari gabungan beberapa kejadian, yakni :

Andaikan $(\Gamma_k, \mathcal{E}_k, M_k)$ adalah ruang ketidakpastian untuk $k=1,2,\dots$, hasil perkalian (product) ukuran ketidakpastian M adalah sebuah ukuran ketidakpastian yang memenuhi $M \left\{ \prod_{k=1}^{\infty} \Lambda_k \right\} = \bigwedge_{k=1}^{\infty} M_k \{ \Lambda_k \}$, dimana Λ_k adalah kejadian yang dipilih secara random dari $\mathcal{E}_k$ (product axiom).

Suatu variabel tak pasti adalah fungsi terukur ξ yang memetakan suatu ruang ketidakpastian $(\Gamma, \mathcal{E}, M)$ ke himpunan bilangan riil, misalkan himpunan Borel $\{\xi \in B\} = \{\gamma \in \Gamma \mid \xi(\gamma) \in B\}$, adalah sebuah kejadian. Dalam praktiknya, untuk mendeskripsikan suatu variabel tak pasti, [6] mendefinisikan konsep distribusi ketidakpastian adalah sebagai berikut :

$$\Phi(x) = M \{ \xi \leq x \}. \quad (1)$$

Ketika ukuran sampel terlalu kecil (atau bahkan tidak ada sampel) untuk memperkirakan distribusi probabilitas, maka harus diundang beberapa ahli domain untuk mengevaluasi tingkat keyakinan mereka bahwa setiap kejadian dalam ruang sampel akan terjadi. Karena kesubjektifitas manusia, tingkat keyakinan yang dihasilkan mungkin memiliki variansi yang jauh lebih besar daripada frekuensi yang sebenarnya dan kemudian teori probabilitas tidak lagi valid. Dalam situasi seperti ini, harus diatasi dengan teori ketidakpastian [8].

Secara mudah, variabel random tak pasti (*uncertain random variable*) adalah fungsi terukur yang memetakan elemen ruang probabilitas ke himpunan variabel tak pasti. Sebagai contoh, misal $(\Omega, \mathcal{A}, \text{Pr})$ adalah ruang probabilitas dimana $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}$. Jika $u_1, u_2, \dots, u_m$ adalah variabel tak pasti, maka fungsi

$$\xi(\omega) = \begin{cases} u_1, & \text{jika } \omega = \omega_1 \\ u_2, & \text{jika } \omega = \omega_2 \\ \dots & \\ u_m, & \text{jika } \omega = \omega_m \end{cases}$$

adalah variabel random tak pasti [9].

Andaikan ξ adalah variabel tak pasti dengan distribusi ketidakpastian $\Phi(x)$, jika k adalah bilangan integer positif, maka momen ke- k dari ξ didefinisikan sebagai [10]:

$$E[\xi^k] = \int_{-\infty}^{\infty} x^k d\Phi(x). \quad (2)$$

Misalkan variabel tak pasti ξ disebut linear jika mengikuti distribusi ketidakpastian linear

$$\Phi(x) = M \{ \xi \leq x \} = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{jika } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{jika } x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

yang dinotasikan dengan $L(a,b)$ dimana a dan b adalah bilangan riil dan $a < b$. Mean/ekspektasi dan variansi variabel random di atas adalah :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad E[\xi] &= \int_a^b x d\left(\frac{x-a}{b-a}\right) \\
 &= \frac{1}{b-a} \int_a^b x dx \\
 &= \frac{a+b}{2}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad E[\xi^2] &= \int_a^b x^2 d\left(\frac{x-a}{b-a}\right) \\
 &= \frac{1}{b-a} \int_a^b x^2 dx \\
 &= \frac{a^2 + b^2 + ab}{3} \\
 Var[\xi] &= E[\xi^2] - (E[\xi])^2 \\
 &= \frac{a^2 + b^2 + ab}{3} - \left(\frac{a+b}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{(b-a)^2}{12}
 \end{aligned} \tag{5}$$

3. Fungsi utilitas

Fokus dari fungsi utilitas dalam konteks ilmu aktuaria adalah utilitas dari uang atau harta atau kekayaan. Secara matematis, dibutuhkan suatu fungsi yang memetakan ukuran fisik/jumlah uang ke nilai uang yang dirasakan. Fungsi tersebut disebut fungsi utilitas dan dalam konteks kekayaan menjadi variabel random pada ruang probabilitas yang membutuhkan fungsi terukur pada ruang tersebut. Oleh karena itu fungsi utilitas adalah variabel random [2].

Atribut dasar dari fungsi utilitas adalah fungsi naik. Semakin banyak jumlah uang atau kekayaan maka fungsi utilitasnya juga semakin naik, sehingga berlaku

$$u'(x) > 0. \tag{6}$$

Berlaku juga sifat bahwa semakin banyak uang/kekayaan, maka setiap penambahan uang sebesar 1 akan memiliki nilai yang dirasakan semakin rendah (penurunan utilitas marginal),

$$u''(x) \leq 0. \tag{7}$$

Seorang penghindar risiko, seperti halnya tertanggung asuransi, fungsi utilitasnya adalah fungsi konkaf. Fungsi yang sering digunakan adalah fungsi eksponensial dan fungsi log, yang masing-masing ditunjukkan dalam persamaan (8) dan (9) berikut

$$u(x) = -\exp(-\alpha x), \quad \alpha > 0 \tag{8}$$

$$u(x) = \log(x). \tag{9}$$

4. Penentuan Batas Premi Asuransi Pertanian

Andaikan tertanggung memiliki modal tanam pada satu masa tanam sebanyak ω dengan fungsi

utilitas $u(\omega)$ dan besarnya risiko kerugian yang akan dihadapi selama masa tanam dinyatakan dengan variabel random tak pasti X , maka diasumsikan $0 \leq X \leq \omega$. Untuk mengeliminasi risiko tersebut, tertanggung akan membeli polis asuransi pertanian dengan premi sebesar H . Jika diasumsikan premi asuransi pertanian tersebut termasuk dalam biaya modal tanam yang disiapkan, maka modal tanam yang sebenarnya menjadi $(\omega - H)$ dengan fungsi utilitasnya menjadi $u(\omega - H)$. Namun, jika ia tidak membeli polis asuransi, maka nilai modal tanamnya menjadi $(\omega - X)$ dengan fungsi utilitasnya $u(\omega - X)$.

Tertanggung tentunya berharap besarnya premi yang harus dibayarkan jauh lebih kecil dari risiko kerugian yang nantinya akan dijamin oleh perusahaan asuransi, sehingga premi asuransi H harus memenuhi

$$u(\omega - H) \geq u(\omega - X) \quad (10)$$

dan batas maksimum besarnya premi yang diharapkan adalah nilai H^* yang memenuhi

$$u(\omega - H^*) = E(u(\omega - X)). \quad (11)$$

Andaikan μ dan σ^2 masing-masing menotasikan mean dan variansi X , maka dengan menggunakan ekspansi deret Taylor dari $u(\bullet)$ pada $(\omega - \mu)$ diperoleh :

$$u(\omega - H^*) \approx u(\omega - \mu) + (\mu - H^*)u'(\omega - \mu),$$

$$u(\omega - X) \approx u(\omega - \mu) + (\mu - X)u'(\omega - \mu)$$

$$+ \frac{1}{2}(\mu - X)^2 u''(\omega - \mu),$$

dan

$$E[u(\omega - X)] \approx u(\omega - \mu) + \frac{1}{2}\sigma^2 u''(\omega - \mu).$$

Berdasarkan persamaan 11, dapat diperoleh :

$$u(\omega - \mu) + (\mu - H^*)u'(\omega - \mu) \approx u(\omega - \mu) + \frac{1}{2}\sigma^2 u''(\omega - \mu), \text{ sehingga didapatkan nilai pendekatan untuk}$$

batas maksimum premi adalah

$$H^* \approx \mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{u''(\omega - \mu)}{u'(\omega - \mu)}. \quad (12)$$

Pada paper ini, diasumsikan risiko kerugian X , $0 \leq X \leq \omega$ adalah variabel random tak pasti linear dan dinotasikan $L(0, \omega)$. Fungsi utilitas tertanggung asuransi adalah fungsi utilitas eksponensial, $u(x) = -e^{-\alpha x}$. Berdasarkan persamaan (4), (5), dan (12), nilai pendekatan batas maksimum premi menjadi :

$$\hat{H}_\ell^* \approx \frac{\omega}{2} + \frac{\omega^2}{24}\alpha \quad (13)$$

dimana :

ω : modal tanam

α : konstanta, $\alpha > 0$.

Berdasarkan persamaan (13), terlihat bahwa semakin besar nilai ω atau α , maka batas maksimum akan menuju tak hingga. Oleh karena itu, nilai pendekatan ini bisa digunakan dengan mengkonversi ω menjadi $0 \leq \omega \leq 1$ dan mendefinisikan $\alpha \in (0, 1)$. Misalkan, seorang petani yang

memiliki modal untuk bertanam pada satu musim tanam sebesar Rp.6.000.000,-, maka premi wajar yang seharusnya dibayarkan tidak boleh lebih dari Rp.3.025.000,- ($\alpha=0,1$).

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai pendekatan batas maksimum premi asuransi pertanian dengan mempertimbangkan modal tanam dapat menjadi alternatif penghitungan batas maksimum premi yang mudah dalam penerapannya. Namun, memiliki kekurangan yakni ketika digunakan variabel random tak pasti linear dan fungsi utilitas eksponensial, nilai pendekatan ini bisa digunakan hanya dengan mengkonversi ω menjadi $0 \leq \omega \leq 1$ dan nilai $\alpha \in (0,1)$.

Selanjutnya, dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan pendekatan variabel random tak pasti yang lain atau fungsi utilitas yang lain.

Daftar Pustaka

- [1] Liu, Y., Li, X., dan Liu YL., 2015, The Bounds of Premium and Optimality of Stop Loss Insurance Under Uncertain Random Environments, *Insurance : Mathematics and Economics*, Vol 64, hal. 273-278.
- [2] Gerber, H.U., dan Pafumi, G., 1999, Utility Functions : From Risk Theory to Finance, *North American Actuarial Journal*, Vol 2 (3), hal 74-100.
- [3] Aceng, K.M., Kudus, A., dan Karyana, Y., 2016, Metode Parametrik untuk Menghitung Premi Program Asuransi Usaha Tani Padi di Indonesia, *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (Ethos)*, Vol. 4 (2), hal 318-326.
- [4] Putri, I.A.G.K., Dharmawan, K., dan Tastrawati, N.K.T., 2017, Perhitungan Harga Premi Asuransi Pertanian yang Berbasis Indeks Curah Hujan Menggunakan Metode Black Scholes, *E-Jurnal Matematika*, Vol. 6 (2), hal 161-167.
- [5] Qosim, S., Dharmawan, K., dan Harini, L.P.I., 2018, Penentuan Harga Premi Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Curah Hujan dengan Menggunakan Metode Pembangkit Distribusi Eksponensial Campuran, *E-Jurnal Matematika*, Vol 7 (2), hal 141-147.
- [6] Liu, B, *Uncertainty Theory 2nd Edition*, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [7] Liu, B, 2009a, Some Research Problems in Uncertainty Theory, *J. Uncertain Syst*, Vol 3(1), hal 3-10..
- [8] Liu, B, 2012a, Why is There A Need for Uncertainty Theory?, *J. Uncertain Syst*, Vol 6(1), hal 3-10.
- [9] Liu, Y., 2013, Uncertain Random Variables : A Mixture of Uncertainty and Randomness, *Soft Comput*, Vol 17, hal 625-634.
- [10] Gao, H., dan Wang, X., 2014, Variance of Uncertain Random Variables, *Journal of Uncertainty Analysis and Applications*, Vol 2 (6).

Pemodelan Linear dan Pendugaan Pengaruh Kompetisi Antartanaman dalam Percobaan Lapangan

Dadan Kusnandar¹, Naomi Nessyana Debataraja^{2*} dan Nurfitri Imro'ah³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia
E-mail:dkusnand@untan.ac.id; naominessyana@math.untan.ac.id*; nurfitriimroah18@gmail.com

Abstrak

Model spasial dua dimensi digunakan untuk menduga pengaruh kompetisi antartanaman yang saling berdekatan. Data yang digunakan adalah data hasil percobaan pengaruh pemupukan terhadap produksi berat buah tandan segar kelapa sawit per pohon selama enam bulan. Model yang melibatkan pengaruh kompetisi antartanaman kemudian dibandingkan dengan model tanpa pengaruh kompetisi. Nilai MSE digunakan sebagai dasar perbandingan kedua model. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan di dalam kedua model. Oleh karena itu tidak dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk membandingkan pengaruh perlakuan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model biasa (model Anova) menghasilkan nilai MSE yang lebih kecil dari model dengan pengaruh kompetisi. Jarak tanam yang lebar (9m) pada perkebunan kelapa sawit telah secara efektif mengurangi pengaruh kompetisi antartanaman.

Abstract

Two-dimensional spatial models are used to predict the influence of inter-plant competition. The data are obtained from experimental trial to investigate the effect of fertilization on the production of oil palm fresh fruit bunches per tree for the period of six months. Model involving the influence of inter-plant competition are then compared with models without the influence of competition. The comparison was based on the MSE of the models. Both model showed no significance of the treatment effects, hence no further calculation was carried out to compare the treatment effects. The study also showed that the ordinary model (Anova model) resulted in a smaller MSE than the competition model. The 9m spacing between trees seems to have effectively reduced the competition effect between the neighboring trees.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 7 Des 2018

Diterima 18 Des 2018

Kata Kunci:

Pengaruh kompetisi

Analisis varians

Model spasial

Kelapa sawit

Keyword:

Competition effects

Analysis of variance

Spatial model

Palm oil

1. Latar Belakang

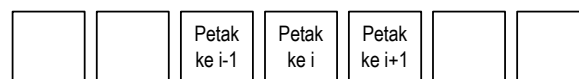
Pengamatan terhadap pengaruh interaksi antara tanaman dengan lingkungan di sekitarnya dan ketergantungan terhadap pengaruh spasial dalam percobaan lapangan, merupakan tantangan bagi para statistisi sejak beberapa dasawarsa yang lalu. Prinsip-prinsip pengacakan, pemblokkan dan pengulangan seperti yang diusulkan oleh R.A. Fisher pada tahun 1930an pada dasarnya merupakan usaha untuk mencoba mengeliminasi pengaruh-pengaruh tersebut.

Tanaman yang berdekatan pada umumnya akan terpengaruhi oleh lingkungan mikro yang relatif hampir sama dibandingkan dengan tanaman yang letaknya berjauhan, sehingga pengamatan terhadap tanaman yang berdekatan akan menghasilkan korelasi spasial yang bernilai positif. Di lain pihak, dengan bertambahnya usia tanaman pengaruh kompetisi antartanaman yang berdekatan akan semakin kuat, sehingga pengamatan yang dihasilkan cenderung mempunyai korelasi yang bernilai negatif [1]. Kedua fenomena tersebut dapat terjadi pada setiap percobaan lapangan dan hampir tidak mungkin untuk memisahkan keduanya.

Selama empat dasawarsa terakhir berbagai metode telah diajukan dalam usaha untuk mengeliminasi pengaruh lingkungan mikro tersebut (misalnya [2] dan [3]). Wilkinson, *et al*

mengembangkan analisis *Nearest Neighbour* (NN) untuk memperbaiki metode sebelumnya dan berhasil menghilangkan bias yang dihasilkan [2]. Sedangkan Cullis dan Gleeson mengembangkan prosedur analisis spasial satu dimensi ke analisis spasial dua dimensi dengan memodelkan galat percobaan [3]. Metode-metode pendekatan yang diajukan pada umumnya dilakukan melalui pemodelan pengaruh galat percobaan bagi setiap individu/satuan percobaan [3], [4], [5]. Grondona, *et al* menerapkan prosedur analisis spasial dua dimensi terhadap galat percobaan dari percobaan lapangan dengan rancangan blok tak lengkap. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa analisis spasial lebih efisien dalam mengurangi variasi residual daripada analisis blok tak lengkap [4]. Sedangkan Gilmour, *et. al* melakukan identifikasi model dari variasi spasial dalam galat dari percobaan lapangan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa, walaupun tidak ada satu modelpun yang cukup layak untuk semua percobaan lapangan, namun model AR yang terpisah dapat digunakan [5].

Penerapan metode spasial terhadap pengaruh galat percobaan menjadi tidak relevan ketika digunakan untuk melakukan pemodelan pengaruh kompetisi antar tanaman. Hal ini terjadi karena kompetisi antartanaman tidak hanya mempengaruhi galat percobaan saja, tetapi dapat mempengaruhi nilai pengamatan setiap individu secara keseluruhan. R.A. Kempton pada tahun 1982 mengajukan metode untuk mengatasi pengaruh kompetisi antar petak percobaan, dimana petak-petak percobaan tersebut disusun berdampingan dalam suatu baris tunggal (Gambar 1)[6].



Gambar 1 Petak percobaan dalam satu baris tunggal.

Dalam situasi yang paling sederhana, dimana setiap petak hanya berkompetisi dengan petak yang paling dekat dengannya, model yang diajukan [6] adalah sebagai berikut:

$$y_{ik} = \rho \left(\frac{1}{2} y_{i-1} + \frac{1}{2} y_{i+1} \right) + \beta_k + e_{ik} \quad (1)$$

dimana y_{ik} adalah pengamatan dalam petak ke- i ($i = 1, \dots, n$) yang mendapat pengaruh perlakuan ke- k ($k = 1, \dots, t$); ρ adalah pengaruh kompetisi antartanaman; β_k adalah pengaruh perlakuan ke- k yang merupakan pengaruh tetap (*fixed effect*); dan e_{ik} adalah pengaruh galat acak (*random error*) yang diasumsikan berdistribusi Normal dengan rata-rata sama dengan nol dan varians sama dengan σ^2 .

Model dalam Persamaan (1) dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{e} \quad \text{atau} \quad (\mathbf{I} - \rho \mathbf{W}) \mathbf{y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{e} \quad (2)$$

dimana ρ adalah pengaruh kompetisi antar tanaman; $\mathbf{I}$ adalah matriks identitas berukuran $n \times n$; $\mathbf{W}$ adalah matriks pembobot berukuran $n \times n$ dengan elemen $w_{i,i-1} = w_{i,i+1} = \frac{1}{2}$ dan $w_{i,j} = 0$ untuk i, j lainnya; $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor pengaruh tetap berukuran $t \times 1$ dengan matriks insiden $\mathbf{X}$ yang bersesuaian yang berukuran $n \times t$ dan $\mathbf{e}$ adalah vektor galat acak berukuran $n \times 1$.

D. Kusnandar dan N.W. Galwey tahun 2009 menerapkan model kompetisi antartanaman pada hutan tanaman *Pinus pinaster* Aitdi Australia Barat yang ditanam dengan jarak tanam berbentuk bujur sangkar berukuran $3\text{m} \times 3\text{m}$. Model yang digunakan adalah perluasan dari model pada persamaan (2) ke dalam model spasial dua dimensi dengan melibatkan empat pohon kompetitor yang paling berdekatan dengan pohon yang diamati. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengaruh kompetisi antartanaman secara konsisten menjadi semakin kuat dengan semakin bertambahnya usia tanaman [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model kompetisi antartanaman. Model kompetisi yang digunakan merupakan perluasan dari persamaan (2) ke dalam model spasial dua

dimensi ketika jarak tanam individu tidak lagi berbentuk bujursangkar tetapi berbentuk jajaran genjang.

2. Tinjauan Pustaka

Pengaruh kompetisi antartanaman biasanya terjadi ketika ketersediaan sumber makanan, seperti cahaya atau unsur hara, menjadi sangat terbatas dan tanaman tersebut harus berbagi makanan dengan tanaman di sekitarnya [8]. Fenomena ini umumnya timbul ketika usia tanaman tersebut semakin tua dan memerlukan jumlah makanan yang lebih banyak. Pemodelan linear dalam menganalisis hasil suatu percobaan telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Asumsi klasik yang biasa digunakan bahwa nilai pengamatan suatu individu bersifat bebas dari nilai pengamatan individu yang lainnya tidak selalu bisa dipenuhi karena adanya kemungkinan autokorelasi. Pemodelan pengaruh autokorelasi positif antarindividu biasanya dilakukan melalui pemodelan terhadap galat percobaan untuk setiap individu di dalam percobaan [4], [5], [6].

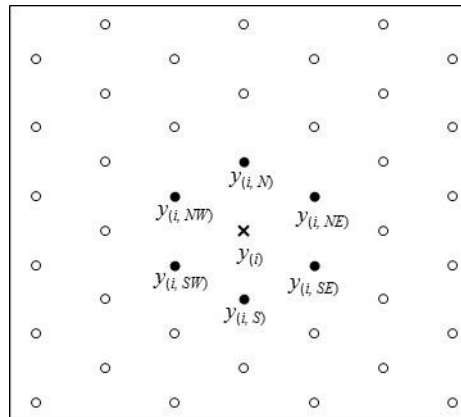
Kompetisi antartanaman yang berdekatan dapat terjadi seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Ketersediaan sumber makanan menjadi tidak mencukupi. Hal ini dapat menimbulkan pengaruh autokorelasi negatif antartanaman yang berdekatan. Berbeda dengan pengaruh autokorelasi positif, pemodelan pengaruh kompetisi antartanaman yang berdekatan pada umumnya diasumsikan berpengaruh terhadap setiap nilai pengamatan dan tidak terhadap galat percobaan [1], [9].

Pemodelan terhadap pertumbuhan diameter pohon untuk distribusi geografis suatu jenis hutan alam campuran dilakukan di Chile [10]. Pemodelan dilakukan dengan membandingkan dua prosedur pemilihan variabel, yaitu *cross-validation* dan *LASSO regression*. Sejumlah kecil prediktor berhasil menjelaskan sebagian besar pertambahan tahunan dalam diameter, terutama variabel yang terkait dengan kompetisi baik pada tingkat pohon maupun tegakan.

Penggunaan indeks kompetisi individual pohon untuk memodifikasi struktur bahan bakar dan mengubah lingkungan dalam rangka mengurangi bahaya kebakaran pada hutan jenis konifer di West Montana, AS [11]. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa persaingan adalah penentu pertumbuhan yang penting di hutan-hutan ini dan bahwa persaingan bervariasi secara lokal, dengan kepadatan pohon yang bervariasi dan struktur tegakan yang relatif kompleks menciptakan kondisi lingkungan yang heterogen.

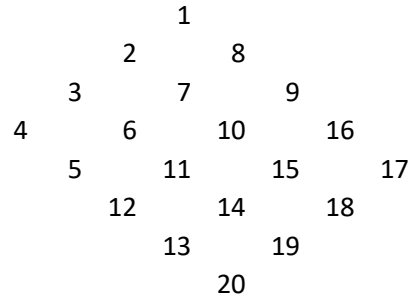
3. Prosedur Percobaan

Dalam penelitian ini, pemodelan pengaruh kompetisi dilakukan pada tanaman kelapa sawit. Berbeda dengan tanaman hutan atau tanaman perkebunan lainnya yang biasanya ditanam dalam plot berbentuk bujursangkar, tanaman kelapa sawit ditanam dalam plot berbentuk jajaran genjang. Setiap individu mempunyai enam kompetitor yang merupakan individu-individu yang terletak paling berdekatan dengan individu yang diamati. Gambar 2 menunjukkan posisi suatu individu $y_{(i)}$ (ditandai dengan $\times$) dengan ke enam kompetitornya, yaitu $y_{(i, N)}$, $y_{(i, NE)}$, $y_{(i, SE)}$, $y_{(i, S)}$, $y_{(i, SW)}$, dan $y_{(i, NW)}$, (masing-masing ditandai dengan $\bullet$), sedangkan individu lainnya ditandai dengan $\circ$.



Gambar 2 Posisi suatu individu (x) dengan enam kompetitornya (●).

Data yang digunakan di dalam penelitian ini merupakan bagian dari data hasil percobaan berbagai jenis dan dosis pupuk terhadap tanaman kelapa sawit. Dalam penelitian ini, analisis data difokuskan pada percobaan dengan rancangan acak kelompok dengan tiga taraf pemupukan K, yaitu pemberian pupuk MOP (*Muriate of Potash*) yang mengandung 60% K_2O . Dosis yang digunakan adalah 0,75; 2,5 dan 6 kg/pohon/tahun. Percobaan diulang tiga kali. Terdapat sembilan plot berbentuk jajaran genjang yang masing-masing terdiri atas 20 pohon per plot dengan jarak tanam antarpohon 9 m. Setiap plot dikelilingi dengan parit isolasi sedalam 1,5m. Konvensi penomoran pohon di dalam setiap plot disajikan di dalam Gambar 3. Variabel yang diamati adalah data produksi berat tandan buah segar per pohon selama enam bulan.



Gambar 3 Konvensi penomoran pohon kelapa sawit di dalam setiap plot.

Berdasarkan rancangan percobaan yang digunakan, yaitu Rancangan Acak Kelompok, maka model konvensional bagi percobaan ini adalah sebagai berikut (lihat misalnya [12]):

$$y_{ijk} = \mu + r_i + \beta_k + e_{i(k)} + \eta_{j(ik)} \quad (3)$$

dimana y_{ijk} adalah pengamatan berat tandan buah segar dari pohon ke j ($j = 1, 2, \dots, 20$) dalam blok/kelompok ke i ($i = 1, 2, 3$) yang mendapat perlakuan pemupukan ke k ($k = 1, 2, 3$); r_i adalah blok/kelompok ke i ; β_k adalah pengaruh perlakuan ke k ; $e_{i(k)}$ adalah pengaruh galat percobaan; dan $\eta_{j(ik)}$ adalah pengaruh galat sampling. Galat percobaan diasumsikan berdistribusi Normal dengan rata-rata sama dengan nol dan varians σ^2 ; galat sampling diasumsikan berdistribusi Normal dengan rata-rata sama dengan nol dan varians σ_{η}^2 serta $e_{i(k)}$ dan $\eta_{j(ik)}$ bersifat saling bebas.

Misalkan ρ adalah parameter pengaruh kompetisi antarindividu. Pengembangan Model (1) dan Model (3) ke dalam dimensi dua yang melibatkan enam kompetitornya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_{ijk} = \rho \left(\frac{1}{6} y_{(j,N)} + \frac{1}{6} y_{(j,NE)} + \frac{1}{6} y_{(j,SE)} + \frac{1}{6} y_{(j,S)} + \frac{1}{6} y_{(j,SW)} + \frac{1}{6} y_{(j,NW)} \right) + r_i + \beta_k + e_{i(k)} + \eta_{j(ik)} \quad (4)$$

dimana notasi yang digunakan di dalam persamaan (4) sama dengan dalam persamaan (3) dengan penambahan $y_{(j,N)}, y_{(j,NE)}, \dots, y_{(j,NW)}$ adalah nilai pengamatan dari enam pohon kompetitor yang bertetangga dengan individu ke- j . Jika nilai ρ diketahui, maka dapat ditentukan variabel $x_{ijk} = y_{ijk} - \rho \left(\frac{1}{6} y_{(j,N)} + \frac{1}{6} y_{(j,NE)} + \frac{1}{6} y_{(j,SE)} + \frac{1}{6} y_{(j,S)} + \frac{1}{6} y_{(j,SW)} + \frac{1}{6} y_{(j,NW)} \right)$ yang nilai-nilainya merupakan gabungan dari nilai-nilai pengamatan y_{ijk} . Oleh karena itu, persamaan (4) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_{ijk} - \rho \left(\frac{1}{6} y_{(j,N)} + \frac{1}{6} y_{(j,NE)} + \frac{1}{6} y_{(j,SE)} + \frac{1}{6} y_{(j,S)} + \frac{1}{6} y_{(j,SW)} + \frac{1}{6} y_{(j,NW)} \right) = r_i + \beta_k + e_{i(k)} + \eta_{j(ik)}$$

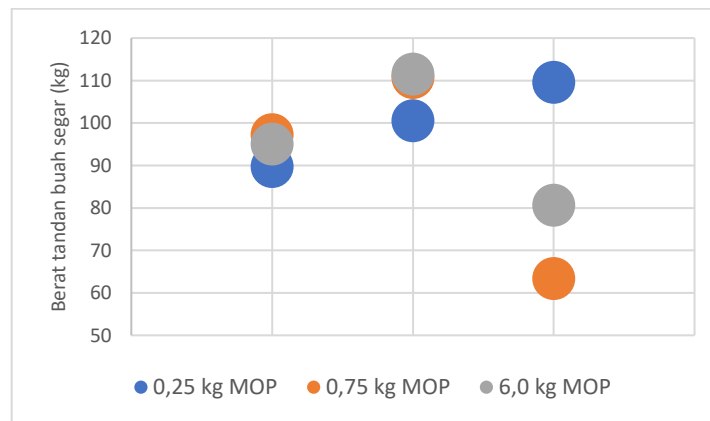
atau

$$x_{ijk} = r_i + \beta_k + e_{i(k)} + \eta_{j(ik)} \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan bentuk lain dari persamaan (3), sehingga pendugaan bagi parameter di dalam model dapat ditentukan dengan metode yang sama.

4. Hasil dan Pembahasan

Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah berat tandan buah segar tanaman kelapa sawit sebagai akumulasi hasil panen selama enam bulan. Pengamatan terhadap data menunjukkan adanya keragaman yang cukup besar dalam berat tandan buah segar tanaman kelapa sawit dari satu pohon ke pohon lainnya. Rata-rata berat tandan buah segar yang dihasilkan disajikan di dalam Gambar 4.



Gambar 4 Rata-rata berat tandan buah segar tiap perlakuan.

Keragaman data yang tinggi dari satu pohon ke pohon lainnya tidak hanya terjadi dalam satu perlakuan, tetapi juga terjadi di dalam setiap blok. Hal ini dapat menyebabkan tidak terdeteksinya pengaruh perlakuan (pemupukan MOP) di dalam percobaan ini. Analisis varians dengan menggunakan model dalam Persamaan (3) disajikan di dalam Tabel 2. Pengaruh Blok diperlakukan sebagai faktor acak dalam model ini.

Tabel 1 Analisis varians bagi berat tandan buah segar per pohon kelapa sawit

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	Nilai-p
Pupuk MOP	2	2.726	1.363	0,26	0,785
Blok	2	16.111	8.056	1,52	0,322
Galat Percobaan	4	21.173	5.293	2,17	0,074
Galat Sampling	171	416.739	2.437		
Total	179	456.750			

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemupukan MOP tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produksi berat tandan buah segar kelapa sawit. Hal ini ditunjukkan dengan nilai- p yang besar (nilai- $p = 0,785$). Koefisien keragaman bagi data tersebut adalah 51,76%. Deteksi terhadap kemungkinan adanya pengaruh kompetisi antartanaman dilakukan dengan menggunakan model dalam Persamaan (5). Nilai x_{ijk} dalam Persamaan (5) diperoleh dengan menentukan nilai ρ terlebih dahulu. Jika terdapat kompetisi antartanaman, maka pengaruh kompetisi cenderung akan membangkitkan korelasi negatif antartanaman yang berdekatan [1]. Oleh karena itu nilai ρ dapat dipilih $-1 < \rho < 0$. Nilai x_{ijk} kemudian dapat ditentukan sebagai berikut:

$$x_{ijk} = y_{ijk} - \rho \left(\frac{1}{6} y_{(j,N)} + \frac{1}{6} y_{(j,NE)} + \frac{1}{6} y_{(j,SE)} + \frac{1}{6} y_{(j,S)} + \frac{1}{6} y_{(j,SW)} + \frac{1}{6} y_{(j,NW)} \right)$$

dengan $y_{(j,N)}, y_{(j,NE)}, \dots, y_{(j,NW)}$ adalah nilai pengamatan dari pohon-pohon yang berdekatan dengan posisi y_{ijk} . Dalam penelitian ini ditentukan beberapa nilai ρ , kemudian dengan menggunakan analisis varians dengan model (5), dipilih nilai ρ yang menghasilkan kuadrat tengah galat percobaan terkecil. Tabel 2 menyajikan ringkasan dari tabel analisis varians untuk berbagai nilai ρ .

Tabel 2 Analisis varians dengan pengaruh kompetisi antartanaman

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat tengah					
		$\rho = 0$	$\rho = -0,1$	$\rho = -0,3$	$\rho = -0,5$	$\rho = -0,7$	$\rho = -0,9$
Pupuk MOP	2	1.363	1.601	2.135	2.746	3.435	4.201
Blok	2	8.056	9.234	11.842	14.787	18.068	21.685
Galat Percobaan	4	5.293	6.465	9.160	12.327	15.964	20.072
Galat Sampling	171	2.437	2.419	2.411	2.442	2.512	2.620

Nilai ρ yang menghasilkan kuadrat tengah galat percobaan terkecil adalah ketika $\rho = -0,1$, sementara nilai ρ yang lainnya cenderung menghasilkan nilai kuadrat tengah galat percobaan yang semakin besar. Namun demikian, nilai kuadrat tengah galat percobaan yang dihasilkan ketika $\rho = -0,1$ masih lebih besar dari nilai kuadrat tengah galat percobaan ketika model tidak menyertakan pengaruh kompetisi antartanaman. Data penelitian ini tidak menunjukkan adanya pengaruh kompetisi antartanaman. Hal ini mungkin terjadi karena jarak tanam kelapa sawit (9m) yang sudah sesuai dengan rekomendasi beberapa institusi penghasil benih mengenai pola tanam yaitu 8,8 m [14]. Jarak tanam yang lebar antartanaman kelapa sawit nampaknya telah secara efektif menghilangkan pengaruh kompetisi antartanaman dalam kebun kelapa sawit.

5. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan model linear untuk mendeteksi adanya pengaruh

kompetisi antartanaman dengan memperluas model pengaruh kompetisi sebelumnya dari model satu dimensi menjadi model dengan dua dimensi. Penerapan model dua dimensi ke dalam tanaman kelapa sawit menghasilkan ketetanggaan antar tanaman yang berdekatan berbentuk segi enam. Hal ini terjadi karena jarak tanam pohon kelapa sawit berbentuk jajaran genjang, tidak berbentuk bujursangkar atau persegi panjang seperti pada tanaman perkebunan/kehutanan lainnya. Jarak tanam yang lebar nampaknya telah secara efektif menghilangkan pengaruh kompetisi antartanaman.

Dalam penelitian ini, pengaruh kompetisi (ρ) ditentukan secara *trial and error* semata-mata untuk keperluan praktis. Pendugaan bagi pengaruh kompetisi dapat dilakukan secara lebih akurat dengan menggunakan metode maksimum likelihood dalam dua tahap secara iteratif [13].

Daftar Pustaka

- [1] Bartlett, M. S. 1978. Nearest neighbour models in the analysis of field experiments. *J. R. Stat. Soc. Ser. B.* **40**: 147–174.
- [2] Wilkinson, G. N., Eckert, S. R., Hancock, T and Mayo, O. 1983. Nearest Neighbour (NN) analysis of field experiments. *J. R. Stat. Soc. Ser. B.* **45**: 151–211.
- [3] Cullis, B. R. and Gleeson, A. C. 1991. Spatial analysis of field experiments - An extension to two dimensions. *Biometrics.* **47**: 1449–1460.
- [4] Grondona, M. O., Crossa, J., Fox, P. N. and Pfeiffer, W. H. 1996. Analysis of variety yield trials using two-dimensional separable ARIMA processes. *Biometrics.* **52**: 763–770.
- [5] Gilmour, A. R., Cullis, B. R. and Verbyla, A. P. 1997. Accounting for natural and extraneous variation in the analysis of field experiments. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* **2**: 269–293.
- [6] Kempton, R. A. 1982. Adjustment for competition between varieties in plant breeding trials. *J. Agric. Sci. Cambridge.* **98**: 599 – 611.
- [7] Kusnandar, D and Galwey, N. W. 2009. A Linear Mixed Model for Two-Dimensional Competition between Neighbouring Trees in Forestry Trials: Model Testing in a Plantation of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Western Australia. *Proc. of the IMT-GT: International Conference on Mathematics, Statistics, and their Applications 2009*, pp. 322–327.
- [8] Magnussen, S. 1994. A method to adjust simultaneously for spatial microsite and competition effects. *Can. J. For. Res.* **24**: 985–995.
- [9] Kocher, S. D. and Harris, R. 2007. Tree Growth and Competition. *Univ. Calif. Agric. Nat. Resour.*, pp. 1–10.
- [10] Moreno, P. C., Palmas, S., Escobedo, F. J., Cropper, W. P. and Gezan, S. A. 2017. Individual-tree diameter growth models for mixed *Nothofagus* second growth forests in southern Chile. *Forests.* **8** (12): 1–19.
- [11] Contreras, M. A., Affleck, D. and Chung, W. 2011. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. *For. Ecol. Manage.* **262** (11): 1939–1949.
- [12] Nugroho, S. 2008. *Rancangan Percobaan Dasar-Dasar*. Unib Press, Bengkulu.
- [13] Cressie, N. A. C. *Statistics for Spatial Data (revised edition)*. 2015. John Wiley & Sons, Canada.
- [14] Pahan, I. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. 2008. Penebar Swadaya, Jakarta.

A Note on a Normal Subgroup and an Ideal

Mahmudi

Department of Mathematics, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia
E-mail: mahmudi@unsyiah.ac.id

Abstrak

Grup Bagian Normal (subgrup normal) memainkan peran penting dalam aljabar grup. Grup bagian H di G didefinisikan normal jika dan hanya jika koset kiri H di G sama dengan koset kanan H di G . Penelitian ini merupakan kajian literatur dan membahas detail alasan penamaan subgrup normal, terutama terkait dengan pembentukan grup faktor. Lebih lanjut, dibahas juga dasar pendefinisian ideal pada pembentukan ring (gelanggang) faktor.

Abstract

Normal subgroup plays an important role in group algebra. A subgroup H of a group G is called a normal subgroup of G if $xH = Hx$ for all $x \in G$. This research is literature review and discuss the reason for subgroup to be defined a normal. Furthermore, we also discuss the definition of an ideal that used to form a ring factor.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 11 Des 2018

Diterima 19 Des 2018

Kata Kunci:

Grup bagian normal

Grup bagian

Koset kiri

Koset kanan

Grup faktor

Ideal

Gelanggang faktor

Keyword:

Normal subgroup

Subgroup

Left coset

Right coset

Group factor

Ideal

Ring factor

1. Pendahuluan

Struktur himpunan semua bilangan bulat, yang dinotasikan $\mathbb{Z}$, merupakan miniatur dalam pengembangan struktur grup dan struktur gelanggang. Salah satu contohnya adalah terbentuknya himpunan $\mathbb{Z}_n$, yaitu himpunan semua kelas ekivalen modulo n , melalui relasi ekivalen. Konsep ini dikembangkan dalam teori grup dan teori gelanggang untuk membentuk grup faktor dan gelanggang faktor dari struktur yang sudah ada [1].

Secara umum, pembelajaran teori grup dan teori gelanggang memiliki kemiripan. Diawali dengan pengertian grup dan gelanggang serta contoh-contohnya. Selanjutnya, diperkenalkan himpunan bagian dari grup atau gelanggang yang memiliki struktur grup (gelanggang) terhadap operasi yang sama. Pada teori grup dinamakan grup bagian (*subgroup*), sementara pada teori gelanggang dinamakan dengan gelanggang bagian (*ring factor*). Diikuti dengan pembahasan homomorfisma, yaitu hubungan antar grup atau gelanggang, berurutan dinamakan dengan homomorfisma grup dan homomorfisma gelanggang [2].

Lebih lanjut, berdasarkan grup maupun gelanggang yang sudah ada dibentuk grup ataupun gelanggang yang baru. Struktur yang baru ini dinamakan grup faktor pada teori grup dan gelanggang faktor pada teori gelanggang [3].

Salah satu hal yang menarik dalam pembentukan grup faktor adalah diperkenalkan subgrup yang bersifat normal dan juga diperkenalkan konsep ideal dalam pembentukan gelanggang faktor. Beberapa referensi langsung menuliskan definisi subgrup normal pada pembahasan grup faktor dan definisi ideal pada pembahasan gelanggang faktor.

Penulisan definisi tanpa alasan yang memadai membuat penulis tertarik untuk menyelidiki

ide dasar definisi subgrup normal dan ideal. Dengan harapan, hasil telaahan tersebut dapat memberikan gambaran bahwa definisi maupun teorema yang dipelajari dalam aljabar abstrak bukan merupakan sesuatu yang muncul begitu saja. Tulisan ini mengkaji alasan pendefinisian grup bagian normal dan ideal dalam pembentukan grup faktor dan gelanggang faktor.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1. Operasi Biner

Operasi biner pada suatu himpunan tak kosong A adalah pemetaan f dari $A \times A$ ke A [3]. Dengan demikian, untuk sebarang $(x, y) \in A \times A$ maka $f((x, y)) \in A$ dan tunggal. Operasi biner menjamin sifat tertutup dan *well defined*. Notasi $f((x, y))$ bukan merupakan notasi yang umum dikenal, notasi $*$ lebih sering digunakan dibandingkan notasi f . Artinya, $x * y$ menunjukkan sebarang operasi biner pada himpunan A . Notasi $\langle A, * \rangle$ dapat dibaca sebagai himpunan A yang dilengkapi operasi biner $*$ [4].

Pembaca diasumsikan sudah memahami sifat-sifat operasi biner seperti komutatif, asosiatif, elemen identitas, dan elemen balikan. Himpunan yang dilengkapi dengan satu operasi biner maupun dua operasi biner serta memenuhi sifat-sifat tertentu memiliki nama tersendiri.

2.2. Grup, Grup Bagian, dan Homomorfisma Grup

Misalkan G himpunan tak kosong yang dilengkapi operasi biner $*$, dinotasikan $\langle G, * \rangle$. Himpunan G dinamakan grup terhadap operasi $*$ jika memenuhi tertutup, asosiatif, elemen identitas, dan elemen balikan. Lebih jauh, jika operasi $*$ bersifat komutatif maka $\langle G, * \rangle$ dinamakan grup komutatif [5].

Sebagai contoh, dapat mudah dibuktikan bahwa $\langle \mathbb{Z}, + \rangle$ merupakan grup [6], tetapi $\langle \mathbb{Z}, \times \rangle$ bukan merupakan grup. Contoh tersebut dapat dikembangkan atas himpunan yang lebih besar, seperti himpunan semua bilangan rasional, $\mathbb{Q}$ dan himpunan semua bilangan real, $\mathbb{R}$. Dua himpunan tersebut merupakan grup terhadap operasi penjumlahan.

Salah contoh lain yang sangat menarik adalah himpunan semua kelas ekuivalen modulo n , yaitu $\mathbb{Z}_n$. Himpunan tersebut merupakan grup terhadap operasi penjumlahan modulo n . Contoh ini menarik dikarenakan ide pembentukan himpunan $\mathbb{Z}_n$ dari himpunan $\mathbb{Z}$ diperumum untuk membentuk grup baru dari grup yang sudah ada.

Sudah diketahui bahwa $\mathbb{Z}$ dan $\mathbb{Q}$ merupakan himpunan bagian dari $\mathbb{R}$. Hal ini mendasari munculnya definisi grup bagian. Himpunan bagian tak kosong H dari grup G didefinisikan sebagai grup bagian dari G jika H juga merupakan grup terhadap operasi yang sama dengan G [6]. Selain itu, pembuktian suatu himpunan bagian merupakan grup bagian dapat juga menggunakan teorema. Misalkan $\langle G, * \rangle$ adalah grup dan H himpunan bagian tak kosong dari G , maka $\langle H, * \rangle$ dinamakan grup bagian dari $\langle G, * \rangle$ jika memenuhi kondisi

- (i) $a * b \in H$
- (ii) $a^{-1} \in H$

untuk setiap $a, b \in H$ [4].

Dapat dengan mudah dibuktikan bahwa $3\mathbb{Z}$ merupakan grup bagian dari $\mathbb{Z}$. Secara umum, $n\mathbb{Z}$ merupakan grup bagian dari $\mathbb{Z}$.

Hubungan antar grup dinamakan dengan homomorfisma. Pemetaan f dari $\langle G_1, * \rangle$ ke $\langle G_2, \odot \rangle$ didefinisikan sebagai homomorfisma grup jika memenuhi

$$f(a * b) = f(a) \odot f(b)$$

untuk semua $a, b \in G_1$ [1].

Pemahaman mengenai gelanggang memiliki kemiripan dengan konsep grup. Jika struktur grup dilengkapi satu operasi biner, maka gelanggang merupakan struktur yang dilengkapi dengan dua operasi biner.

2.3. Gelanggang, Gelanggang Bagian, dan Homomorfisma Gelanggang

Berdasarkan pemahaman mengenai grup, gelanggang R dapat didefinisikan sebagai himpunan tak kosong yang dilengkapi dua operasi biner, dinotasikan $\langle R, \oplus, \otimes \rangle$, dan memenuhi

- I. $\langle R, \oplus \rangle$ merupakan grup komutatif,
- II. $\langle R, \otimes \rangle$ bersifat asosiatif, dan
- III. $\langle R, \oplus, \otimes \rangle$ bersifat distributif.

Operasi biner $\oplus$ dan $\otimes$ berturut-turut dinamakan operasi penjumlahan dan perkalian [2].

Sebagai contoh, $\langle \mathbb{Z}, +, \times \rangle$, $\langle \mathbb{Q}, +, \times \rangle$, dan $\langle \mathbb{R}, +, \times \rangle$ merupakan gelanggang. Himpunan $\mathbb{Z}_n$ juga membentuk grup terhadap operasi penjumlahan dan perkalian modulo n .

Gelanggang bagian didefinisikan sebagai berikut. Misalkan R_1 adalah gelanggang dan R_2 himpunan bagian tak kosong dari R_1 . Himpunan R_2 merupakan gelanggang bagian dari R_1 jika R_2 merupakan gelanggang terhadap operasi yang sama dengan R_1 [3]. Gelanggang bagian juga dapat dilakukan uji sebagaimana grup bagian, yaitu untuk menentukan suatu himpunan bagian merupakan gelanggang bagian atau bukan.

Himpunan bagian tak kosong R_2 merupakan gelanggang bagian dari R_1 jika dan hanya jika R_2 tertutup terhadap pengurangan dan perkalian, yaitu $a - b \in R_2$ dan $ab \in R_2$ untuk setiap $a, b \in R_2$ [2]. Elemen $-b$ merupakan balikan dari elemen b terhadap operasi penjumlahan.

Untuk memudahkan operasi penjumlahan dan perkalian pada gelanggang dinotasikan $+$ dan $\times$ dengan asumsi operasi penjumlahan dan perkalian yang menyesuaikan struktur himpunan yang diberikan. Pada umumnya, notasi perkalian tidak dituliskan, artinya $a \times b$ cukup dituliskan ab .

Dengan cara serupa, pemetaan f dari gelanggang R_1 ke gelanggang R_2 dinamakan homomorfisma gelanggang jika f mempertahankan operasi biner, yaitu

$$f(a + b) = f(a) + f(b)$$

dan

$$f(ab) = f(a)f(b)$$

untuk setiap $a, b \in R_1$ [1].

2.4. Relasi Ekuivalen pada Grup

Subbab ini merupakan awal pembahasan utama pembahasan dalam tulisan ini. Sebagaimana telah ditulis pada Bagian Pendahuluan, bahwa melalui relasi ekuivalen pada himpunan $\mathbb{Z}$ dapat dibentuk himpunan $\mathbb{Z}_n$. Telah diketahui juga, bahwa kedua himpunan tersebut mempunyai struktur grup dan gelanggang.

Misalkan n bilangan bulat positif dan $a, b \in \mathbb{Z}$, maka dapat dibuktikan bahwa relasi

$$a \equiv b \text{ jika dan hanya jika } a - b = nk$$

untuk suatu bilangan bulat k merupakan relasi ekuivalen pada $\mathbb{Z}$ [2]. Dengan demikian, dapat dibentuk kelas-kelas ekuivalen

$$[a] = \{x \in \mathbb{Z} | x \equiv a\}.$$

Himpunan semua kelas ekuivalen tersebut dinamakan $\mathbb{Z}_n$.

Berdasarkan ide tersebut, maka didefinisikan suatu relasi ekuivalen atas grup G . Dengan memilih b^{-1} sebagai $-b$ dan grup bagian H sebagai nk , yaitu kelipatan n . Misalkan G adalah grup dan H grup bagian dari G . Definisikan relasi $\sim_l$ sebagai

$$x \sim_l y \text{ jika dan hanya jika } x^{-1}y \in H$$

dan relasi $\sim_r$ sebagai

$$x \sim_r y \text{ jika dan hanya jika } xy^{-1} \in H$$

untuk setiap $x, y \in H$.

Dapat dibuktikan bahwa kedua relasi tersebut merupakan relasi ekuivalen [1]. Dengan menghitung salah satu kelas ekuivalen berdasarkan relasi tersebut, akan diperoleh

$$\begin{aligned} [x] &= \{y \in G | y \sim_l x\} = \{y \in G | y^{-1}x \in H\} \\ &= \{y \in G | y^{-1}x = p, \text{ untuk suatu } p \in H\} \\ &= \{y \in G | x^{-1}y = p^{-1}, \text{ untuk suatu } p \in H\} \end{aligned}$$

$$= \{y \in G | y = xp^{-1}, \text{ untuk suatu } p \in H\} = \{xp^{-1} | \text{ untuk suatu } p \in H\} \\ = xH$$

Bentuk kelas ekivalen tersebut memiliki nama khusus, yaitu koset kiri dari H di G . Dengan cara serupa, relasi ekivalen $\sim_r$ akan menghasilkan bentuk koset kanan dari H di G .

$$[x] = \{y \in G | y \sim_r x\} = \{y \in G | yx^{-1} \in H\} \\ = \{y \in G | yx^{-1} = p, \text{ untuk suatu } p \in H\} \\ = \{y \in G | y = px, \text{ untuk suatu } p \in H\} \\ = \{px | \text{ untuk suatu } p \in H\} \\ = Hx$$

Dengan demikian, akan diperoleh dua koleksi koset. Koleksi koset kiri dari H di G , dinotasikan $\Omega_l = \{xH | x \in G\}$ dan koleksi kanan dari H di G , dinotasikan $\Omega_r = \{Hx | x \in G\}$.

Berdasarkan pengetahuan bahwa $\mathbb{Z}_n$ juga merupakan grup, maka sesuatu yang alamiah untuk mempertanyakan, apakah Ω_l dan Ω_r juga memiliki struktur grup? Dapat diperiksa di semua rujukan bahwa syarat perlu dan syarat cukup Ω_l dan Ω_r untuk membentuk grup adalah subgrup H harus normal di G [1, 2, 3, 4, 5, 6].

3. Metodologi Penelitian

Kajian ini merupakan penelitian bidang matematika teoritis, terutama terkait dengan aljabar abstrak. Dengan demikian, tulisan ini akan memanfaatkan pengetahuan yang telah penulis ketahui tentang konsep grup bagian normal dan grup faktor. Informasi yang terkait dengan gelanggang bagian dan ideal juga sangat menunjang dalam penelitian ini. Pengetahuan dasar tentang kajian ini dapat ditemukan dalam berbagai rujukan buku-buku teks aljabar dan tidak ada yang murni baru dalam hasil yang diperoleh.

Penulis hanya mencoba mencari dasar pendefinisian istilah tertentu, dalam hal ini grup bagian normal dan ideal, yang barangkali belum menjelaskan dengan baik dalam berbagai literatur.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Subgrup Normal

Misalkan H subgrup dari grup G . Bentuk himpunan semua koset kiri dari H di G sebagai

$$\Omega_l = \{xH | x \in G\},$$

dan himpunan semua koset kanan dari H di G sebagai

$$\Omega_r = \{Hx | x \in G\}.$$

Supaya Ω_l dan Ω_r memiliki struktur grup maka diperlukan suatu operasi biner pada himpunan tersebut. Dengan demikian, operasi paling alami yang dapat dilakukan pada Ω_l adalah $(xH)(yH) = (xy)H$ untuk setiap $xH, yH \in \Omega_l$. Selanjutnya, akan dibuktikan bahwa operasi terdefinisi dengan baik, yaitu jika $x_1H = x_2H$ dan $y_1H = y_2H$ maka

$$(x_1y_1)H = (x_1H)(y_1H) = (x_2H)(y_2H) = (x_2y_2)H.$$

Artinya, harus dibuktikan $(x_1y_1)H = (x_2y_2)H$.

Dapat dibuktikan bahwa $(x_1y_1)H = (x_2y_2)H$ berakibat $(x_1y_1)h_1 = (x_2y_2)h_2$ untuk suatu $h_1h_2 \in H$. Diperoleh $(x_1y_1)^{-1}(x_2y_2) = h_1h_2^{-1}$, artinya

$$(x_1y_1)^{-1}(x_2y_2) = (y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) \in H.$$

Sementara diketahui bahwa $x_1H = x_2H$ dan $y_1H = y_2H$, dengan cara yang sama akan diperoleh $x_1^{-1}x_2 \in H$ dan $y_1^{-1}y_2 \in H$. Dengan demikian, persoalan operasi di Ω_l akan terdefinisi dengan baik merupakan persoalan menunjukkan kebenaran pernyataan

$$\text{Jika } x_1^{-1}x_2 \in H \text{ dan } y_1^{-1}y_2 \in H \text{ maka } (y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) \in H.$$

Karena H merupakan grup bagian maka terdapat delapan kemungkinan untuk $x_1^{-1}x_2 \in H$ dan $y_1^{-1}y_2 \in H$, yaitu

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a. $(x_1^{-1}x_2)(y_1^{-1}y_2)$ | c. $(x_1^{-1}x_2)(y_1^{-1}y_2)^{-1}$ |
| b. $(x_1^{-1}x_2)^{-1}(y_1^{-1}y_2)$ | d. $(x_1^{-1}x_2)^{-1}(y_1^{-1}y_2)^{-1}$ |

$$\begin{aligned} \text{e. } & (y_1^{-1}y_2)(x_1^{-1}x_2) \\ \text{f. } & (y_1^{-1}y_2)(x_1^{-1}x_2)^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } & (y_1^{-1}y_2)^{-1}(x_1^{-1}x_2) \\ \text{h. } & (y_1^{-1}y_2)^{-1}(x_1^{-1}x_2)^{-1} \end{aligned}$$

Dapat diperhatikan, tidak satupun dari 8 kemungkinan tersebut yang akan menghasilkan $(y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) \in H$. Artinya, harus dicari cara lain sedemikian sehingga $(y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) \in H$.

Untuk membuktikan $(y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) \in H$ maka harus dibuktikan $(y_1^{-1}x_1^{-1})(x_2y_2) = h_3$ untuk suatu $h_3 \in H$. Dengan kata lain, $x_2y_2 = x_1y_1h_3$.

Telah diketahui bahwa $x_1^{-1}x_2 \in H$ dan $y_1^{-1}y_2 \in H$, artinya $x_1^{-1}x_2 = h_1$ dan $y_1^{-1}y_2 = h_2$ untuk suatu $h_1, h_2 \in H$. Dengan demikian, $x_2 = x_1h_1$ dan $y_2 = y_1h_2$. Diperoleh $x_2y_2 = x_1h_1y_1h_2$. Artinya, haruslah $h_1y_1h_2 = y_1h_3$.

Jika G grup komutatif, tentunya hal ini dapat langsung dibuktikan dengan memilih $h_1h_2 = h_3$. Tetapi, G sebagai grup komutatif masih terlalu luas. Dengan demikian, agar terpenuhi

$$h_1y_1h_2 = y_1h_3$$

dapat dilakukan dengan memilih $h_1y_1 \in y_1H$. Dan karena $h_1y_1 \in Hy_1$, maka dapat dipilih kondisi H sebagai

$$\forall x \in G, \text{ berlaku } xH = Hx$$

Berdasarkan bentuk terakhir inilah didefinisikan grup bagian normal di G sebagai koset kiri dari H di G sama dengan koset kanan dari H di G . Salah satu sifat lain yang dapat diketahui adalah bahwa setiap grup bagian dari grup komutatif merupakan grup bagian normal

4.2. Ideal

Berdasarkan pembahasan Subbab 4.1, misalkan H gelanggang bagian dari gelanggang R . Telah dibentuk $\Omega_l = \{xH | x \in R\}$ dan $\Omega_r = \{Hx | x \in R\}$. Pembahasan ini, akan difokuskan pada himpunan Ω_r . Untuk membuktikan Ω_r sebagai gelanggang, maka harus dibuktikan operasi

$$Hx + Hy = H(x + y) \text{ dan } (Hx)(Hy) = H(xy)$$

merupakan operasi biner, lebih khususnya terdefinisi dengan baik. Karena H merupakan grup bagian normal dari R maka jelas $Hx + Hy = H(x + y)$ terdefinisi dengan baik, sebagaimana pembahasan subbab 4.1.

Artinya, hanya perlu dibuktikan untuk operasi perkalian. Yaitu, jika $Hx_1 = Hx_2$ dan $Hy_1 = Hy_2$ maka berlaku

$$H(x_1y_1) = (Hx_1)(Hy_1) = (Hx_2)(Hy_2) = H(x_2y_2).$$

Dengan demikian, untuk membuktikan operasi perkalian terdefinisi dengan baik, cukup dengan membuktikan pernyataan

$$\text{"jika } x_1 - x_2 \in H \text{ dan } y_1 - y_2 \in H \text{ maka } x_1y_1 - x_2y_2 \in H".$$

Dapat diketahui, dengan mengoperasikan semua bentuk kombinasi $x_1 - x_2$ dengan $y_1 - y_2$ tidak dapat menghasilkan bentuk $x_1y_1 - x_2y_2$. Artinya, harus dicari cara lain agar pernyataan tersebut bernilai benar.

Berdasarkan $x_1 - x_2 \in H$ dan $y_1 - y_2 \in H$ diperoleh $x_1 - x_2 = h_1$ dan $y_1 - y_2 = h_2$ untuk suatu $h_1, h_2 \in H$. Dengan demikian, $x_1 = h_1 + x_2$ dan $y_1 = h_2 + y_2$ dan dapat dihitung bahwa

$$x_1y_1 = (h_1 + x_2)(h_2 + y_2) = h_1h_2 + h_1y_2 + x_2h_2 + x_2y_2.$$

Artinya

$$x_1y_1 - x_2y_2 = h_1h_2 + h_1y_2 + x_2h_2.$$

Supaya $x_1y_1 - x_2y_2 \in H$ maka $x_1y_1 - x_2y_2 = h_3$ untuk suatu $h_3 \in H$. Dengan demikian, haruslah $h_1y_2 \in H$ dan $x_2h_2 \in H$.

Berdasarkan bentuk terakhir ini, kemudian muncul definisi ideal H pada gelanggang R .

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan

1. Definisi grup bagian normal muncul untuk menjamin operasi di koset kiri (kanan) terdefinisi dengan baik.
2. Definisi ideal muncul untuk menjamin operasi biner terhadap perkalian pada koset di gelanggang terdefinisi dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Fraleigh, J.B. 2002. *A First Course in Abstract Algebra*, 7th. Pearson Education, London.
- [2] Galian, J.A. 2017. *Contemporary Abstract Algebra*, 9th ed. Cengage Learning, Boston, USA.
- [3] Gilbert, L. dan Gilbert, J. 2015. *Elements of Modern Algebra*, 8th. Cengage Learning, Stamford, USA.
- [4] Gilbert, W.J. dan Nicholson, W. K. 2004. *Modern Algebra With Application*, 2nd. John Wiley & Son, Inc, New Jersey.
- [5] Hungerford, T. W. 2014. *Abstract Algebra: An Introduction*, 3th. Cengage Learning, Boston, USA.
- [6] Judson, T.W. 2009. *Abstract Algebra: Theory and Applications*. Abstract.ups.edu.

Penerapan *Neural Network Backpropagation* dengan Transformasi *Wavelet Morlet* Pada Data Pasang Surut Air Laut Di Pantai Ulee Lheue

Novira Iswani^{1*}, Ichsan Setiawan² dan Miftahuddin³

^{1,3} Jurusan Statistika, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia, ²Jurusan Kelautan dan Perikanan, Ilmu Kelautan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

E-mail: novira.iswani@students.stat.unsyiah.ac.id*, ichsansetiawan@unsyiah.ac.id, miftah@unsyiah.ac.id ,

Abstrak

Pasang surut berpengaruh terhadap pengoptimalan dan pemanfaatan potensi laut dan segala aktifitas yang akan dilakukan di laut, terutama aktifitas di tepi pantai. Sehingga diperlukan pendeteksian fenomena alam yang mungkin terjadi terutama di daerah yang rawan bencana seperti Aceh. Penelitian ini menggunakan metode *Neural network backpropagation* yang difokuskan pada pemodelan kondisi pasang surut. Pemodelan dilakukan dengan menerapkan teori *markov chain* dan untuk memperoleh model terbaik data di transformasi menggunakan transformasi *wavelet morlet*. Penerapan *neural network backpropagation* dalam menggunakan data pasang surut di pantai Ulee Lheue, Banda Aceh periode tahun 2013-2017. Terdapat 5 variabel yang digunakan dalam penelitian, yaitu pasang surut yang terjadi di pagi, siang, sore, malam dan dini hari. Tujuan dari penelitian adalah untuk memperoleh model terbaik dari pasang surut air laut di pantai Ulee Lheue menggunakan *neural network backpropagation*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model jaringan dengan *input 1, hidden 2 dan output 1* atau model jaringan 1-2-1 merupakan model terbaik *neural network backpropagation*.

Abstract

Tides affect the optimization and utilization of the potential of the sea and all activities that will be carried out at sea, especially activities on the beach. So that it is possible to detect natural phenomena that might occur especially in disaster-prone areas such as in Acehness. This research uses the neural network backpropagation method which is focused on modeling. Modeling is done by applying the Markov Chain theory and to obtain the best model the data is transformed using the morlet wavelet transform. Application of neural network backpropagation in uses tidal data on the coast of Ulee Lheue, Banda Aceh for the 2013-2017 period. There are five variables used in research are tide that occur in the morning, afternoon, evening, night and early morning. The purpose of research is to obtain the best model from tides of Ulee Lheue use neural network backpropagation. The results obtained show that the network model with input 1, hidden 2 and output 1 or 1-2-1 network model is the best model of backpropagation neural network.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 18 Desember 2018

Diterima 23 Desember 2018

Kata Kunci:

Pasang Surut,
Neural Network,
Markov Chain,
Wavelet Morlet.

Keyword:

Tides,
Neural Network,
Markov Chain,
Wavelet Morlet

1. Pendahuluan.

1.1. Latar Belakang

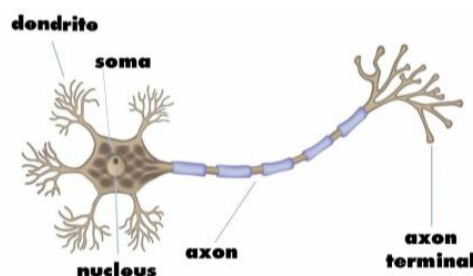
Provinsi Aceh berada di antara $01^{\circ} 58' 37,2''$ - $06^{\circ} 04' 33,6''$ LU dan $94^{\circ} 57' 57,6''$ - $98^{\circ} 17' 13,2''$ BT dengan ketinggian rata-rata 125 meter di atas permukaan laut. Pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turun permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik-menarik benda-benda langit, terutama Matahari, Bumi, dan Bulan. Seperti fenomena gerhana yang memengaruhi pasang surut air laut maksimum, sehingga mengakibatkan terjadi banjir rob atau air pasang maksimum terjadi. Kondisi pasang surut air laut memengaruhi alam dan aktifitas masyarakat, tidak hanya nelayan namun juga masyarakat yang ingin memancing atau berenang di laut. Kenaikan pasang surut yang berlangsung lama dan tinggi dapat menyebabkan genangan secara permanen atau episodik. Area dengan kenaikan pasang surut yang besar sangat rentan terhadap genangan yang permanen dan juga rentan terhadap banjir berkala.

Penelitian pemanfaatan data pasang surut di pantai Ulee Lheue pernah dilakukan pada periode Januari– Desember 2016 menggunakan metode regresi semiparametrik dengan model regresi kubik spline. Hasil penelitian menyatakan bahwa rata-rata tinggi gelombang pasang paling rendah yaitu pagi hari sebesar 0,8 m sedangkan rata-rata tertinggi untuk tinggi gelombang terjadi di siang dan malam hari yaitu 1,1 m. [1]. Pada penelitian ini, peneliti terfokus pada pemodelan menggunakan *neural network backpropagation* yang mana model tersebut nantinya akan dapat meramalkan pasang surut air laut. Kegiatan pemodelan yang dilakukan pada data pasang surut disebabkan oleh banyaknya manfaat dari pengolahan data pasang surut bagi masyarakat pesisir pantai seperti pembangunan sumber daya pesisir dan lautan, riset hingga pendeteksian fenomena alam yang mungkin akan terjadi terutama di daerah rawan bencana seperti Aceh. Oleh karena itu dibutuhkan analisa ke depan sebagai antisipasi awal bencana banjir rob. Metode *neural network backpropagation* (NN-BP) bersifat fleksibel tanpa harus mengklasifikasikan atau menginterpretasikan terlebih dahulu pola data historik pada saat pembentukan jaringan, termasuk pada historik *time series* yang terdapat didalam data.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1. Algoritma Neural Network

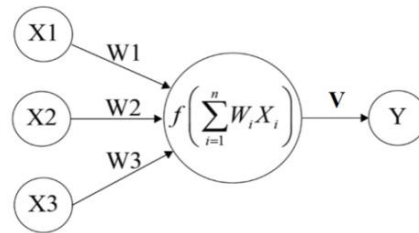
Neural network (NN) adalah berbagai usaha untuk mengikuti cara kerja otak manusia. [2]. *Neural network* terdiri atas kumpulan *node* dan relasi. Ada tiga tipe *node* (neuron) yaitu, *input*, *Hidden* dan *output*.



Gambar 1 Struktur dari sebuah neuron [3].

Komponen utama setiap neuron adalah (lihat Gambar1):

1. *Dendrit* : Titik masuk pada setiap neuron yang mengambil masukan dari neuron lain di jaringan dalam bentuk impuls listrik
2. Tubuh Sel : Ini menghasilkan kesimpulan dari *input dendrit* dan menentukan tindakan apa yang harus dilakukan pada terminal
3. *Axon* : mengirimkan keluaran dalam bentuk impuls listrik ke neuron berikutnya.
Jaringan syaraf memiliki kerangka kerja sebagai berikut:



Gambar 2 Model jaringan *neural network backpropagation* [3].

2.2. Neural Network Backpropagation

Algoritma *backpropagation Neural network* pertama kali dirumuskan oleh Paul Werbos pada tahun 1974, kemudian di populerkan oleh Rumelhart dan McClelland. Metode *multilayer neural network* adalah algoritma back-propagasi yang menggunakan *learning rule gradient descent*. Algoritma ini sangat bermanfaat, cukup handal dan mudah dipahami. [2]. Tujuan dari *backpropagation* adalah untuk memperbaiki bobot pada setiap lapisan dan meminimalkan keseluruhan kesalahan pada lapisan *output*. [3]. Penentuan desain lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu secara coba-coba (*trial and error*) atau secara pencarian cerdas (*Intellegent searching*). Banyaknya lapisan tersembunyi (*Hidden Layer*) pada suatu desain model jaringan *neural* tidak meningkatkan proses kerja model jaringan neural dan nilai korelasinya. Menentukan jumlah neuron pada masing-masing lapisan dilakukan dengan coba-coba atau pencarian cerdas dan yang kesalahannya dianggap paling kecil dan memberikan koefisien korelasi paling besar adalah yang digunakan sebagai model dalam penelitian. [4]. Proses *backpropagation* menggunakan nilai *error* dalam menyesuaikan nilai bobot-bobotnya dengan arah mundur (*backward*). [5]. Arsitektur jaringan pada Gambar 2. terdiri dari tiga unit (neuron) pada lapisan *input* yaitu, X_1 , X_2 dan X_3 ; lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dengan 1 neuron yaitu $f(\sum_{i=1}^n W_i X_i)$ atau biasa disebut Z_1 ; serta 1 unit lapisan *output* yaitu Y . Bobot yang menghubungkan neuron *input* dengan lapisan tersembunyi adalah W_1 , W_2 dan W_3 sedangkan bobot yang menghubungkan lapisan tersembunyi dengan neuron *input* adalah V . [3]. Berikut langkah-langkah *backpropagation* secara umum:

Feedforward:

- a. Setiap unit *input* menerima sinyal dan meneruskan sinyal tersebut ke semua lapisan tersembunyi (*hiddenlayer*).
- b. Setiap lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* yang sudah terboboti.

$$Z_{in_j} = b1_j + (\sum_{i=1}^n W_i X_i) \quad (1)$$

Untuk menghitung sinyal *output* digunakan fungsi aktivasi yang sesuai.

$$Z_j = f(Z_{in_j}) \quad (2)$$

Kemudian sinyal-sinyal tersebut dikirimkan ke semua unit *output*.

- c. Pada unit *output* semua sinyal tiap-tiap dijumlahkan ($Y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) dengan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$Y_{in_k} = b2_k + (\sum_{i=1}^{np} Z_j W_{jk}) \quad (3)$$

Kemudian sinyal-sinyal tersebut dikirimkan ke semua unit *output*.

$$Y_k = f(Y_{in_k}) \quad (4)$$

dimana:

- Z_j : Setiap lapisan tersembunyi pada saat ke- j
- $b1_j$: Bias *input* pada saat ke- j
- W_i : Bobot pada saat proses ke- i
- X_i : *Input* ke- i
- Z_{in_j} : Sinyal *output*
- $b2_j$: Bias *output* pada saat ke- j

Backpropagation:

- a. Setiap unit *output* Y_k menerima target pola, menghitung *error*, menghitung koreksi bobot dan bias.
- b. Menjumlahkan delta *input* pada tiap-tiap lapisan tersembunyi ($Z_j, j=1, 2, 3, \dots, p$). Hasil jumlah delta *input* dikalikan dengan turunan fungsi aktivasi untuk menghitung *error*. Kemudian menghitung koreksi bobot dan bias.
- c. Terakhir, setiap unit *output* dan unit lapisan tersembunyi memperbaiki bias dan bobotnya. [6].

2.3. Transformasi Wavelet Morlet

Pada awalnya transformasi *wavelet* digunakan menganalisis sinyal bergerak (*non-stationary signal*). Transformasi sinyal merupakan suatu proses pengubahan data dalam bentuk lain dengan tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut agar lebih mudah di analisis. [7]. Berikut beberapa sifat transformasi *wavelet* :

- 1) Transformasi *wavelet* dapat dilakukan dengan sempurna karena memiliki waktu kompleksitas.
- 2) Koefisien-koefisien *wavelet* cenderung bernilai kecil atau nol, sehingga memberi keuntungan dalam bidang kompresi dan pemampatan data.
- 3) *Wavelet* mampu beradaptasi dengan berbagai jenis fungsi, seperti fungsi tidak kontinu dan fungsi yang didefinisi dengan domain yang dibatasi. [8]

Transformasi *wavelet* memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- 1) Lebih deskriptif dan informatif dalam mempresentasikan sinyal yang reguler dan nonreguler
- 2) Dapat menggabungkan representasi sinyal secara visual dan grafik
- 3) Dapat digunakan untuk mengkompresi dan memfilter sinyal secara efisien.

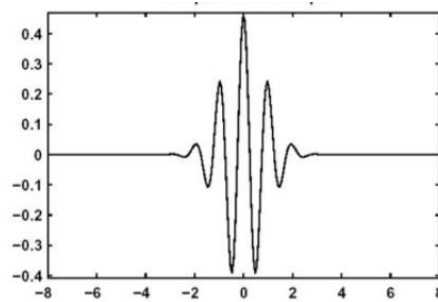
Transformasi *wavelet* dibedakan menjadi dua macam yaitu *Continuous Wavelets Transform* dan *Discrete Wavelets Transform*. Setelah dilakukan transformasi dengan *wavelet* untuk mendapatkan kembali sinyal asli, maka digunakan *Inverse Wavelet Transform*. Salah satu dari *Discrete Wavelets Transform* adalah *wavelet morlet*. *Wavelet morlet* tidak memiliki fungsi penskalaan, tetapi bersifat eksplisit. [9]. Berikut fungsi dan bentuk *wavelet morlet*:

$$\Psi(x) = e^{-x^2/2} \cos(5x) \quad (5)$$

dimana:

- $\Psi(x)$: *Wavelet mother function*
- e : Konstanta (2,711828)

Bentuk dari *wavelet morlet* (Gambar 3):



Gambar 3 Bentuk wavelet morlet (O'Flynn dan Moriarty, 1987).

3. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder . Unit observasi yang digunakan adalah data pasang surut harian di pantai Ulee Lheue Banda Aceh pada tahun 2013-2017. Sumber data penelitian ini diperoleh dari *website* www.ukho.gov.uk. Adapun data yang digunakan terdiri dari 5 variabel (lihat Tabel 1). Jumlah data yang digunakan yaitu sebanyak 9.125 observasi.

Tabel 1 Variabel penelitian

X_1 (m) (06:00-10:00)	X_2 (m) (11:00-14:00)	X_3 (m) (15:00-18:00)	X_4 (m) (19:00-23:00)	X_5 (m) (00:00-05:00)
Rata-rata pasang 1 (Pasang pada pagi hari)	Rata- rata pasang 2 (Pasang pada siang hari)	Rata-rata pasang 3 (Pasang pada sore hari)	Rata-rata pasang 4 (Pasang pada malam hari)	Rata-rata pasang 5 (Pasang pada Dini hari)

4. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik dari data rata-rata pasang surut air laut di pantai Ulee Lheue, Banda Aceh dapat disajikan dalam bentuk ringkasan statistik dan *scatterplot matrix* (lihat Tabel2).

Tabel 2 Ringkasan statistik pasang surut pantai Ulee Lheue Banda Aceh tahun 2013-2017

Waktu	Minimum	Maksimum	Median	Rata-Rata
Pagi	-0,306	0,342	-0,061	-0,057
Siang	-0,315	0,385	0,011	0,021
Sore	-0,287	0,378	0,040	0,050
Malam	-0,328	0,324	-0,068	-0,066
Dini Hari	-0,184	0,375	0,040	0,057

Pasang tertinggi atau *Highest Astronomical Tide* (HAT) adalah sebesar 0,385 meter yang terjadi pada siang hari tahun 2014 dan pada kondisi surut terendah atau *Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah sebesar -0,328 meter yang terjadi pada malam hari tahun 2015. Lima tahun terakhir rata-rata pasang terjadi pada waktu siang, sore dan dini hari dengan ketinggian yang bernilai positif yaitu berkisar 0,05 meter dan rata-rata surut terjadi pada waktu pagi dan malam hari dengan ketinggian yang bernilai negatif yaitu berkisar -0,06 meter atau terjadi surut pada waktu pagi dan malam hari. Selisih antara rata-rata pasang yang terjadi dengan pasang tertinggi mengalami perbedaan yang jauh yaitu sebesar 0,30. Artinya pada tahun 2014 kondisi pasang surut dalam kondisi pasang naik yang tinggi. Sama halnya dengan rata-rata surut terendah memiliki selisih yang jauh dengan surut terendah. Hal ini dapat disebabkan karena terdapat data yang *extrim* pada saat kondisi pasang dan surut.

4.1. Normalisasi dengan transformasi wavelet morlet

Transformasi merupakan proses pengubahan data atau sinyal ke dalam bentuk lain agar mudah di analisis, namun tidak mengubah informasi yang terdapat dalam data. Tujuan dilakukannya transformasi *wavelet* dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil peramalan yang memiliki nilai akurasi yang baik. Data asli ditransformasi menggunakan salah satu jenis fungsi *discrete wavelet* yaitu *wavelet morlet* (Tabel 3). Transformasi ini cocok digunakan pada data yang bergelombang *sinusoidal*. Transformasi secara manual dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan 5, namun peneliti melakukan transformasi menggunakan *software R*. Berikut pada Tabel 3. hasil transformasi data menggunakan *wavelet morlet* dimensi 3 (3-D *wavelet*). Hal ini dikarenakan pada saat tahap transformasi 3-D pola data lebih *smooth* daripada saat transformasi 1-D dan 2-D.

Tabel 3 Data hasil transformasi *wavelet morlet*

No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	0,051	-0,172	0,131	0,074	-0,048
2	0,095	-0,177	0,041	0,141	-0,094
3	0,115	-0,143	-0,051	0,170	-0,114
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1825	-0,009	-0,126	0,194	-0,015	0,013

Setelah proses transformasi, tahap selanjutnya mengelompokkan data kedalam 2 kelompok yaitu data *training* dan data *testing*. Dalam penelitian ini rasio dataset dibagi menjadi 50:50, artinya 50% data digunakan untuk proses *training* jaringan dan 50% sebagai proses *testing* jaringan yang mana rasio tersebut di tentukan sendiri oleh peneliti. Berikut Tabel 4. yang menunjukkan kelompok data *training* dan data *testing*.

Tabel 4 Kelompok data *training* hasil transformasi *wavelet morlet*

Rata-rata ketinggian pasang surut di pantai Ulee Lheue (m)					
No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	-0,033	0,115	-0,062	0,044	-0,102
2	-0,174	0,116	0,376	-0,264	0,086
3	0,073	-0,002	-0,178	0,077	-0,010
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
912	-0,229	-0,062	0,080	-0,1767	0,324

Tabel 5 Kelompok data *testing* hasil transformasi *wavelet morlet*

Rata-rata ketinggian pasang surut di pantai Ulee Lheue (m)					
No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	-0,067	-0,010	0,288	-0,131	-0,010
2	-0,010	-0,058	0,249	0,081	-0,040
3	0,055	-0,083	0,186	-0,030	-0,080
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
913	-0,115	0,360	0,007	-0,203	-0,011

Pada Tabel 4 dan 5 terdapat 2 kelompok data yaitu kelompok data *testing* dan data *training*. Data *testing* digunakan untuk peramalan, sedangkan data *training* digunakan untuk pemodelan.

4.2. Inisialisasi Parameter dan Pemodelan

Pada penelitian ini dikonstruksi model yang terdiri dari 1 lapisan masukan (*input layer*), 2 dan 3 lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan 1 lapisan keluaran (*output layer*) atau jaringan model 1-2-1 atau 1-3-1. Peneliti memilih *hidden layer* 2 dan 3 dikarenakan menurut Notodiputro (2018) biasanya di dalam praktek paling banyak digunakan *hidden layer* 3, karena semakin banyak *hidden layer* maka akan semakin sulit untuk diinterpretasikan serta menimbulkan *over-parametrisasi*. Adapun parameter dalam pemilihan model terbaik adalah sebagai berikut:

Hidden layer : 2 dan 3
Threshold : 0,01

Pemodelan dilakukan berdasarkan teori rantai *markov chain*. Rantai *markov chain* merupakan salah satu metode *modeling* yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada waktu sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya pada waktu sebelumnya, guna untuk mengestimasi sifat-sifat variabel tersebut pada masa yang akan datang. [10]. Model rantai *Markov* dikemukakan oleh seorang ahli dari Rusia yang bernama A.A. Markov di tahun 1906. Berikut teori rantai *Markov Chain*:

“Untuk setiap waktu t , ketika kejadian adalah K dan seluruh kejadian sebelumnya adalah $K_{t(j)}$, ..., $K_{t(j-n)}$ yang terjadi dari proses yang diketahui, probabilitas seluruh kejadian yang akan datang $K_{t(j)}$ hanya bergantung pada kejadian $K_{t(j-1)}$ dan tidak bergantung pada kejadian-kejadian sebelumnya yaitu $K_{t(j-2)}, K_{t(j-3)}, \dots, K_{t(j-4)}$.”. [107].

Berikut hasil pemodelan *neural network backpropagation* dapat dilihat pada tabel 4.5. di bawah ini.

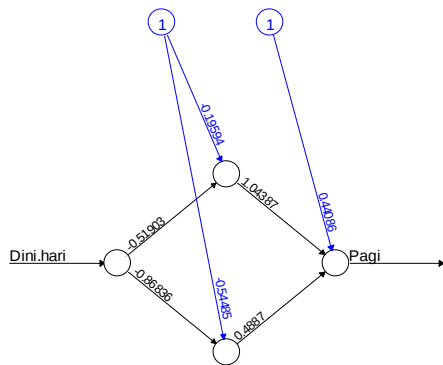
Tabel 6 Hasil pemodelan data dengan *hidden* 2 dan 3

Waktu	Hidden	Epoch (Iterasi)	AIC	BIC	Error
X_1	2	38	17,572	51,281	1,786
	3	53	23,572	71,723	1,787
X_2	2	1826	20,239	53,948	3,119
	3	87	26,235	74,391	3,117
X_3	2	28	21,997	55,707	3,999
	3	38	27,997	76,153	3,998
X_4	2	462	18,733	52,442	2,366
	3	381	24,795	72,951	2,397
X_5	2	41	15,518	49,227	0,759
	3	872	21,521	69,678	0,761

Berdasarkan Tabel 6. hasil pemodelan, dapat diketahui bahwa pemodelan dengan *hidden* 2 memiliki nilai AIC dan BIC terkecil daripada beberapa model lainnya. Pemilihan model terbaik berdasarkan kriteria nilai AIC, BIC, dan *error*. Sehingga dapat dilanjutkan proses pemodelan pembentukan jaringan menggunakan *hidden* 2 dan *threshold* 0,01.

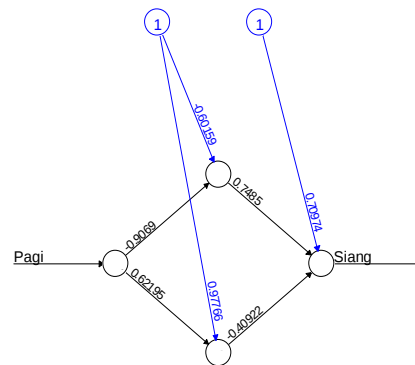
4.3. Visualisasi Arsitektur Model Jaringan

Arsitektur model jaringan yang terbentuk pada jaringan *neural network* bertujuan untuk memudahkan dalam peng-interpretasian model jaringan. Berikut arsitektur masing-masing model jaringan yang dihasilkan dari model terbaik.



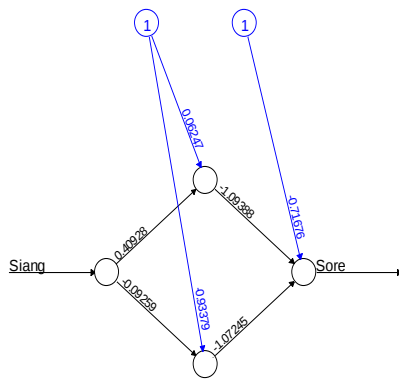
Error: 1.790395 Steps: 37

(a)



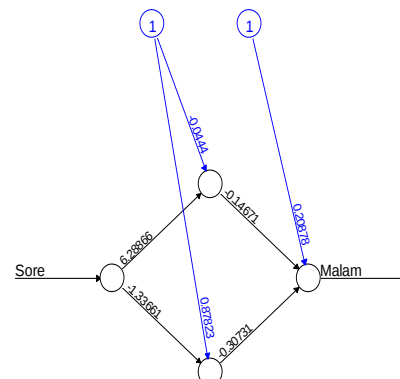
Error: 3.119506 Steps: 1826

(b)



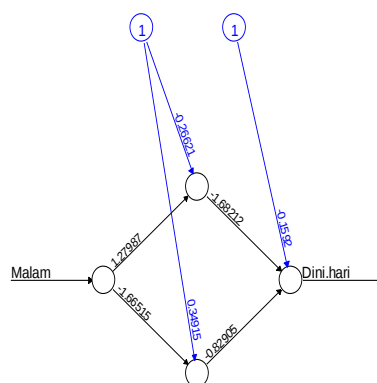
Error: 3.998649 Steps: 28

(c)



Error: 2.366433 Steps: 462

(d)



Error: 0.758991 Steps: 41

(e)

Gambar 4 Visualisasi arsitektur model jaringan *neural network backpropagation* 1-2-1;
(a) Pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari, (d) Malam hari dan (e) Dini hari.

Intercept pada arsitektur model jaringan *backpropagation* siang hari memiliki pengaruh positif terhadap pasang surut siang hari yang akan diramalkan yaitu bernilai sebesar 0,709. *Intercept* pada *hidden layer* 1 bernilai -0,601 dan *hidden layer* 2 bernilai 0,978. Pembobot dari masing-masing *hidden layer* ke *output* dan pembobot dari *input* ke *hidden layer* pada waktu siang hari dapat diketahui pada arsitektur model jaringan Gambar 4(b). Dari pembobotan dapat diketahui seberapa besar *input* mempengaruhi proses pada *hidden layer* atau seberapa besar *hidden layer* mempengaruhi *output*. Arsitektur model jaringan dari pembobotan dapat diketahui seberapa besar *input* mempengaruhi proses pada *hidden layer* atau seberapa besar *hidden layer* mempengaruhi *output*. Misal pada Gambar 4(b). Pagi hari berpengaruh sebesar -0,907 pada proses *hidden layer* 1, sedangkan pada proses *hidden layer* 2 pagi berpengaruh sebesar 0,977. Setelah di proses pada *hidden layer*, selanjutnya proses akan dilanjutkan untuk mendapatkan *output*. Berdasarkan tahap proses *hidden layer*, *hidden layer* 1 mempengaruhi *output* siang hari sebesar 0,748 dan berpengaruh positif. Sedangkan pada proses *hidden layer* 2, *hidden layer* berpengaruh negatif terhadap *output* yaitu sebesar 0,409. Pada pemodelan ini, *input* yang memiliki pengaruh besar terhadap *hidden layer* adalah *input* pasang surut sore hari. Besarnya pengaruh pasang surut sore hari terhadap pasang surut malam hari adalah 6,289 yang terjadi pada proses *hidden layer* 1, sehingga dapat diperkirakan bahwa banjir rob dapat terjadi pada malam hari. Sebaliknya, *input* yang memiliki pengaruh yang kecil terhadap *hidden layer* adalah *input* pasang surut malam hari.

Pengaruh yang besar pada proses *hidden layer* 1 terhadap masing-masing *output* model terjadi pada pembentukan model pasang surut pagi, siang, malam dan dini hari yaitu sebesar 1,043; 0,748; -0,146 dan -1,682. Proses *hidden layer* 1 pada pembentukan model pagi dan siang memiliki pengaruh yang positif, sedangkan pada pembentukan model malam dan dini hari memiliki pengaruh negatif. Berikut pada Tabel 7. ringkasan *intercept* dan bobot-bobot dari model yang dihasilkan dari masing-masing variabel.

Tabel 7 Ringkasan *intercept* dan bobot model

	Pagi (X ₁)	Siang (X ₂)	Sore (X ₃)	Malam (X ₄)	Dini Hari (X ₅)
<i>Intercept to hidden 1</i>	-0,196	-0,601	0,062	-0,044	-0,266
<i>Input to Hidden 1</i>	-0,519	-0,907	0,409	6,289	1,279
<i>Intercept to hidden 2</i>	-0,545	0,978	-0,934	0,878	0,349
<i>Input to Hidden 2</i>	-0,868	0,622	-0,092	-1,337	-1,665
<i>Intercept to Output</i>	0,441	0,709	-0,717	0,209	-0,159
<i>Hidden 1 to Output</i>	1,044	0,748	-1,094	-0,148	-1,682
<i>Hidden 2 to Output</i>	0,489	-0,409	-1,072	-0,307	-0,829

5. Kesimpulan

Model terbaik rata-rata pasang surut air laut di pantai Ulee Lheue adalah model jaringan *neural network backpropagation* dengan *input* 1, *hidden* 2, dan *output* 1 atau model jaringan *neural network backpropagation* 1–2–1. Hal ini karena memiliki nilai *epoch* (Iterasi), *AIC*, *BIC* dan *error* minimum pada setiap waktu (Dini hari, pagi, siang, sore dan malam) pasang surut.

Referensi

- [1] Amalia, C.S., Fadhil, M., Akbar, Ali R., dan Miftahuddin. 2017. *Pemanfaatan Data Pasang Surut Air Laut Dalam Identifikasi Aktifitas Ekonomi Masyarakat Pesisir Di Pantai Ulee Lheue Banda Aceh*. PKM-AI. Belmawa Ristekdikti, Jakarta.
- [2] Purnomo, M. H. dan Kurniawan, A. 2006. *Supervised Neural Network dan Aplikasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Ciaburro, G. dan Venkateswaran, B. 2017. *Neural Network With R*. Packt Publishing Ltd, Birmingham.
- [4] Gencay, R. dan Liu, T. 1996. Nonlinear modeling and Prediction with Feedforward and Recurrent Network. *Physica Letters. A* (187): 397-403.
- [5] Kusrini. dan Luthfi, E. T. 2009. *Algoritma Data mining*. Andi, Yogyakarta.
- [6] Kusumadewi, S. dan Hartati, S. 2010. Neuro-Fuzzy integrasi sistem fuzzy dan jaringan syaraf. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Polikar, R. 1998. *Multi Resolution Analysis: The Discrete Wavelets Transform*. Durham Computation Center, Iowa State.
- [8] Sutarno. 2010. Analisis Perbandingan Transformasi *Wavelet* pada Pengenalan Citra Wajah. *Jurnal Generic*. Yogyakarta, Vol.5: 15-21.
- [9] Darussalam, U. 2009. *Wavelets Transform: Overview* Teknis. Artificial, ICT Research Center UNAS. 3(1):1-18.
- [10] Siagian, P. 2006. *Penelitian Operasional Teori dan Praktek*. UIP, Jakarta.

Penerapan Metode *K-Means* dalam Pengelompokan Wilayah Menurut Intensitas Kejadian Bencana Alam di Indonesia Tahun 2013-2018

Mira Suci Yana^{1*}, Lathifah Setiawan², Elvitra Mutia Ulfa³, Asep Rusyana⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Statistika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
Email: mirasuciyana@gmail.com*; lathifah.setiawan@gmail.com; elvitramutia@gmail.com;
asep.rusyana@unsyiah.ac.id;

Abstrak

Indonesia telah mengalami banyak kejadian bencana alam, Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat bahwa dari tahun 2016 sampai dengan awal 2018 sudah lebih dari 2.700 bencana alam terjadi di seluruh wilayah Indonesia. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan wilayah di Indonesia menurut intensitas terjadinya bencana alam, sehingga diketahui wilayah yang rawan terjadi bencana alam. Analisis yang digunakan adalah Analisis Gerombol dengan Metode *K-Means*. Hasil yang didapatkan adalah jumlah optimal *cluster* yang dapat dibentuk yaitu 2. Kesimpulan dari penelitian ini, *cluster* pertama merupakan wilayah yang rawan terjadinya bencana alam dengan anggotanya adalah Provinsi Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Sedangkan 31 provinsi lainnya tergolong dalam *cluster* kedua, yang dalam artian bukan daerah rawan terjadinya bencana alam. Kesimpulan ini diambil berdasarkan nilai rata-rata dari masing-masing *cluster*, dimana rata-rata setiap variabel pada *cluster* pertama lebih besar dibandingkan nilai rata-rata setiap variabel pada *cluster* kedua.

Abstract

Indonesia has experienced many natural disasters, Badan Nasional Penanggulangan Bencana notes that from 2016 to early 2018 more than 2,700 natural disasters has occurred in all regions of Indonesia. Therefore this study aims to classify regions in Indonesia according to the intensity of natural disasters, so that it is known that the area is prone to natural disasters. The analysis used is Cluster Analysis with the K-Means Method. The results obtained are the optimal number of clusters that can be formed, namely 2. The conclusion of this study is that cluster one is an area prone to natural disasters with its members are Jawa Timur, Jawa Barat, and Jawa Tengah. While the other 31 provinces are classified as cluster two, which is not in the area prone to natural disasters. This conclusion is based on the average of each cluster, where the average of each variable in cluster one is greater than the average of each variable in cluster two.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 21 Des 2018

Diterima 28 Des 2018

Kata Kunci:

Analisis Gerombol
Metode *K-Means*
Bencana Alam

Keyword:

Cluster Analysis
K-Means Method
Natural Disaster

1. Pendahuluan

Bencana alam tsunami dan gempa bumi yang terjadi pada 28 September 2018 lalu di Palu, Sulawesi Tengah, menyebabkan lebih dari 2.000 korban jiwa meninggal dunia. Sementara itu, jumlah keseluruhan korban yang terkena dampak bencana tersebut belum dapat dipastikan hingga saat ini dikarenakan likuifaksi dan gelombang tsunami yang mengakibatkan korban tertimbun dan terseret, sehingga sulit untuk ditemukan. Indonesia terletak pada pertemuan antar 3 lempeng benua di dunia yaitu Lempeng Eurasia, Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia, apabila lempeng tersebut saling bertumbukan, ada kemungkinan akan terjadinya gempa bumi. Selain itu Indonesia juga memiliki 127 gunung api aktif [1]. Bencana alam yang sering terjadi di Indonesia di antaranya adalah banjir, kebakaran, puting beliung, dan tanah longsor. Hampir pada setiap provinsi di Indonesia memiliki catatan bencana alam yang telah terjadi. Dampak dari kejadian bencana alam tersebut sering sekali menimbulkan kerugian berupa harta benda dan korban jiwa.

Bencana merupakan kejadian di luar kebiasaan yang disebabkan oleh faktor alam maupun non-alam serta berdampak bagi manusia dan lingkungan [2]. Hasil pencatatan BNPB Indonesia tahun 2018 membuktikan bahwa sejak tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018, sudah lebih dari 2.700 bencana alam terjadi di seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Berdasarkan data tersebut pemerintah harus lebih giat mensosialisasikan upaya pengurangan risiko bencana seperti yang tercantum dalam Undang Undang Nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana kepada masyarakat.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merupakan salah satu agen pemerintah yang menjadi pelaksana penanggulangan bencana di Indonesia. BNPB memerlukan data yang tepat dan akurat secara cepat ketika terjadi bencana. Hal ini diperlukan agar lembaga yang terkait mampu melakukan penanggulangan bencana secara cepat namun tetap terkoordinasi. Untuk merealisasikan hal tersebut, dibutuhkan suatu alat atau analisis data yang dapat membantu proses pengumpulan informasi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan penggunaan Analisis Gerombol yang mampu memberikan gambaran berupa lokasi atau daerah dengan status kebencanaannya, sehingga dapat menjadi referensi bagi lembaga yang terkait dalam membuat keputusan.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1. Analisis Multivariat

Analisis Multivariat merupakan suatu analisis yang digunakan apabila pengukuran setiap variabel dilakukan secara bersamaan atau serempak, dengan proses analisis secara simultan dan pelaksanaan interpretasi secara komprehensif [3]. Analisis Multivariat terbagi menjadi dua kelompok kategori utama, yaitu *Dependence Method* dan *Interdependence Method*. *Dependence Method* digunakan apabila analisis yang ingin diteliti bertujuan untuk memprediksikan variabel terikat berdasarkan banyak variabel bebas. Pada Metode Dependensi terdapat empat jenis analisis, di antaranya ialah Analisis Diskriminan Berganda, Analisis Korelasi Kanonika, Analisis Regresi Berganda, dan Analisis Multivariat Varians. Sedangkan Metode Interdependensi digunakan untuk pengelompokan berdasarkan variabel-variabel tertentu. Metode Interdependensi terbagi atas tiga analisis yaitu: Analisis Faktor, Analisis *Cluster*, dan Skala Multidimensional [4].

2.2. Analisis Gerombol (Cluster Analysis)

Analisis Gerombol (*Cluster*) digunakan untuk mengelompokkan elemen-elemen pengamatan berdasarkan kesamaan atau sifat ketidaksamaan karakteristik peubah-peubah yang diamati. Hal-hal

yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan Analisis Gerombol di antaranya adalah sebagai berikut [5] :

- a. Himpunan objek yang ingin di kelompokkan;
- b. Indikator peubah yang ingin diamati;
- c. Skala yang digunakan oleh indikator peubah;
- d. Ukuran kesamaan atau ketidaksamaan;
- e. Teknik pengelompokan yang digunakan.

2.3. Metode Cluster

Analisis Gerombol termasuk dalam salah satu teknik *multivariate*, yang digunakan untuk memisahkan sekumpulan dataset dan menempatkan observasi yang mirip ke dalam satu kelompok (*cluster*) [6]. Teknik analisis *cluster* berfokus pada ukuran kemiripan dan ketakmiripan objek atau observasi [7]. Hasil akhir pengklasifikasian menggunakan Analisis *Cluster* dapat diterjemahkan menggunakan Analisis Biplot [8]. Sama halnya dengan Analisis Biplot, hubungan antarvariabel juga dapat dianalisis menggunakan Analisis Korespondensi [9]. Analisis *Cluster* dapat diaplikasikan pada berbagai bidang profesi seperti peneliti, konsultan perencanaan dan manajemen, serta ahli arkeologi [10]. Metode klaster dibagi dua yaitu metode *hierarki* dan *non hierarki*. Metode *hierarki* dilakukan dengan terlebih dahulu mengelompokkan data yang memiliki kesamaan paling dekat. Proses yang sama terus dilakukan berulang-ulang hingga membentuk diagram pohon (*dendogram*). Metode *hierarki* dapat dibagi menjadi dua kelompok metode, yaitu metode penggabungan (*agglomerative*) dan metode pemisah (*divisive*). Jenis peubah yang dapat dikelompokkan dengan metode *hierarki* adalah peubah kontinu (rasio dan interval). Metode *hierarki* paling sering menggunakan jarak *Euclidian* untuk menghitung fungsi jaraknya [11].

Metode *non hierarki* digunakan pada data yang berukuran besar. Untuk melakukan analisis ini terlebih dahulu ditentukan banyaknya *cluster* yang ingin dibentuk. Metode yang sering digunakan adalah *k means*. Metode *k means* bertujuan untuk mempartisi data ke dalam dua atau lebih gerombol. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam mengelompokkan data dengan menggunakan metode *k means* [5].

1. Menentukan banyaknya *k* sebagai jumlah gerombol yang akan dibentuk.
2. Membangkitkan titik pusat dari gerombol pertama secara acak. Untuk menghitung titik pusat pada gerombol berikutnya digunakan rumus pada persamaan 1 berikut:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

dimana:

$\sum x_i$: jumlahan dari data ke-i

n : banyaknya amatan yang terdapat dalam gerombol tersebut

3. Menghitung jarak setiap amatan ke setiap *centroid* dari masing-masing gerombol. Rumus yang digunakan adalah *Euclidian Distance* pada persamaan 2.

$$d(x,y) = \|x-y\| = \sqrt{\sum_{i=0}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

dimana:

x_i : data x pada observasi ke-i

y_i : data y pada observasi ke-i

n : banyaknya observasi

4. Mengelompokkan setiap data berdasarkan jarak terdekat dengan *centroid*-nya.
5. Menentukan posisi titik pusat baru dengan cara menghitung rata-rata dari data yang berada pada pusat yang sama.

2.4. Definisi Bencana

UU nomor 24 tahun 2007 mendefinisikan bencana sebagai peristiwa yang dapat mengancam kehidupan. Bencana itu sendiri bisa disebabkan oleh faktor alam maupun non-alam. Dampak dari bencana ialah adanya korban jiwa, terjadinya kerusakan lingkungan, berdampak pada kejiwaan seseorang, serta adanya kerugian harta benda. Berdasarkan penyebab terjadinya, bencana alam dapat dikategorikan menjadi 3 bagian yaitu [12] :

1. Bencana alam geologis (disebabkan oleh gaya-gaya yang berasal dari dalam bumi). Contohnya seperti gempa bumi dan letusan gunung api.
2. Bencana alam klimatologis (disebabkan oleh faktor angin dan hujan). Contoh yang sering terjadi adalah banjir dan tanah longsor.
3. Bencana alam *ekstra-terrestrial* (terjadi di luar angkasa). Contohnya seperti tumbukan benda-benda langit atau yang biasa disebut meteor.

3. Metodologi Penelitian

Pengelompokan data pada penelitian ini dilakukan secara *non hierarki* yaitu dengan menggunakan Metode *K-Means*. Data yang digunakan bersumber dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Data yang digunakan adalah jumlah kejadian bencana alam menurut provinsi di Indonesia dari tahun 2013 sampai dengan 2018. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 34 provinsi, terdiri dari Provinsi Aceh sampai dengan Provinsi Papua. Tujuan penggunaan Metode *K-Means* adalah untuk mengelompokkan wilayah dengan karakteristik jumlah kejadian bencananya *relative* sama sehingga dapat diketahui wilayah mana saja yang rawan terjadi bencana alam. Pengolahan data mengenai Analisis Gerombol Metode *K-Means* dilakukan dengan menggunakan *software R versi 3.4.3* dan *Software Geogrphic Information System* untuk memvisualisasikan hasil klasifikasi. Analisis data yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut: (1) Membuat gambaran deskriptif dari data; (2) Mencari jumlah kluster yang optimal dengan menggunakan Metode *Elbow*, Metode *Silhouette*, dan GAP Statistik; (3) Membagi wilayah sesuai dengan jumlah kluster yang didapat; dan (4) Memberi nama kluster yang terbentuk.

4. Analisis Pembahasan

4.1. Gambaran Deskriptif Data

Karakteristik data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dari statistik deskriptif yang disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Statistik deskriptif untuk data yang digunakan

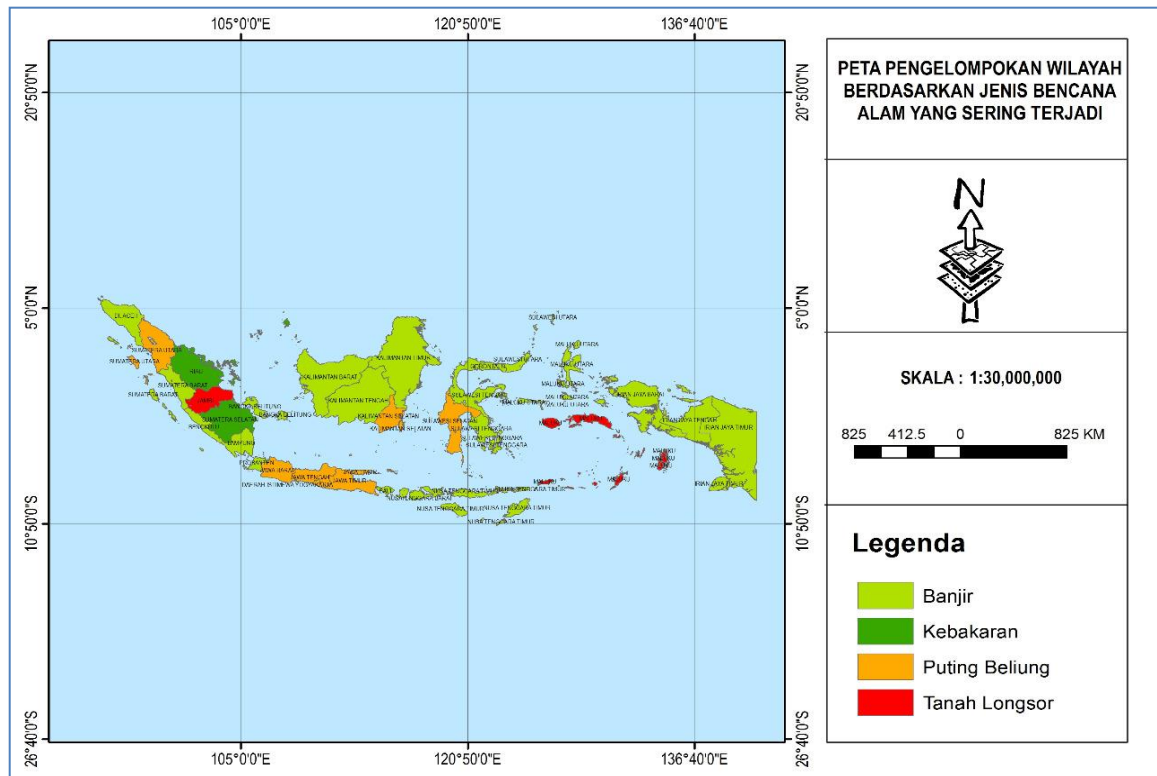
Variabel	Minimum	Maksimum	Median	Mean	Q1	Q3
Gempa Bumi	0	15	1	3	0	5
Tanah Longsor	0	914	14	80	6	36
Kebakaran	0	156	4	14	1	14
Banjir	7	554	62	103	25	105
Kekeringan	0	20	1	3	0	3
Letusan Gunung Api	0	11	0	1	0	1
Puting Beliung	0	623	40	89	16	79
Gelombang Pasang/Abrasi	0	15	2	3	0	4

Pada Tabel 1 terlihat bahwa rata-rata jumlah kejadian gempa bumi di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir (2013-2018) adalah sebesar 3 kejadian, dengan 50% datanya (Q2) berada di bawah 1 kejadian. Jumlah minimum kejadian gempa bumi di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana gempa bumi selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Riau, Lampung, Kep. Bangka Belitung, Kalimantan Barat, Kep. Riau, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 15 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Barat. Rata-rata jumlah kejadian tanah longsor di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 80 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 14 kejadian. Jumlah minimum kejadian tanah longsor di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana tanah longsor selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Kalimantan Utara. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 914 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Tengah.

Rata-rata jumlah kejadian kebakaran di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 14 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 4 kejadian. Jumlah minimum kejadian kebakaran di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana kebakaran selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Kep. Bangka Belitung, DI Yogyakarta, Lampung, Maluku Utara, Maluku, Sulawesi Barat, Papua, dan Papua Barat. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 156 kejadian yaitu pada Provinsi Kalimantan Timur. Rata-rata jumlah kejadian banjir di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 103 kejadian, dengan 50% datanya berada dibawah 62 kejadian. Jumlah minimum kejadian banjir di Indonesia adalah 7 kejadian yaitu pada Provinsi Kalimantan Utara. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 554 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Timur. Rata-rata jumlah kejadian kekeringan di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 3 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 1 kejadian. Jumlah minimum kejadian kekeringan di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana kekeringan selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Sumatera Utara, Jambi, Bengkulu, Kep. Bangka Belitung, Kep. Riau, Bali, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Barat, Sulawesi Utara, Gorontalo, Maluku, dan Papua Barat. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 20 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah.

Rata-rata jumlah kejadian letusan gunung api di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 1 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 0 kejadian. Jumlah minimum kejadian letusan gunung api di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana letusan gunung api selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Aceh, Sumatera Barat, Lampung, Sumatera Selatan, Riau, Bengkulu, Kepulauan Riau, Kepulauan Bangka Belitung, DKI Jakarta, Banten, Gorontalo, Maluku, Papua Barat, Papua, dan seluruh provinsi yang ada di Pulau Kalimantan serta Pulau Sulawesi. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 11 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Timur. Rata-rata jumlah kejadian puting beliung di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 89 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 40 kejadian. Jumlah minimum kejadian puting beliung di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana puting beliung selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Papua. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 623 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Tengah. Rata-rata jumlah kejadian gelombang pasang/abrasi di Indonesia dalam selang waktu 5 tahun terakhir adalah sebesar 3 kejadian, dengan 50% datanya berada di bawah 2 kejadian. Jumlah minimum kejadian gelombang pasang/abrasi di Indonesia adalah 0, artinya tidak tercatat terjadinya bencana gelombang pasang/abrasi selama selang waktu tersebut, provinsi tersebut adalah Jambi, Lampung, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Kep. Bangka Belitung, Kalimantan Utara, Sulawesi

Tenggara, Gorontalo, dan Papua Barat. Sedangkan jumlah maksimumnya adalah sebesar 15 kejadian yaitu pada Provinsi Jawa Timur. Peta pengelompokan wilayah berdasarkan jenis bencana alam yang sering terjadi dapat dilihat pada Gambar 1.

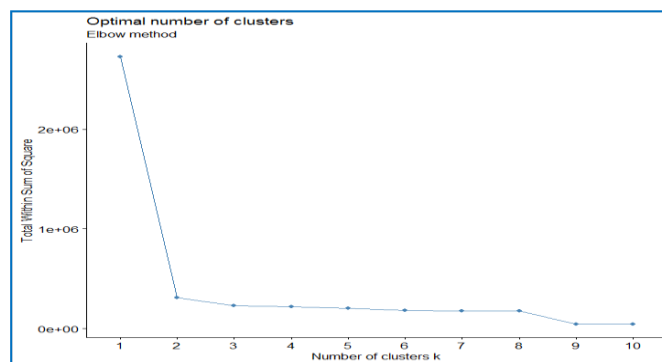


Gambar 1 Pengelompokan wilayah berdasarkan jenis bencana alam yang sering terjadi

4.2. Pengelompokan Data Menggunakan Metode K-Means Cluster

Pada metode *K-means* terdapat beberapa pertimbangan untuk menentukan jumlah kluster yang paling optimal. Pendekatan metode yang paling populer di antaranya adalah Metode *Elbow*, Metode *Silhouette*, dan GAP Statistik. Berikut keluaran/output dari masing-masing metode yang digunakan.

4.2.1. Metode Elbow

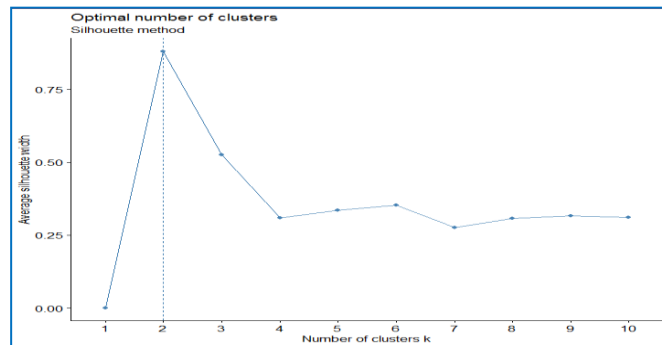


Gambar 2 Output R untuk metode Elbow

Keluaran pada Gambar 2 menggunakan nilai total *Whitin Sum Square* sebagai penentu jumlah kluster atau *k* optimalnya. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa garis mengalami patahan

yang membentuk siku ketika k bernilai 2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah kluster optimal yang diperoleh dari metode ini adalah 2.

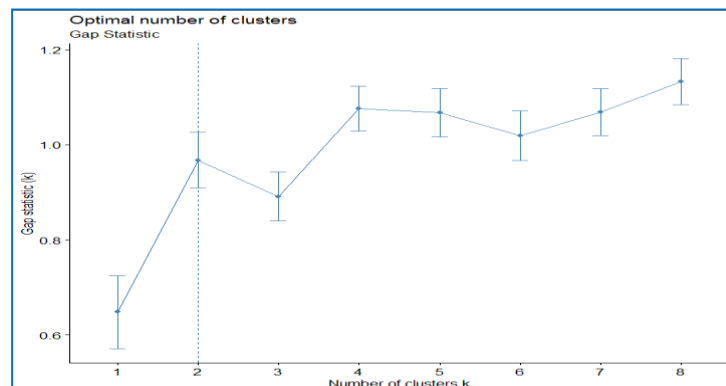
4.2.2. Metode Silhouette



Gambar 3 Output R untuk metode Silhouette

Penentuan k optimal dari metode *silhouette* ialah dengan melihat rata-rata nilai *silhouette*, dengan asumsi semakin tinggi nilai rata-ratanya maka k tersebut semakin optimal. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *silhouette* paling tinggi berada pada $k = 2$. Maka dengan menggunakan metode ini diperoleh k optimalnya yaitu pada saat $k = 2$.

4.2.3. GAP Statistic

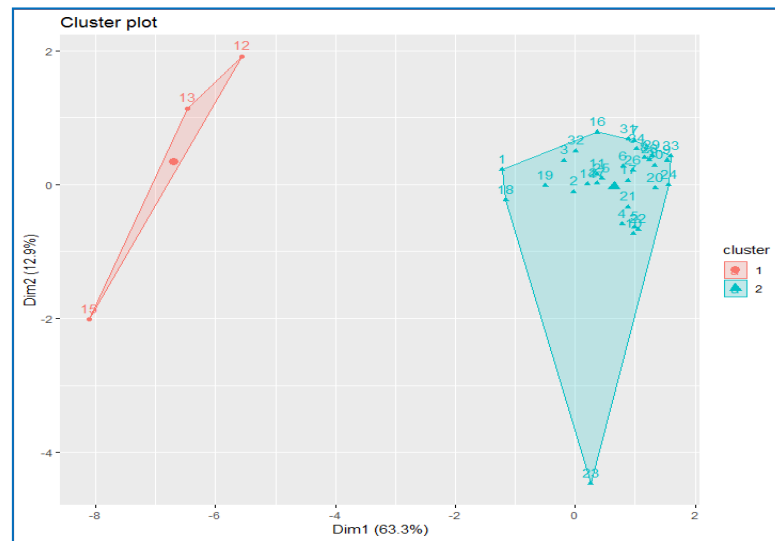


Gambar 4 Output R untuk GAP Statistic

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa $k = 2$ adalah jumlah yang optimal untuk membentuk kluster. Jika dibandingkan dengan metode-metode sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa nilai k yang optimal untuk membentuk kluster pada penelitian ini adalah 2.

4.3. Pengelompokan Wilayah dengan Jumlah Cluster = 2

Untuk mengetahui anggota dari masing-masing kluster digunakan selisih jarak antara setiap objek dengan setiap *centroid*. Nilai dari *centroid* pertama dapat dipilih secara acak. Perhitungan jarak dilakukan dengan menggunakan persamaan jarak *Euclidian* pada persamaan 2, dimana objek dengan jarak terdekat dijadikan satu gerombol.



Gambar 5 Output R penentuan anggota kluster

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa dengan jumlah kluster 2, terbentuk kluster 1 yang terdiri dari 3 provinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Jawa Barat. Sedangkan kluster 2 terdiri dari 31 provinsi sisanya, yaitu DKI Jakarta, Banten, DI Yogyakarta, dan seluruh provinsi yang ada di Pulau Sumatera, Sulawesi, Kalimantan, Nusa Tenggara, Kep. Maluku, serta Papua.

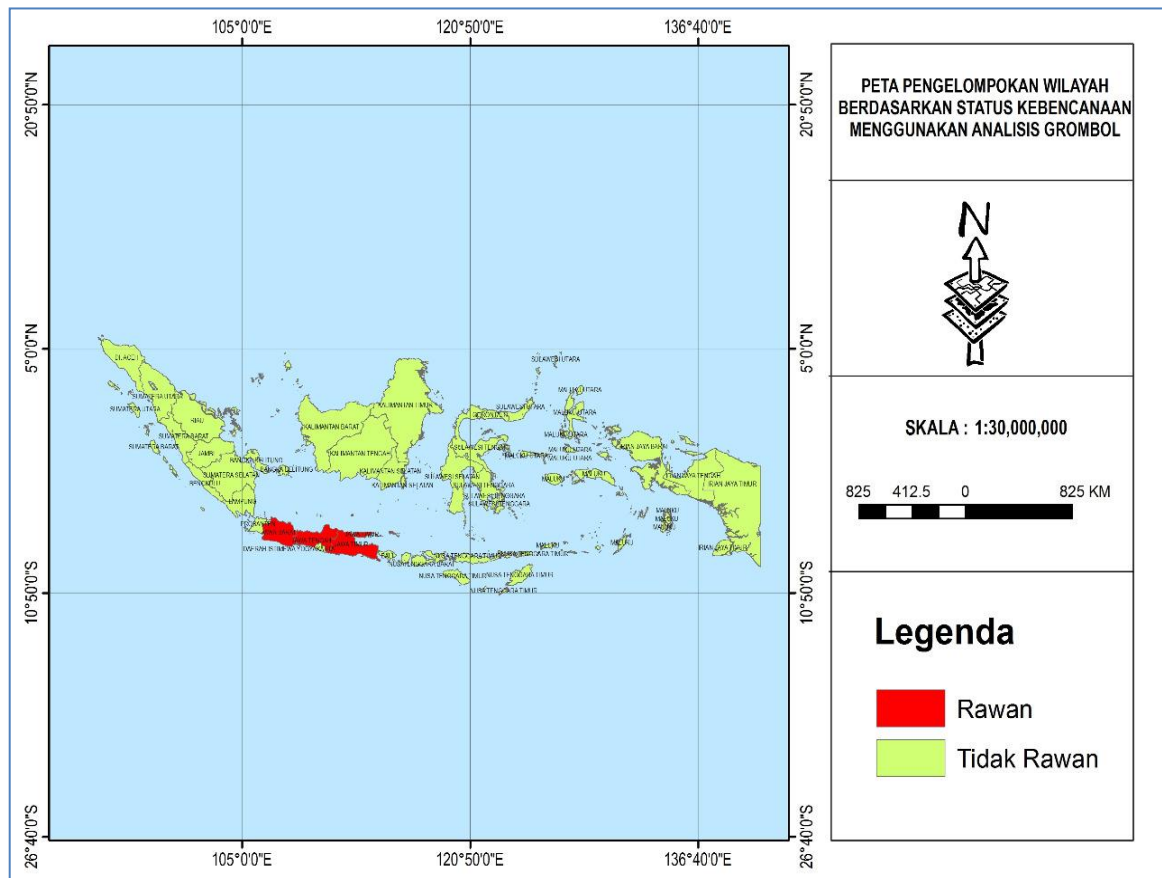
4.4. Identifikasi Cluster yang terbentuk

Penentuan nama kluster dapat dilihat berdasarkan perbandingan nilai *mean* masing-masing variabel untuk setiap kluster. Pada penelitian ini, rata-rata jumlah kejadian bencana alam menurut kluster dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Rata-rata kejadian bencana alam menurut kluster

Kluster	Gempa Bumi	Tanah Longsor	Kebakaran	Banjir	Kekeringan	Letusan Gunung Api	Puting Beliung	Gelombang Pasang/Abrasi
1	11	690	32,7	482	18,7	5,67	558	8
2	2,32	21,5	12,4	65,9	1,45	0,774	43,7	2,52

Berdasarkan Tabel 2, maka dapat dilakukan profilisasi untuk setiap kelompok yang terbentuk. Dimana kluster 2 merupakan daerah yang memiliki jumlah kejadian bencana alam, dalam periode waktu 5 tahun terakhir, yang lebih sedikit dibandingkan kluster 1. Sehingga dapat dikatakan provinsi yang masuk ke dalam wilayah kluster 1 merupakan provinsi yang rawan terjadinya bencana alam, sementara provinsi di dalam kluster 2 merupakan daerah yang tidak rawan terjadi bencana alam. Peta pengelompokan wilayah berdasarkan status kebencanaan hasil Analisis *Cluster* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Pengelompokan wilayah berdasarkan status kebencanaan hasil Analisis *Cluster*

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode *K-Means*, data jumlah kejadian bencana alam periode waktu 5 tahun terakhir (2013-2018) di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 2 kluster. Dimana kluster pertama yaitu daerah yang rawan terjadinya bencana alam terdiri dari 3 provinsi, di antaranya Provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Jawa Barat. Sedangkan kluster 2 atau daerah yang tidak rawan terjadinya bencana alam terdiri dari 31 provinsi, di antaranya adalah Provinsi DKI Jakarta, Banten, DI Yogyakarta, dan seluruh provinsi yang ada di Pulau Sumatera, Sulawesi, Kalimantan, Nusa Tenggara, Kep. Maluku, serta Papua.

Saran yang diberikan peneliti berdasarkan penelitian ini yaitu pemerintah terutama pihak Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) disarankan lebih menaruh perhatiannya ke daerah yang termasuk ke dalam kluster pertama.

Daftar Pustaka

- [1] Anjayani, E. 2008. *Indonesia di Pertemuan Lempeng Tektonik*. Cempaka Putih. Klaten.
- [2] Parker. 1992. *Pencegahan dan Manajemen Bencana*. PT Gramedia Utama. Jakarta.
- [3] Solimun, Fernandes, A. A. R., dan Nurjannah. 2017. *Metode Statistika Multivariat Pemodelan Persamaan Struktural (SEM) Pendekatan WarpPLS*. UB Press. Malang.
- [4] Alkarkhi, Abbas, F. M., dan Wasin, A. A. A. 2018. *Easy Statistics for Food Science with R*. MPS Limited. India.
- [5] Everitt, Brian, S., Sabine, L., Morven, L., dan Daniel, S. 2011. *Cluster Analysis Five Edition*. King's College London. UK.
- [6] Romesburg, Charles, H. 2004. *Cluster Analysis For Researchers*. Lulu Press. North Carolina.
- [7] Adie. 2008. *Analisis Peubah Ganda (Multivariate Analysis)*. <http://adie08.files.wordpress.com/2008/066/analisis-peubah-ganda.pdf>. Tanggal akses 27 Oktober 2018.
- [8] Fitriana, A. R., Rusyana, A., dan Wisreini. 2011. Analisis Biplot untuk Mengetahui Kebutuhan terhadap Lulusan Program Studi Statistika. *Jurnal Matematika, Statistika, dan Komputasi*. 8(2) : 39-51.
- [9] Rusyana, A., Nurhasanah and Maulizasari. 2018. *Description of the Supporting Factors of Final Project in Mathematics and Natural Sciences Faculty of Syiah Kuala University with Multiple Correspondence Analysis*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. (1) : 352.
- [10] Johnson, R. A., dan Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate statistical Analysis Six Edition*. Pearson Prentice. New Jersey.
- [11] Ediyanto, Mara, M. N., dan Satyahadewi, N. 2013. Pengklasifikasian Karakteristik dengan Metode K- Means Cluster Analysis. *Buletin Ilmiah Matematika Statistik dan Terapannya*. 2(2) : 133-136.
- [12] Eko. 2012. *Makalah Bencana Alam*. <http://ekookdamezs.blogspot.com/2012/04/makalah-bencana-alam.pdf>. Tanggal akses 27 Oktober 2018.

Pendeteksian Penyakit Diabetes di RSUD Zainoel Abidin Banda Aceh dengan Sistem Fuzzy Mamdani

Munawar¹, Marzuki^{2*}, Radhiah³

^{1,2}Statistika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

³Matematika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

Email: munawar@unsyiah.ac.id; marzuki@unsyiah.ac.id*; radhiah@unsyiah.ac.id

Abstrak

Diabetes merupakan salah satu penyakit kronis yang dapat menimbulkan komplikasi kesehatan. Kecepatan dan komplikasi di antara ras dan kebudayaan ditemukan perbedaannya. Logika fuzzy mengandung nilai yang kabur atau samar di antara dua nilai yaitu benar atau salah. Teori logika fuzzy menyatakan bahwa sebuah nilai sekaligus bernilai salah dan benar. Nilai benar dan salah itu ditentukan dengan fungsi keanggotaan yang dipilih. Teori logika fuzzy didasarkan pada himpunan fuzzy yang merupakan himpunan untuk mengelompokkan sesuatu berdasarkan variabel linguistik. Himpunan fuzzy dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Derajat keanggotaannya memiliki nilai dalam interval 0 dan 1. Dalam tulisan ini, metode fuzzy Mamdani digunakan sebagai metode penentuan tingkat keakuratan dalam mendeteksi penyakit diabetes. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tua usia dan semakin sangat tinggi kolesterol seseorang maka akan semakin besar resiko terkena penyakit diabetes. Pada sistem inferensi fuzzy, metode mamdani adalah salah satu metode yang memiliki keakuratan yang tinggi.

Abstract

Diabetes is a chronic disease that can cause serious health complications. The frequency and complication between race, country and culture are found to be different. Fuzzy logic is a value that has the ambiguity between right and wrong. In fuzzy logic theory, a value can be true and false value simultaneously but how much truth and error of a value depends on how much weight the membership has. In the theory of fuzzy logic known as fuzzy sets which is a grouping of things based on language variables (linguistic variables) which are expressed in membership functions with value zero to one. Mamdani fuzzy logic method can be used to determine the level of accuracy to detect diabetes. The test results show that the older the age and the very high cholesterol a person has, the greater the risk of developing diabetes. In the fuzzy inference system, the mamdani method is one method that has high accuracy.

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diajukan 26 Desember
2018

Diterima 29 Desember
2018

Kata Kunci :

Diabetes,
Logika Fuzzy,
Metode Mamdani

Keywords:

Diabetes
Fuzzy Logic
Mamdani Method

1. Pendahuluan

Logika fuzzy terdiri dari dua atribut yaitu secara numerik dan secara linguistik. Logika fuzzy secara linguistik memberikan penerapan yang lebih mudah untuk dipahami, karena menggunakan bahasa sehari-hari seperti baik, buruk, ya, atau tidak. Logika fuzzy merupakan suatu sistem yang digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam permasalahan yang bersifat ketidakpastian (ambigu).

Diabetes melitus dapat dikatakan sebagai kumpulan masalah anatomik dan kimiawi dari efek beberapa [1]. Penentuan resiko terkena diabetes bergantung kepada data dari sampel pasien rumah sakit yang diambil. Resiko terkena diabetes dapat ditentukan berdasarkan usia dan kolesterol pasien. Semakin sangat tua usia pasien dan sangat tinggi pada kolesterol pasien, maka semakin tinggi tingkat resiko terkena diabetes terhadap pasien.

Permasalahan yang timbul dari penelitian ini adalah bagaimana menentukan resiko terkena penyakit diabetes terhadap usia dan kolesterol pasien. Penentuan hasil yang lebih akurat dapat dilakukan setelah menentukan resiko tersebut.

Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan metode Mamdani dalam hal peningkatan akurasi dibandingkan penelitian terdahulu dan mendeteksi faktor penyebab resiko terkena penyakit diabetes. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sistem informasi di dalam pengambilan keputusan pada penentuan tingkat resiko terkena penyakit diabetes terhadap pasien.

2. Tinjauan Kepustakaan

Penelitian Caipo Zhang, Jinjie Song dan Zhilong Wu menerapkan logika *fuzzy* metode Sugeno dengan pelatihan jaringan syaraf *Backpropagation*. Parameter yang digunakan untuk mendeteksi diabetes mellitus gestasional adalah jumlah kehamilan, konsentrasi glukosa plasma, indeks massa tubuh, fungsi silsilah diabetes, dan usia [2]. Adeli Ali dan Neshat Mehdi menjelaskan bahwa jenis nyeri dada, tekanan darah, kolesterol, gula darah, detak jantung, resting electrocardiography (ECG), olah raga, depresi, thallium scan, jenis kelamin, dan usia merupakan parameter untuk menentukan pasien yang terkena penyakit jantung.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari beberapa jenis metode fuzzy yang lain yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu. Penelitian ini menggunakan jenis metode fuzzy Mamdani dengan menggunakan variabel umur, kolesterol, dan tekanan darah sebagai data masukan dan variabel resiko diabetes sebagai data keluaran. Sedangkan parameter yang digunakan untuk variabel umur adalah muda, paruh baya, tua, dan sangat tua. Parameter untuk variabel kolesterol adalah gemuk berat, gemuk ringan, normal, kurus ringan, dan kurus berat. Parameter untuk variabel tekanan darah adalah rendah, normal, tinggi, dan sangat tinggi. Parameter untuk variabel resiko diabetes adalah sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah serta sangat rendah.

Himpunan fuzzy merupakan suatu kelompok yang digunakan sebagai gambaran suatu kondisi yang tertentu dalam variabel fuzzy. Representasi himpunan fuzzy terdiri atas 2 atribut yaitu linguistik yang merupakan penamaan kelompok menggunakan bahasa alami seperti muda, paruh baya, tua, dan sangat tua. Atribut kedua direpresentasikan secara numerik ataupun angka yang biasanya menunjukkan ukuran tertentu dari suatu variabel seperti 32, 40, 50, 60 [4].

Metode Mamdani dikategorikan ke dalam kelompok logika fuzzy. Teori logika ini menyatakan bahwa sebuah nilai sekaligus bernilai salah dan bernilai benar. Nilai benar dan salah itu ditentukan dengan fungsi keanggotaan yang dipilih. Tingkat kebenarannya ini dinamakan tingkat atau derajat keanggotaannya. Kemudian ada pula istilah himpunan fuzzy yaitu himpunan

yang mengelompokkan sesuatu atas dasar variabel linguistik. *Fuzzy inference system* atau sistem inferensia fuzzy merupakan proses pemetaan dari input ke output dengan logika fuzzy. Pemetaan ini dijadikan dasar dari keputusan yang akan diambil. Inferensial fuzzy minimal melibatkan tiga tahapan dalam prosesnya yaitu fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy, operator-operator logika fuzzy, dan aturan jika-maka [5].

Penyakit Diabetes Melitus juga dikenal dengan penyakit kencing manis atau pada sebagian masyarakat dinamai dengan penyakit gula darah. Penyakit ini tergolong ke dalam penyakit kronis. Gejalanya ditandai kadar gula dalam darah naik akibat adanya gangguan sistem metabolisme di dalam tubuh, yaitu organ pankreas tidak sanggup menghasilkan hormon insulin yang sesuai dengan kebutuhan tubuh [6].

Gejala lain adalah sering berkemih dalam jumlah yang banyak, rasa haus dan lapar berlebihan sehingga harus banyak makan dan minum. Sebagian pasien ada yang sama sekali tidak menyadari sedang menderita diabetes. Pasien akan sadar adanya gejala diabetes di waktu melakukan pemeriksaan kesehatan bahwa kadar glukosa darahnya tinggi. Komplikasi keracunan glukosa akan terjadi dalam jangka waktu lama. Akibatnya terjadi kebutaan atau seperti kaki busuk (gangren) sehingga harus diamputasi [7]. Pendidikan kesehatan berpengaruh terhadap peningkatan pengetahuan keluarga [8] sehingga dapat mengurangi resiko anggota keluarga terkena penyakit.

3. Metode Penelitian

Proses klasifikasi resiko terkena diabetes dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama adalah penentuan variabel input dari penelitian ini, yaitu usia, kolesterol, dan tekanan darah. Langkah kedua adalah penentuan aturan Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani yaitu fuzzifikasi, inferensi, komposisi, dan defuzzifikasi. Langkah ketiga adalah penerapan aturan dengan toolbox FIS Matlab. Kemudian langkah keempat dan kelima masing-masing adalah penyesuaian data dan penetapan hasil dan kesimpulan.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah berupa data usia, kolesterol, dan tekanan darah. Data ini bersumber dari Rumah Sakit Umum Daerah Zainoel Abidin di Banda Aceh.

Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu segitiga dan trapesium. Variabel input yang dibentuk berupa data pasien yang berobat di rumah sakit, yaitu usia, kolesterol, dan tekanan darah. Sedangkan variabel output berupa tingkatan resiko terkena penyakit diabetes yaitu Sangat Tinggi, Tinggi, Sedang, Rendah dan Sangat Rendah.

Inferensi (penalaran) merupakan suatu aturan dasar yang digunakan di dalam sistem kendali logika fuzzy. Inferensi logika fuzzy yang dipakai dalam tulisan ini adalah relasi "Jika-Maka" atau "If-Then" yang digunakan untuk aturan tingkatan resiko terkena penyakit diabetes. Nilai Muda, Paruh Baya, Tua dan Sangat Tua menyatakan nilai linguistik (linguistic value) pada Usia. Nilai Normal, Sedang, Tinggi dan Sangat Tinggi menyatakan nilai linguistik pada Kolesterol. Nilai Sangat Tinggi, Tinggi, Normal, dan Rendah menyatakan nilai linguistik pada Tekanan Darah yang didefinisikan sebagai pernyataan antesedent (premis) dalam interval usia, kolesterol, dan tekanan darah. Komposisi aturan yang digunakan adalah aturan Max. Proses defuzzifikasi yang diterapkan di dalam kajian ini adalah metode Centroid. Pengolahan data pada penelitian ini berupa pemasukan nilai input dan output menggunakan alat bantuan toolbox FIS atau *Fuzzy Inference System* yang tersedia di dalam perangkat lunak MATLAB v7.8.0.

4. Analisis Pembahasan

Variabel masukan (input) yang digunakan adalah usia, tekanan darah, dan kolesterol, lihat Tabel 1. Sedangkan resiko diabetes merupakan variabel keluaran (output)-nya. Data usia, tekanan darah, dan kolesterol ini bersumber pada penelitian yang dilakukan oleh [9].

Tabel 1 Data Pasien RSUDZA

Usia (tahun)	Tekanan Darah (mmHg)	Kolesterol LDL (mg/dL)
50	190	205
53	100	86
85	120	83
56	130	129
45	110	146
68	110	112
51	120	80
56	167	129
49	110	98
62	120	164
66	130	163
53	150	99
59	120	41
42	100	144
77	120	42
57	125	69
70	168	188
57	140	157
72	198	128
50	150	179

Himpunan variabel dibentuk dengan menggunakan nilai minimum dan maksimum, lihat Tabel 2.

Tabel 2 Daftar variabel yang digunakan

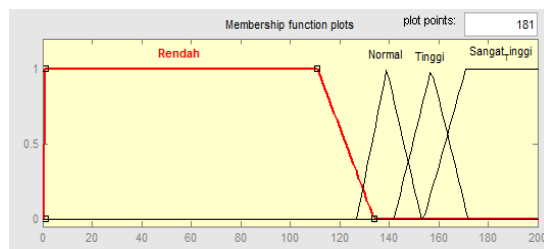
Fungsi	Variabel	Semesta
Input	Usia	[1, 100]
	Tekanan Darah	[1, 200]
	Kolesterol	[1, 300]
Output	Resiko Diabetes	[0, 10]

Variabel input usia, Tekanan Darah dan Kolesterol masing-masing menyatakan datanya dalam satuan tahun, mmHg, dan mg/dl. Himpunan fuzzy untuk masing-masing variabel yang digunakan dapat disajikan pada Tabel 3.

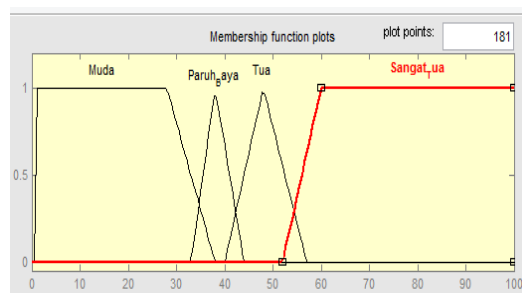
Gambar 1 hingga Gambar 4 masing-masing merupakan fungsi derajat keanggotaan untuk variabel input yaitu usia, tekanan darah, dan kolesterol serta variabel output yaitu resiko terkena diabetes.

Tabel 3 Domain himpunan fuzzy

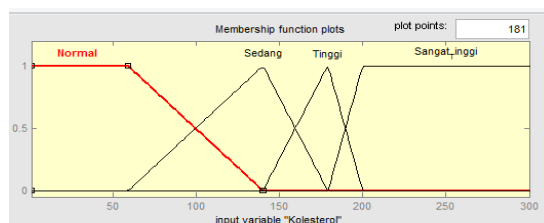
Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Usia	Muda	[1, 38]
	Paruh Baya	[33, 45]
	Tua	[40, 58]
	Sangat Tua	[52, 100]
Tekanan Darah	Rendah	[1, 134]
	Normal	[127, 153]
	Tinggi	[142, 172]
	Sangat Tinggi	[154, 200]
Kolesterol	Normal	[1, 140]
	Sedang	[59, 179]
	Tinggi	[140, 200]
	Sangat Tinggi	[179, 300]
Resiko Diabetes	Sangat Rendah	[0, 1]
	Rendah	[0, 2]
	Normal	[1, 3]
	Tinggi	[2, 4]
	Sangat Tinggi	[4, 10]



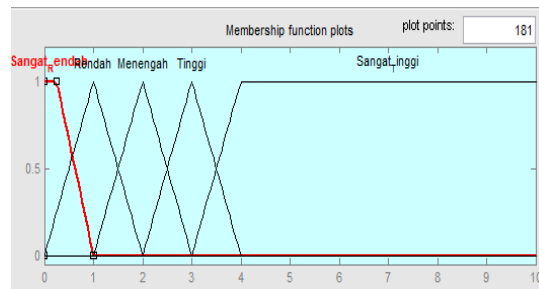
Gambar 1 Fungsi keanggotaan variabel usia



Gambar 2 Fungsi keanggotaan variabel Tekanan darah



Gambar 3 Fungsi keanggotaan variabel kolesterol



Gambar 4 Fungsi keanggotaan variabel resiko diabetes

Pembentukan penalaran disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Tabel aturan fuzzy

Atur-an	Input			Output
	Usia	Tekanan Darah	Kolesterol	Resiko Diabetes
1	Mu	R	N	SR
2	Mu	R	S	SR
3	Mu	R	Tg	R
4	Mu	R	STg	Me
5	Mu	N	N	Me
6	Mu	N	S	Me
7	Mu	N	Tg	Tg
8	Mu	N	STg	Tg
9	Mu	Tg	N	R
10	Mu	Tg	S	Me
11	Mu	Tg	Tg	Tg
12	Mu	Tg	STg	Tg
.	...	...	...	...
.	...	...	...	...
.	...	...	...	...
63	STu	STg	Tg	STg
64	STu	STg	STg	STg

Dengan Mu = Muda, Pb = Paruh Baya, Tu = Tua, STu = Sangat Tua, SR = Sangat Rendah, R = Rendah, N = Normal, S = Sedang, Tg = Tinggi, STg = Sangat Tinggi, dan Me = Menengah.

Berdasarkan perancangan sistem inferensi fuzzy (FIS) yang dibentuk dengan menggunakan gabungan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium, selanjutnya dilakukan pengujian FIS dengan mengambil 20 data sampel berdasarkan data dari Tabel 1. Tabel 5 di bawah ini merupakan hasil pengujian FIS berdasarkan Usia, Tekanan darah, dan Kolesterol untuk melihat Resiko Diabetes.

Hasil pengujian untuk setiap data variabel input dapat dilihat bahwa yang menentukan Resiko diabetes adalah usia dan kolesterol (Tabel 5). Semakin tua usia dan sangat tinggi kolesterol maka akan semakin besar resiko terkena penyakit diabetes.

Tabel 5 Hasil pengujian untuk setiap data variable input

No. Tes	Umur (tahun)	Tekanan Darah (mmHg)	Kolesterol LDL (mg/dL)	Output	Resiko Diabetes
1	50	190	205	6.72	Sangat Tinggi
2	53	100	86	2.22	Menengah
3	85	120	83	2.35	Menengah
4	56	130	129	2.4	Menengah
5	45	110	146	2.22	Menengah
6	68	110	112	2.63	Tinggi
7	51	120	80	2	Menengah
8	56	167	129	2.78	Tinggi
9	49	110	98	2	Menengah
10	62	120	164	3	Tinggi
11	66	130	163	2.5	Menengah
12	53	150	99	2.5	Menengah
13	59	120	41	2	Menengah
14	42	100	144	1.66	Rendah
15	77	120	42	2	Menengah
16	57	125	69	2.23	Menengah
17	70	168	188	6.67	Sangat Tinggi
18	57	140	157	2.45	Menengah
19	72	198	128	2.81	Tinggi
20	50	150	179	3	Tinggi

5. Kesimpulan dan Saran

Usia, Tekanan darah dan Kolesterol merupakan beberapa contoh variabel yang bisa digunakan untuk menentukan resiko terkena penyakit diabetes. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa Semakin tua usia dan semakin sangat tinggi kolesterol seseorang maka akan semakin besar resiko terkena penyakit diabetes. Pada sistem inferensi fuzzy, metode mamdani adalah salah satu metode yang memiliki keakuratan yang tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Suyanto, S.. 2008. Soft Computing Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi. Bandung: Informatika.
- [2] Zhang, C., Song, J., Wu, Z. 2009. Fuzzy Integral Be Applied to the Diagnosis of Gestational Diabetes Mellitus. Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Tianjin : IEEE.
- [3] Ali, A., Mehdi, N. 2010. A Fuzzy Expert System for Heart Disease Diagnosis. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (Vol I). Hong Kong : IMECS.

- [4] Mulyanta, E.S., 2006. Pengolahan Digital Image dengan Photoshop CS2. Yogyakarta : Andi.
- [5] Naba, E.A., 2009. Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB. Yogyakarta: Andi.
- [6] Shaheen, A., Khan, W.A. 2009. Intelligent Decision Support System in Diabetic eHealth Care From the perspective of Elders. Thesis. Ronneby : Department of School of Computing Bleking Institute of Technology Soft Center.
- [7] Kusumadewi, S., Purnomo, H. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [8] Zahara, R., Hizir, H., Hermansyah, H. 2015. Jurnal Ilmu Keperawatan 3(2) : Pendidikan Kesehatan terhadap Peningkatan Pengetahuan Keluarga Penderita Skizofrenia dengan Perilaku Kekerasan. Banda Aceh : Magister Keperawatan Universitas Syiah Kuala.
- [9] Izazi. 2016. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendiagnosis Tingkat Keparahan Penyakit Jantung (Studi Kasus di RSUDZA Banda Aceh). Skripsi. Banda Aceh : Universitas Syiah Kuala.

Journal of Data Analysis: Statistics and Its Applications

Writing Guidelines

1. The page size should be A4. Each page should have clear margins of 4cm (top), 3.5cm (left), 2.5 (right) and 2.5cm (bottom). Pages should not contain page numbers.
2. All articles must contain an abstract in Indonesian and English.
3. The number of pages is maximum 20 pages per article.
4. The title should be followed by a list of all authors' names and their affiliations. The authors' affiliations follow the author list. If there is more than one address then a superscripted number should come at the start of each address. Each author should also have a superscripted number or numbers following their name to indicate which address, or addresses, are the appropriate ones for them. E-mail addresses may be given for any or all of the authors.
5. The abstract follows the list of addresses. The abstract text should be indented 25 mm from the left margin at font size 10 and written without keywords. As the abstract is not part of the text it should be complete in itself; no table numbers, figure numbers, references or displayed mathematical expressions should be included. Abstract is preferably written without any abbreviations and should be suitable for direct inclusion in abstracting services.
6. The text of your article should start on the same page as the abstract and is written in single space, NOT double space. Any Acknowledgments should be placed immediately after the last numbered section of the paper, and any appendices after the Acknowledgments section. Any citations in the text body should be written in a square bracket [1] and following the order [2, 3, 4], etc. In regards to this, the reference section does not necessarily have to be written in alphabetical order.
7. Figures and tables should be numbered serially and positioned (centred on the width of the page) close to where they are mentioned in the text, not grouped together at the end. Each figure and table should have a brief explanatory caption. Figure and table numbers should start from 1, following the order 2, 3, etc, and put on bold. For example, the first figure in section 3 should be written as Figure 1 and NOT Figure 3.1.
8. Equations are located in center with number of the equation which must be called in the text.
9. Authors can submit supplementary data attachments to enhance the online version articles. Supplementary data enhancements typically consist of video clips, animations or supplementary data such as data files, tables of extra information or extra figures.
10. If an acknowledgment is made, it should be included at the very end of the paper before the references. This section includes acknowledgment of people, grant details, funds, etc.
11. the authors, in the form: family name (only the first letter capitalized) followed by initials with no periods after the initials; the year of publication; the article title (optional) in lower case letters, except for an initial capital; the journal title (italic and abbreviated). Parts denoted by letters should be inserted after the journal in Roman type; the volume number in bold type; the article number or the page numbers.

Primer Artikel Primer

Format: <authors>. <year>. <paper title>. <journal title/periodical> <volume> <(issue)>: <page>.

For example:

[1] Harder, S. 2010. From Limestone to Catalysis: Application of Calcium Compounds as Homogeneous Catalysts. Chem. Rev. 110 (7): 3852– 3876.

Text Book

Format: <authors>. <year>. <book title>. <publisher>, <city>.

For Example:

[2] Stanbury, P. F., Whitaker, A., and Hall, S. J. 1995. Principles of Fermentation Technology 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford UK.

ISSN 2623-2286 (On-line); ISSN 2623-0658 (Print)



9 772623 228000



9 772623 065001