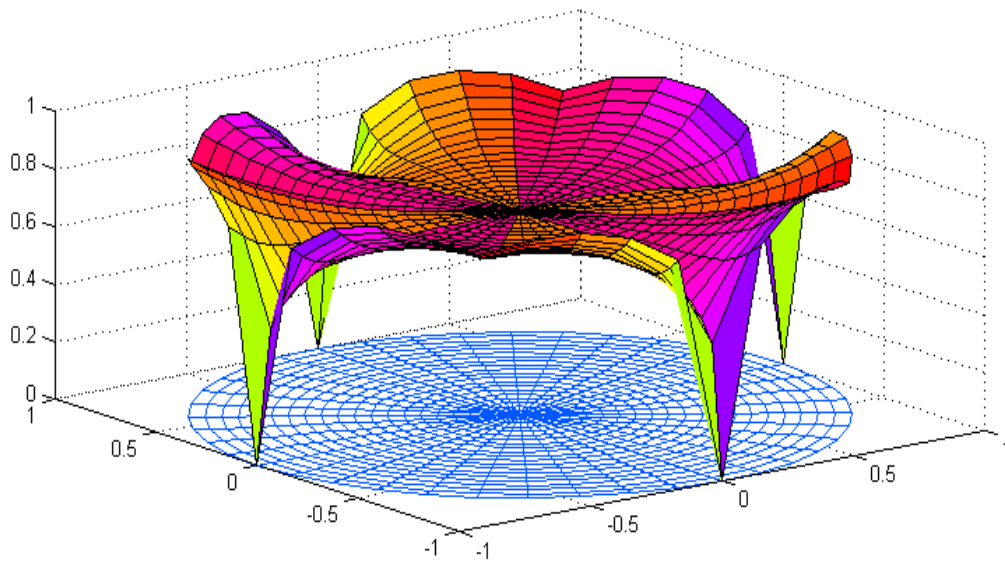


Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

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



Barekeng

jurnal ilmu matematika dan terapan

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

Diterbitkan oleh:

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Pattimura

Ambon

Agustus 2019

Copyright © Jurusan Matematika FMIPA Unpatti 2019

PENANGGUNG JAWAB

Ketua Jurusan Matematika

FMIPA - Universitas Pattimura

KETUA DEWAN REDAKSI (EDITOR IN CHIEF)

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

TIM AHLI PENYUNTING (EXPERT EDITORIAL TEAM)

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

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

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

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

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

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

Subchan, M.Sc., Ph.D. (Institut Teknologi Kalimantan (ITK), Balikpapan)

Dr. Atje Setiawan Abdullah, MS., M.Kom. (Universitas Padjajaran, Bandung)

Dr. Ikha Magdalena, M.Si. (Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung)

Dr. Rr. Kurnia Novita Sari, M.Si (Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung)

Dr. Sobri Abusini, MT. (Universitas Brawijaya (UB), Malang)

Dr. Fajar Adi Kusumo, M.Si. (Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta)

Dr. Sumardi, M.Si. (Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta)

Dr. Sutikno, S.Si., M.Si. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya)

Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom. (Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor)

ASISTEN PENYUNTING (ASISTANT EDITORIAL)

M. I. Tilukay, S.Si, M.Si. (Managing Editor)

B. P. Tomasouw, S.Si., M.Si. (Production Editor)

Muh. Y. Matdoan, S.Si, M.Si. (Section Editor)

N. Lewaherilla, ST., M.Si. (Proofreader)

J. E. T. Radjabaycolle, S.Si., M.Cs. (Copy Editor)

Venn Y. I. Ilwaru, S.Si., M.Si. (Layout Editor)

PENERBIT (PUBLISHER)

Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura Ambon,

bekerjasama dengan

Himpunan Matematika Indonesia (*The Indonesian Mathematical Society* / IndoMS)

SEKRETARIAT (EDITORIAL ADDRESS)

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Pattimura

Alamat: Ex. Gedung UT Lantai 2, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura

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

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

Email: barekeng.math@yahoo.com; barekeng.jurmath@gmail.com; barekeng.math@fmipa.unpatti.ac.id

Telp./HP./WA.: 085243358669

Ucapan Terima Kasih bagi para Penyunting Pelaksana (Peer Reviewer) Volume 13 Nomor 2 Agustus 2019

Redaksi BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, mengucapkan terima kasih kepada para penyunting (reviewer) yang telah menelaah dan menyunting naskah BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan pada terbitan Volume 13 Nomor 2, Edisi Agustus 2019, berikut:

1. Dr. Ikha Magdalena (Institut Teknologi Bandung, Bandung)
(Email: ikha.magdalena@math.itb.ac.id)
2. Nurwan, M.Si. (Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo)
(Email: nurwan@ung.ac.id)
3. Richard Lewerissa, S.Si., M.Sc. (Universitas Papua, Papua)
(Email: rich_lewe@yahoo.com)
4. Laura Anastasi Sesoragi Laponi, S.Si., M.Sc. (Universitas Nusa Cendana, NTT)
(Email: laura_laponi@staf.undana.ac.id)
5. Dr. Atje Setiawan Abdullah, MS., M.Kom. (Universitas Padjajaran, Bandung)
(Email: atje.setiawan@unpad.ac.id)
6. Ari Irawan, M.Pd. (Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta)
(Email: ari_irawan@unindra.ac.id)
7. Prof. Dr. T. G. Ratumanan, M.Pd. (Universitas Pattimura, Ambon)
(Email: gratumanan@yahoo.com)
8. Dr. Dwi Rahmawati, M.Pd.. (Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung)
(Email: dwirahmawati083@gmail.com)
9. Ahmad Hanif Asyhar (UIN Sunan Ampel Surabaya, Surabaya)
(Email: hanif@uinsby.ac.id)
10. Dr. Teguh Herlambang, S.Si., M.Si. (Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Surabaya)
(Email: teguh@unusa.ac.id)
11. Dr. Rohana, S.Si., M.Pd. (Universitas PGRI Palembang, Palembang)
(Email: rohana@univpgri-palembang.ac.id)
12. Dr. Yatha Yuni, M.Pd. (STKIP Kusuma Negara Jakarta, Jakarta)
(Email: yathayuni@stkipkusumanegara.ac.id)
13. Dr. Erfan Yudianto, M.Pd. (Universitas Negeri Jember, Jember)
(Email: erfanyudi@unej.ac.id)
14. Dr. Tatag Yuli Eko Siswono, M.Pd. (Universitas Negeri Surabaya, Surabaya)
(Email: tatagsiswono@unesa.ac.id)
15. Neva Satyahadewi, M.Sc., (Universitas Tanjungpura, Pontianak)
(Email: neva.satya@math.untan.ac.id)
16. Muhammad Ahsan (Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya)
(Email: ahsan4th@gmail.com)
17. Francis Y. Rumlawang, S.Si., M.Si. (Universitas Pattimura, Ambon)
(Email: rumlawang@gmail.com)
18. Dr. Sumardi, M.Si. (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)
(Email: mardimath@ugm.ac.id)

**ARTIKEL**

- | | | |
|--|--|------------------|
| <p>PEMODELAN REAKSI SUHU UDARA TERHADAP PENYINARAN CAHAYA MATAHARI DALAM HUTAN BAKAU
<i>Modeling Air Temperature Reaction on Sunlight Lighting in Mangrove Forests</i></p> | <p>Mario Nikolaus Dalengkade</p> | <p>061 - 068</p> |
| <p>POTENSI ENERGI PANAS BUMI DAN REKOMENDASI PEMANFAATANNYA PADA DAERAH HARUKU MALUKU TENGAH
<i>Potential of Geothermal Energy and Recommended Utilization in The Haruku Area, Central of Maluku</i></p> | <p>Helda Andayany Mirtha
Yunitha Sari Risakota</p> | <p>069 - 074</p> |
| <p>KARAKTERISTIK ETNOMATEMATIKA SUKU NUAULU DI MALUKU PADA SIMBOL ADAT CAKALELE
<i>Ethnomatematic Charateristics of Nuaulu Tribe in The Traditional Symbol of Cakalele</i></p> | <p>Patma Sopamena Fahruh
Juhaevah</p> | <p>075 - 084</p> |
| <p>STRATEGI SCAFFOLDING BERDASARKAN GAYA BELAJAR DAN ARGUMENTASI SISWA: STUDI KASUS PADA PEMBELAJARAN POLA BILANGAN
<i>Scaffolding Strategies Based On Student Learning Styles And Arguments: Case Study On Number Pattern Learning</i></p> | <p>Christina M. Laamena</p> | <p>085 - 092</p> |
| <p>PENGELOMPOKKAN DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK KEMISKINAN DI KABUPATEN MALUKU BARAT DAYA PROVINSI MALUKU DENGAN MENGGUNAKAN SELF-ORGANIZING MAP DAN ANALISIS BIPLLOT
<i>Clustering and Mapping The Characteristics Of Poverty In Southwest Moluccas Regency Moluccas Province Using Self-Organizing Map and Biplot Analysis</i></p> | <p>Z. A. Leleury
B. P. Tomasouw</p> | <p>093 - 106</p> |
| <p>PENINGKATAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS MAHASISWA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN GENERATIF
<i>Improving Student's Mathematical Communication Skills Using Generative Learning Models</i></p> | <p>La Moma
Hanisa Tamalene</p> | <p>107 - 112</p> |
| <p>KAJIAN NILAI PELUANG DALAM PERMAINAN GICI-GICI SORONG
<i>Study Of Probability Values In The Gici-Gici Sorong Game</i></p> | <p>Darma Andreas Ngilawajan</p> | <p>113 - 124</p> |
| <p>PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI KEPULAUAN MALUKU DENGAN PENDEKATAN ESTIMASI INTERVAL PARAMETER MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK SPLINE TRUNCATED
<i>The Modelling Human Development Index in The Maluku Islands with Approaches Estimation Interval of Parameters Models Semiparametric Spline Truncated Linear Regression</i></p> | <p>Samsul Bahri Loklomin</p> | <p>125 - 134</p> |

BAREKENG: Jurnal ilmu matematika dan terapan

Terakreditasi Nasional pada Peringkat 3 (SINTA 3)

Surat Keputusan (SK)

Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi,

No.: 34/E/KPT/2018,

dan telah Ter-indeks:



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



barekeng.math@yahoo.com; barekeng.jurmath@gmail.com;



Contact Person: 085243358669

PEMODELAN REAKSI SUHU UDARA TERHADAP PENYINARAN CAHAYA MATAHARI DALAM HUTAN BAKAU

Modeling Air Temperature Reaction on Sunlight Lighting in Mangrove Forests

Mario Nikolaus Dalengkade*

*Program Studi Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
Jln. Wari Raya, Tobelo, Halmahera Utara, Maluku Utara, Indonesia*

e-mail: mariodalengkade@gmail.com

*Corresponding author**

Abstrak

Intensitas cahaya matahari dan suhu udara merupakan parameter iklim mikro yang berperan penting dalam proses biologis hutan bakau. Untuk mengetahui profil harian suhu udara yang di kontrol oleh intensitas cahaya matahari menggunakan fungsi Fourier yakni $f(t) = T_0 \sum_{m=0}^{N/2} a_m \cos \omega_m t + b_m \sin \omega_m t$. Hasil penelitian menunjukkan fluaktuasi kuat penerangan dan suhu udara pada posisi 1 (4 meter di luar hutan bakau) dan posisi 3 (tepi hutan bakau) lebih tinggi. Sedangkan posisi 9 (32 meter dalam hutan bakau) lebih rendah, hal ini disebabkan oleh hutan bakau mampu mereduksi kuat penerangan. Pengujian korelasi silang antara kuat penerangan dengan suhu udara menunjukkan *timelag* dari posisi posisi 1 posisi 3 yakni 1.0 jam. Sedangkan posisi 3 ke posisi 9 ialah 1.3 jam, hal ini memperlihatkan bahwa difusi termal dikendalikan oleh arah horisontal. Dari perhitungan variabel iklim mikro dan pengujian korelasi silangnya membuktikan bahwa ekosistem bakau mampu menjaga keseimbangan iklim mikro daerah pesisir.

Kata Kunci : *Hutan bakau, fungsi Fourier, kuat penerangan, suhu udara.*

Abstract

The intensity of sunlight and air temperature are a parameter of microclimate which plays an important role in the biological processes of mangroves. To find out the daily profile of air temperature which is controlled by the intensity of sunlight using Fourier functions namely $f(t) = T_0 \sum_{m=0}^{N/2} a_m \cos \omega_m t + b_m \sin \omega_m t$. The results of the study showed fluorescence of lighting strength and air temperature at position 1 (4 meters outside mangrove forest) and position 3 (edge of mangrove forest) was higher. Whereas position 9 (32 meters in mangrove forest) is lower, this is caused by mangrove forests being able to reduce lighting power. Testing of cross correlation between the strength of illumination and air temperature shows the distance from position 1 position 3 which is 1.0 hours. While position 3 to position 9 is 1.3 hours, this shows that thermal diffusion is controlled by the horizontal direction. From the calculation of micro climate variables and cross correlation testing, it proves that mangrove ecosystems are able to maintain the balance of the microclimate of coastal areas.

Keywords : *Mangrove forest, Fourier function, lighting power, air temperature.*

Diterima : 24 Desember 2018

Direvisi: 10 Mei 2019

Disetujui: 03 Juni 2019

Copyright © 2019 : Author, Published by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Hutan bakau yakni mengacu pada ekosistem tumbuhan khas daerah tropis dan sub-tropis antara lain *Rhizophora*, *Bruguiera*, maupun *Nypa* yang selalu tergenang air pasang-surut serta tahan akan perubahan iklim [1,18]. Bagi hutan bakau CO₂ (karbon dioksida) sangat penting dalam proses fisiologis [1], tapi akumulasi CO₂ yang berlebihan menyebabkan efek rumah kaca menjadi ancaman bagi bakau [2]. Ancaman yang dimaksud adalah perombakan iklim mikro seperti daya tembus cahaya matahari, daya tembus angin, presipitasi, suhu udara, dan kelembaban udara [4]. A. Mitra [1] menyatakan kegiatan seperti pengeboran minyak, gas alam, dan batu bara menyebabkan pelepasan CO₂ di atmosfer meningkat mencapai 30%. Hal tersebut berimbas pada peningkatan suhu sebesar 1–2^o F (fahrenheit), sehingga berpotensi mempengaruhi iklim secara global. Selain itu, akibat kegiatan di atas menurut [7] sejak 1880 terjadi peningkatan 0.6–0.8 ^oC di daerah industri, dan diproyeksikan sampai tahun 2100 mencapai 2–6 ^oC. Peningkatan CO₂ yang terjadi dapat menyebabkan terganggunya iklim mikro [6,13]. Baru-baru ini penelitian [4] menyatakan sepanjang transek pengukuran di padang rumput untuk variabel kecepatan angin 1.9–1 m s⁻¹, suhu udara 10–7 ^oC, defisit tekanan udara 4.8–4 mB, dan suhu tanah 9–11 ^oC sampai kebatas ekosistem hutan. Sedangkan ekosistem hutan pengukuran sepanjang transek variabel kecepatan angin 1.1–0.1 m s⁻¹, suhu udara 7–0.1 ^oC, defisit tekanan udara 3–0.5 mB, dan suhu tanah 8–6 ^oC. Temuan [9] yakni transek pengukuran sepanjang 400 m terdiri dari 200 ke arah padang rumput dan 200 m ke arah hutan memperlihatkan defisit iklim mikro 20%–5%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka ekosistem hutan mampu mereduksi perubahan iklim akibat peningkatan CO₂. Peneliti sebelumnya [1,7,13] menyatakan hutan bakau merupakan salah satu solusi untuk mereduksi perubahan iklim. Karena diyakini bahwa CO₂ yang berada di atmosfer mampu diikat oleh senyawa-senyawa tertentu air laut (melalui proses gaya tarik antar partikel udara) di ikuti dengan pengikatan kembali oleh hutan bakau.

Variabel-variabel iklim mikro seperti yang di laporkan diatas semuanya merupakan deret waktu. Untuk menganalisis iklim mikro, menurut [5,6,11,12,14] dapat menggunakan analisis Fourier atau disebut analisis harmonik. Jika deret Fourier dinyatakan dengan fungsi periodik persamaan 1:

$$f(t) = F(t + T) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana T adalah nilai terkecil dari periode yang mungkin dimiliki oleh $f(t)$. Asalkan $f(t)$ memenuhi syarat-syarat Dirichlet sebagai berikut:

1. $f(t)$ bernilai tunggal.
2. $f(t)$ terintegrasi secara mutlak, berarti $\int_{t_0}^{t_0+T} |f(t)| dt$ berhingga untuk setiap pemilihan t_0 .
3. $f(t)$ memiliki diskontinuitas yang terbatas jumlahnya dalam setiap periode.
4. $f(t)$ mempunyai nilai ekstrim yang terbatas banyaknya dalam t tiap periode.

Maka $f(t)$ dapat dijabarkan kedalam deret suku-suku harmonik sinus/kosinus persamaan 2:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \text{Cos } n\omega t + b_n \text{Sin } n\omega t) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana ω merupakan konstanta matematik (bermakna fisis) yang memenuhi definisi persamaan 3:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \dots \dots \dots (3)$$

Apabila t yakni variabel waktu maka ω ialah parameter frekuensi bernilai waktu. Pada persamaan 2 yakni a_n dan b_n dinamakan koefisien Fourier maka untuk penentuan koefisien tersebut diberikan oleh persamaan 4a serta 4b:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \text{Cos } n\omega t \dots \dots \dots (4a)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \text{Sin } n\omega t \dots \dots \dots (4b)$$

Menelaah kembali mengenai varibel iklim mikro yang memenuhi syarat-syarat Dirichlet, sehingga penelitian mengenai iklim mikro di hutan bakau sangat penting karena berfungsi sebagai studi lapangan, pemodelan teoritik, pengambilan kebijakan manajemen sumber daya, dan pemantauan kondisis ekosistem bakau [8].

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian iklim mikro, yakni di hutan bakau Ratatotok Timur Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara. Pemodelan iklim mikro kuat penerangan/intensitas cahaya matahari (I) dan suhu udara (T) menggunakan fungsi Fourier, mengacu pada peneliti sebelumnya [3, 4]. Sehingga pemodelan iklim mikro untuk setiap posisi pengukuran menghasilkan fungsi semata. Fungsi Fourier yang digunakan untuk memodelkan variabel iklim mikro adalah:

$$f(t) = T_0 \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}} a_m \cos \omega_m t + b_m \sin \omega_m \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

$$\omega_m = \frac{2\pi m}{N} \dots \dots \dots (6)$$

$$a_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \cos \omega_m t \dots \dots \dots (7)$$

$$b_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \sin \omega_m t \dots \dots \dots (8)$$

m yakni cacah suku deret Fourier dan N adalah banyaknya data (pasangan data variabel bebas waktu (t) dan variabel terikat suhu udara (T), f(t) adalah suhu udara hasil pengukuran dilapangan, a_m dan b_m adalah koefisien Fourier. Pengukuran setiap variabel (I dan T) selama 25 jam dengan interval waktu 1 jam, sehingga menghasilkan N = 25. Pengukuran setiap variabel dimulai dari jam 06.00–18.00, sehingga diperoleh data N = 13. Banyak harmonik yakni N/2, maka untuk 25 data pengamatan, nilai m yakni: 1,2,3,.....,12. Untuk jumlah N = 13, data pengamatan m = 1,2,3,.....,6. Prosedur pemodelan setiap variabel iklim mikro yakni:

1. Menentukan harga koefisien a_m dan b_m, menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8).
2. Menentukan koefisien c_m² = a_m² + b_m².
3. Menentukan sumbangan keragaman: s_m = (c_m²/(2.σ)) * 100
4. Sinkronisasi data antar posisi pengukuran. Sinkronisasi data dilakukan karena pengukuran tidak serempak, tapi berpindah dari posisi satu ke posisi lainnya sepanjang transek. Sinkronisasi data ini dilakukan dengan memasukan data selisih waktu pengukuran dari posisi satu ke posisi selanjutnya, ke dalam fungsi berikutnya. Sinkronisasi ini tidak mengubah fungsi tapi memberikan yang harga baru untuk setiap posisi.
5. Uji korelasi silang (cross-correlation). Uji korelasi silang ditunjukan guna menghitung timelag perubahan antara variabel kuat penerang terhadap variabel suhu udara. Persamaan yang digunakan untuk menentukan korelasi silang yakni [17,14]:

$$r = \sum_i^n \{(x(i) - mx) \cdot (y(i - d) - my)\} / \text{sqr}\{\sum_i^n (x((i) - mx)^2)\} \cdot \text{sqr}\{\sum_i^n (y((i - d) - my)^2)\} \dots (9)$$

Dimana: r = koefisien korelasi,
 n = banyaknya pasangan data variabel bebas (x) dan variabel terikat (y),
 m = konstanta,
 i = cacah data,
 d = timelag antar variabel x serta y.

Untuk menentukan lag antara x dan y yakni dari nilai maksimal r. Proses penentuan lag yakni menggeser salah satu fungsi (misalnya y) terhadap x (proses iterasi). Pergeseran ini dilakukan dengan cara mengiterasi

d dengan interval tertentu. Nilai d awal dapat dipilih sama dengan nol atau menggunakan nilai tertentu jika terdapat acuan lag kedua fungsi. Penggeseran diteruskan selama r bertambah dan dihentikan ketika mencapai nilai tertinggi. Lag kedua fungsi adalah nilai d ketika nilai r maksimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Transek Pengukuran

Pengukuran untuk setiap variabel selama 25 jam, dengan titik pengambilan data di tunjukan pada Tabel 1, berikut:

Tabel 1. Koordinat transek pengukuran lokasi Ratatotok Timur

No. Transek	Posisi (koordinat) titik ujung transek				Panjang transek (m)	Jarak ke batas ekosistem (m)		
	Luar hutan mangrove		Dalam hutan mangrove			Arah transek	Kiri	Kanan
	Lintang	Bujur	Lintang	Bujur				
1.	0°51'20.95"	124°42'24.28	0°51'20.97"	124°42'23.66"	36	746	764	1500

Topografi transek pengambilan data bervariasi, karena bagian tepi berbatasan dengan laut lebih rendah daripada bagian tengah. Sehingga menyebabkan penggenangan air laut tidak merata. Jenis yang tumbuh di area transek tersebut yakni *Rhizophora* dengan tutupan kanopi 85–92 %.

3.2. Pemodelan Temporal Kuat Penerangan dan Suhu Udara

Seperti yang tertuang di metode penelitian, didapatkan luaran analisis untuk setiap posisi dari kedua variabel (Tabel 2), tapi dalam tulisan ini hanya memaparkan 3 posisi yakni posisi 1 (4 meter) di luar hutan bakau, posisi 3 di tepi hutan bakau, dan posisi 9 (32 meter) dalam hutan bakau.

Tabel 2. Luaran fungsi Fourier kuat penerangan dan suhu udara untuk 3 posisi yang berbeda.

Kuat Penerangan						
Posisi	Jum. Data	Rerata	Varian	Koefisien Fourier		Sum. Keragaman
				A _j	B _j	
1.	427.30	32.869	391.759	-26.145	-8.713	96.931
3.	420.10	32.315	388.123	-26.001	-8.748	96.953
				-3.602	-0.723	
9.	179.70	13.823	77.156	-11.660	-3.107	94.358
				-1.862	-0.691	
				-0.750	-1.243	
Suhu Udara						
Posisi	Jum. Data	Rerata	Varian	Koefisien Fourier		Sum. Keragaman
				A _j	B _j	
1.	726.50	29.060	14.242	1.400	-5.015	98.187
				-0.926	-0.062	
3.	725.60	29.024	13.893	1.444	-4.933	98.274
				-0.939	-0.084	
9.	711.70	28.468	8.797	2.015	-3.578	98.915
				-0.656	-0.339	

Penentuan fungsi Fourier berdasarkan persamaan 2 variabel kuat penerangan yakni mengacu pada total sumbangan keragaman 96.931% posisi 1, 96.953% posisi 3, dan 94.358% posisi 9 (Tabel 2) oleh masing-masing harmonik terhadap total keragaman data dari hubungan $s_m = (c_m^2 / (2 \cdot \sigma)) \cdot 100$ (prosedur penelitian point 3). Dimana σ merupakan standar deviasi iklim mikro [15]. Fungsi Fourier variabel kuat penerangan tersusun atas data rerata, koefisien Fourier (A_j dan B_j) dan banyaknya data harmonik, maka dapat ditulis untuk 3 posisi yang berbeda, sebagai berikut:

Posisi 1:

$$I(t) = 32.869 - 26.145 \sin(2\pi t)/12 - 8.713 \cos(2\pi t)/12$$

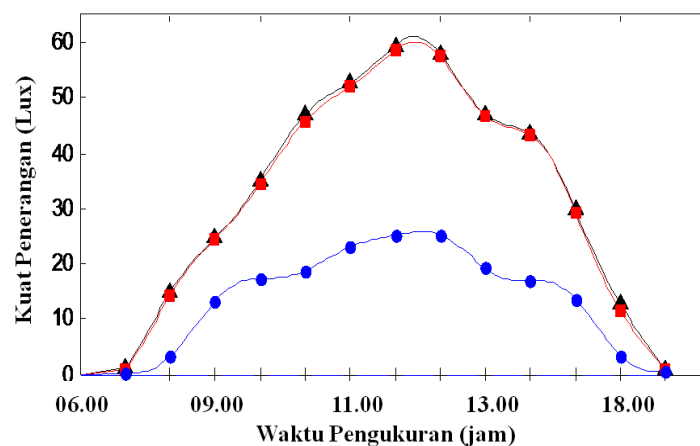
Posisi 3:

$$I(t) = 32.315 - 26.001 \sin(2\pi t)/12 - 8.748 \cos(2\pi t)/12 - 3.602 \sin(4\pi t)/12 - 0.723 \cos(4\pi t)/12$$

Posisi 9:

$$I(t) = 13.823 - 11.660 \sin(2\pi t)/12 - 3.107 \cos(2\pi t)/12 - 1.862 \sin(4\pi t)/12 - 0.691 \cos(4\pi t)/12 - 0.750 \cos(6\pi t)/12 - 1.243 \cos(6\pi t)/12$$

Setelah diketahui fungsi Fourier untuk 3 posisi yang berbeda sepanjang transek pengukuran, maka luaran grafik kuat penerangan ditunjukkan oleh Gambar 1:



Gambar 1. Luaran grafik fungsi Fourier Kuat Penerangan, posisi-1 (warna hitam), posisi-3 (warna merah), dan posisi-9 (warna biru) yang mewakili 32 posisi sepanjang transek pengukuran.

Gambar 1, menampilkan pola sinusoidal separuh perioda dari fluktuasi kuat penerangan dan pada malam hari kuat penerangan yakni bernilai nol. Grafik hitam dan merah menunjukkan pola yang hampir sama. Karena tidak ada dan kurangnya kanopi untuk mereduksi panas matahari, sedangkan grafik biru terlihat lebih rendah, karena pada area 32 meter dinaungi oleh kanopi yang rapat. Secara fisis disebabkan oleh reduksi penetrasi cahaya matahari. Hasil penelitian ini sejalan dengan peneliti terdahulu yang melakukan pengukuran intensitas radiasi matahari sepanjang transek memotong batas hutan dengan lahan terbuka [9,10,13,15].

Penyusunan fungsi Fourier berdasarkan persamaan 2 variabel suhu udara sama halnya dengan penentuan fungsi Fourier variabel kuat penerangan yang mana mengacu pada total sumbangan keragaman posisi 1 (98.187%), posisi 3 (98.274%), dan posisi 9 (98.915%) (Tabel 2 rangkuman analisis suhu udara). Sehingga data untuk fungsi Fourier meliputi data rerata, koefisien Fourier (A_j dan B_j) dan banyaknya data harmonik, maka dapat ditulis sebagai berikut:

Posisi 1:

$$T(t) = 29.060 + 1.400 \cos(2\pi t)/12 - 5.015 \sin(2\pi t)/12 - 0.926 \sin(4\pi t)/12 - 0.062 \sin(4\pi t)/12$$

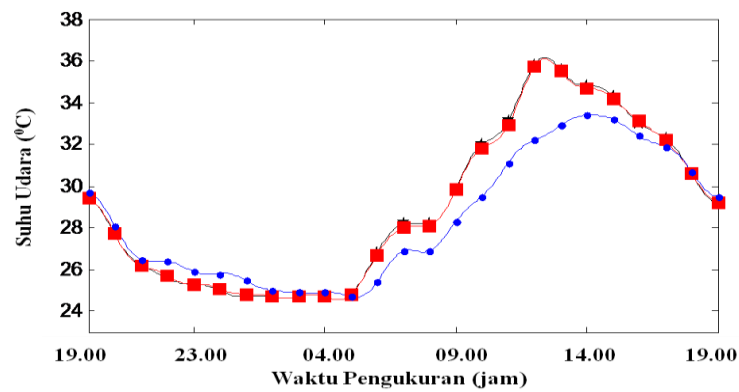
Posisi 3:

$$T(t) = 29.024 + 1.444 \cos(2\pi t)/12 - 4.933 \sin(2\pi t)/12 - 0.939 \sin(4\pi t)/12 - 0.084 \sin(4\pi t)/12$$

Posisi 9:

$$T(t) = 28.468 + 2.015 \cos(2\pi t)/12 - 3.578 \sin(2\pi t)/12 - 0.656 \cos(4\pi t)/12 - 0.339 \sin(4\pi t)/12$$

Fungsi Fourier variabel suhu udara di 3 posisi yang berbeda, dapat dilukiskan seperti yang tunjukan oleh Gambar 2.

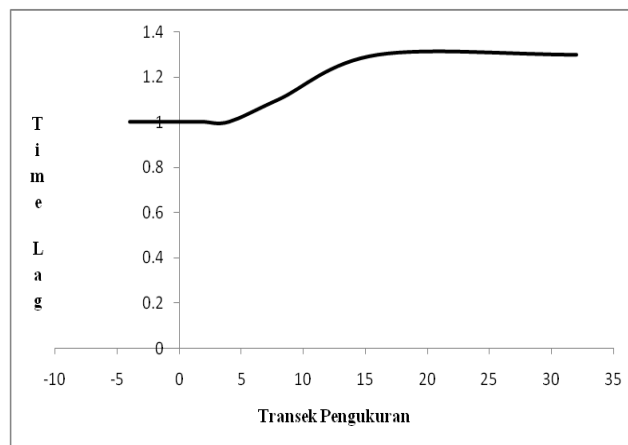


Gambar 2. Luaran grafik fungsi Fourier Suhu Udara, posisi-1 (warna hitam), posisi-3 (warna merah), dan posisi-9 (warna biru) yang mewakili 32 posisi pada transek pengukuran.

Pola perubahan suhu udara menunjukkan pola sinusoidal dengan perioda 24 jam (Gambar 2)., data yang ditampilkan oleh grafik suhu udara yakni waktu pengukuran 19.00 Waktu Indonesia Bagian Tengah (WITA) sampai ke waktu yang sama keesokan harinya. Pola dari ketiga grafik suhu udara memamerkan kesamaan penurunan suhu dari pukul 19.00 sampai 04.00. Memasuki pukul 05.00–19.00 mengisyaratkan kenaikan suhu udara, tapi posisi 9 lebih rendah, karena partikel-partikel udara dan tanah yang dipanasi oleh intensitas matahari mampu diredam oleh hutan bakau sehingga area 32 meter relatif stabil untuk suhu udara.

3.3. Respon Suhu Udara Terhadap Kuat Penerangan

Pemodelan, korelasi dan *timelag* suhu udara terhadap kuat penerangan yakni dengan menganalisis 32 posisi dalam transek. Sehingga menghasilkan koefisien korelasi maksimum (Gambar 3), terjadi saat fungsi kuat penerangan digeser mundur sejauh $t = d$.



Gambar 3. *Time lag* perubahan kuat penerang terhadap suhu udara.

Timelag pada transek pengukuran berbatasan dengan laut, posisi-4 m (meter) dan 2 m di luar dan tepi bakau yakni 1.0 jam, sedangkan posisi-32 m 1.3 jam. Perubahan *timelag* dari setiap posisi pengukuran dipengaruhi oleh jarak antar posisi, menyebabkan difusi udara dengan suhu udara berbeda antara lingkungan dan ekosistem bakau. Saat kanopi bakau cukup rapat difusi termal arah vertikal relatif rendah, sehingga perubahan energi dalam bakau dikendalikan oleh difusi arah horizontal.

4. KESIMPULAN

Pemodelan salah satu parameter iklim mikro yakni suhu udara sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Suhu udara dari tiga posisi yang berbeda dalam satu transek pengukuran, mengungkapkan dengan jelas bahwa profil harian suhu udara memiliki perbedaan ekosistem hutan bakau. Analisis *timelag* suhu udara menunjukkan ketaksamaan setiap posisi, sehingga dapat digunakan sebagai parameter untuk pemantauan suatu kondisi ekosistem bakau maupun yang lain. Dan mampu memperlihatkan proses difusi termal dari lingkungan ke dalam hutan bakau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Mitra, "Sensitivity of Mangrove Ecosystem to Changing Climate", *India : Springer*, 2013.
- [2]. C. D. Field, "Impacts of Expected Climate Change on Mangroves," *Hydrobiologia*, Vol. 295, No. 75–81, 1995.
- [3]. C. S. Medellu, D. Tulandi, "Parameter: The Area of Microclimate Gradient Diurnal Dynamic for Characterization and Monitoring of Forest Ecosystem and Environment," *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, Vol. 3, No. 934–943, 2018.
- [4]. C. S. Medellu, "The Area and Index of Diurnal Dynamic of Microclimate Gradient as a Mangrove–Environment Interaction Parameter," *Journal of Natural Sciences Research*, Vol. 3, No.14, 2013.
- [5]. G. S. Campbell, "An Introduction to Environmental Biophysics", *New York: Springer–Verlag*, 1977.
- [6]. H. Dym, H. P. McKean, "Fourier Series and Integrals", *New York: Academic Press, Inc*, 1972.
- [7]. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson, "Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", *United Kingdom : Cambridge University Press*, 2001.
- [8]. J. Chen, S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K. D. Brosofske, G. D. Mroz, B. L. Brookshire, J. F. Franklin, "Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology (Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes)," *BioScience*, Vol. 49, No. 4, 1999).
- [9]. K. J. Hennenberga, D. Goetzea, J. Szarzynskib, B. Orthmann, B. Reinekingc, I. Steinke, S. Porembski, "Detection of Seasonal Variability in Microclimatic Borders and Ecotones Between Forest and Savanna", *Basic and Applied Ecology*, vol. 9, no. 275–285, 2008.
- [10]. L. P. de Siqueira, M. B. de Matos, D. M. S. Matos, R. de Cássia Q. Portela, M. I. G. Braz, L. Silva-Lima, "Using the variances of Microclimate Variables to Determine Edge Effects in Small Atlantic Rain Forest Fragments, South-Eastern Brazil," *Ecotropica*, Vol. 10, No. 59–64, 2004.
- [11]. M. R. Spiegel, "Fourier Analysis", *New York: McGraw–Hill, Inc*, 1974.
- [12]. P. Bloomfield, "Fourier Analysis of Time Series: An Introduction", *New York: John Wiley & Sons, Inc*. 2000.
- [13]. R. J. Davies-Colley¹, G. W. Payne¹ and M. van Elswijk, "Microclimate Gradients Across a Forest Edge", *New Zealand Journal of Ecology*, Vol. 24, No. 2, 2000.
- [14]. R. N. Palilingan, M. M. Pungus, "Aplikasi Analisis Fourier Dalam Fisika Lingkungan", *Kosentrasi Fisika Lingkungan Jurusan Fisika FMIPA UNIMA*, 2010
- [15]. S. R. R. Pinto, G. Mendes, A. M. M. Santos, M. Dantas, M. Tabarelli, F. P. L. Melo¹, "Landscape Attributes Drive Complex Spatial Microclimate Configuration of Brazilian Atlantic Forest Fragments," *Tropical Conservation Science*, Vol. 3, No. 4, 2010.
- [16]. T. R. Oke, "Boundary Layer Climates", *London : Methuen & Co. Ltd*, 1978.
- [17]. V. Bewick, L. Cheek, & J. Ball, "Statistics Review 7: Correlation and Regression," *Critical Care*, Vol. 7, No. 6, 2003.
- [18]. Y. R. Noor, M. Khazali, & I N. N. Suryadiputra, "Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia", *Bogor: PHKA/WI-IP*, 2006.

POTENSI ENERGI PANAS BUMI DAN REKOMENDASI PEMANFAATANNYA PADA DAERAH HARUKU MALUKU TENGAH

Potential of Geothermal Energy and Recommended Utilization in The Haruku Area, Central of Maluku

Helda Andayany^{1*}, Mirtha Yunitha Sari Risakota²

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

e-mail: ^{1*} heldaandayany2014@gmail.com ; ² mithayunisari@gmail.com
Corresponding Author*

Abstrak

Penelitian ini adalah menganalisis karakteristik mineral ubahan dengan metode FTIR di daerah mata air panas Haruku, Maluku Tengah. Hasil analisis FTIR menunjukkan jenis mineral ubahan yang mendominasi daerah panas bumi Haruku adalah mineral aragonit dan kalsit yang terdapat pada jenis batuan karbonat. Kedua mineral ini merupakan hasil alterasi dari batuan induk karena suhu reservoir dan suhu di permukaan yang tinggi. Mineral aragonit dan kalsit diinterpretasi terbentuk secara bersama-sama pada suhu permukaan 55°C. Di bawah suhu 55°C hanya kalsit yang dapat terbentuk. Mineral aragonit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang tinggi. Sebaliknya, mineral kalsit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang rendah. Hasil pengukuran suhu air panas rata-rata di permukaan adalah 58,8°C. Karakteristik air panas pada daerah Haruku Maluku Tengah juga didukung dengan pH adalah 7,1 dan konduktivitas listrik berkisar (9,350-10,450) µS/m. Pengukuran debit alir berkisar (0,11-0,16) m³/detik memberikan hasil perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) adalah 80 kW. Pendugaan suhu reservoir panas bumi pada daerah Haruku Maluku Tengah berkisar 240°C, sehingga dapat berpotensi sebagai lapangan panas bumi untuk digunakan sebagai dasar rekomendasi utilisasi potensi panas bumi bagi pemerintah daerah (*indirect use*) yaitu sebagai informasi untuk memenuhi kekurangan daya listrik di daerah Maluku Tengah dan Maluku secara umum.

Kata Kunci : *Utilisasi potensi panas bumi, daya listrik, suhu reservoir.*

Abstract

This research is to analyze the characteristics of minerals by FTIR method in Haruku Central Of Maluku hot springs area. The FTIR analysis results indicate the type of mineral that dominates the geothermal area of Haruku is the aragonite and calcite minerals found in the type of carbonate rock which is the result of alteration from the parent rock due to the reservoir temperature and high surface temperature. Aragonite and calcite minerals are interpreted of formed together at a surface temperature of 55°C. Below 55°C, only calcite can be formed. The mineral aragonite undergo recrystallization with high porosity. In contrast, calcite minerals undergo recrystallization with low porosity. The result of measurement of mean hot water temperature at very high surface is 58,8°C. The characteristics of hot water in the Haruku area of Central Maluku are also supported with pH is 7.1 and the electrical conductivity ranges (9,350-10,450) µS/m. The measurement of flowing flowrate (0,11-0,16) m³/seconds giving the result of heat loss calculation is 80 kW. The estimation of geothermal reservoir temperature in Haruku Central Maluku area is 240°C, so it is potential as geothermal field to be used as the base of geothermal potential utilization recommendation for local government (*indirect use*) namely as information to meet the lack of electricity in the area of Central Maluku and Maluku in general.

Keywords: *Utilization of geothermal potential, electrical power, reservoir temperature.*

1. PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan sumber daya alam yang mempunyai peranan penting sebagai salah satu sumber energi alternatif yang *renewable*. Sumber daya alam ini dapat diperbarui dan pemanfaatannya relatif ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi. Pada dasarnya sistem panas bumi merupakan suatu daur hidrologi air (air tanah dan hujan) yang dalam perjalanannya berhubungan dengan sumber panas (*heat source*) bertemperatur tinggi, sehingga terbentuk air panas yang dapat terperangkap dalam batuan yang mempunyai permeabilitas tinggi. Fluida dan batuan reservoir dalam sistem panas bumi biasanya saling berinteraksi mengakibatkan perubahan fase padat dan cair, sehingga menghasilkan mineral baru atau mineral ubahan. Perubahan fase ini disebabkan adanya distribusi suhu yang berbeda-beda dalam reservoir panas bumi. Secara umum bentuk alterasi hidrotermal meliputi mineralogi, tekstur, dan respons kimia batuan termal maupun lingkungan kimianya berubah ditandai oleh kenampakan air panas, uap air, dan gas. Uap air dan air panas tersebut akan muncul ke permukaan melalui struktur-struktur seperti sesar, atau rekahan [6].

Air yang bersifat asam ($\text{pH} < 7$) terdapat pada daerah-daerah dengan endapan vulkanik, sedangkan air yang bersifat basa ($\text{pH} > 7$) terdapat pada daerah-daerah dengan batuan ultramafik. Reaksi antara air dengan batuan ultramafik membentuk serpentin. Air panas memiliki pH rendah karena konsentrasi ion H^+ di dalam sistem lebih besar. pH air rendah biasanya menunjukkan fluida panas berasal dari sistem panas bumi dominasi uap dan pH air netral biasanya menunjukkan fluida panas berasal dari sistem panas bumi dominasi air, yang biasanya mengandung silika. Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar, maka umumnya di sekitar air panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna kepekahan (*silica sinter terraces atau sinter platforms*) [1].

Marini dan Susangkyono (1999) [7] menyebutkan bahwa saat ini Indonesia mempunyai total potensi sumber daya dan cadangan panas bumi sebesar 27.189 MW (yaitu potensi sebesar 14.244 MW, cadangan terduga 9.912 MW, mungkin 728 MW, dan terbukti 2.305 MW) atau sekitar 40% potensi dunia. Meskipun demikian baru 807 MW dari total potensi tersebut yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik Indonesia. Kabupaten Maluku Tengah terdapat 8 lokasi yang meliputi Larike, Tulehu, Haruku, Saparua, Nusalaut, Tehoru, Banda Baru dan Pohon Batu diduga memiliki potensi sumber energi panas bumi 400 MW.

Tjokrosapoetro *et al.* (2003) [10] menyebutkan bahwa salah satu daerah potensi panas bumi di daerah Maluku Tengah adalah Haruku. Struktur sesar normal Haruku yang berarah Barat Daya sampai Timur Laut. Sesar ini berperan besar memunculkan manifestasi air panas di daerah Haruku Maluku Tengah dengan suhu di permukaan adalah 55°C . Keadaan fisik di lokasi sekitar mata air panas Haruku menunjukkan terdapat material berwarna coklat kemerahan di permukaannya dan batuan sekitar teralterasi atau sudah mengalami ubahan dari batuan induk.

Potensi panas bumi yang terjadi pada batuan karena adanya proses alterasi hidrotermal yang membentuk mineral ubahan yang dapat mengubah densitas batuan tergantung pada jenis mineral yang dibentuk pada suatu reservoir panas bumi [11]. Selain Haruku, Tehoru merupakan salah satu daerah prospek panas bumi di Maluku Tengah. Temperatur reservoir di daerah ini diperkirakan sebesar 210°C yang termasuk ke dalam temperatur sedang. Hasil kompilasi data terpadu memperlihatkan zona prospek panas bumi daerah Tehoru diperkirakan berada di sekitar manifestasi mata air panas Tehoru dengan luas kurang lebih 6 km^2 . Potensi sumber daya hipotetik daerah panas bumi Tehoru adalah sekitar 40 MWe [5].

Penyelidikan suhu reservoir panas bumi di daerah Haruku dan Tehoru Kabupaten Maluku Tengah dengan menggunakan persamaan geotermometer empiris (SiO_2)_p memberikan suhu reservoir pada daerah panas bumi Haruku antara $(185 \pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ to $(190 \pm 1.1)^{\circ}\text{C}$ dan Tehoru antara suhu $(185 \pm 1.0)^{\circ}\text{C}$ to $(190 \pm 1.1)^{\circ}\text{C}$. Kenampakan suhu air panas di permukaan pada mata air panas Haruku berkisar antara $(58 - 59)^{\circ}\text{C}$ dan Tehoru berkisar antara $(60 - 61)^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Haruku dan Tehoru berpotensi sebagai lapangan panas bumi di daerah Maluku Tengah [3].

Salah satu penyebab belum maksimum pemanfaatan potensi panas bumi yang tersebar di Kabupaten Maluku Tengah adalah karena ketidakpahaman tentang karakteristik mineral ubahan yang terdapat disekitar mata air panas. Sehingga telah dilakukan penelitian untuk menganalisis karakteristik mineral ubahan menggunakan metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui,

karena spektrum yang dihasilkan oleh suatu senyawa adalah khas dan oleh karena itu dapat menyajikan sebuah *finger print* (sidik jari) untuk senyawa tersebut [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineral ubahan di sekitar mata air panas dan suhu reservoir sumber panas bumi di daerah Haruku Maluku Tengah. Penelitian mendalam adalah dengan memperkirakan kehilangan panas (*heat loss*) yang dihitung berdasarkan pengukuran debit alir air panas di sekitar mata air panas Haruku Maluku Tengah [2].

2. METODE PENELITIAN

Secara geografis pulau Haruku terletak antara 3°30'38.88"- 3°38'14.64" LS and 128°23'54.24" - 128°34'40.8" BT. Peta pulau Haruku disajikan pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Peta Pulau Haruku

Pada beberapa manifestasi air panas di daerah Haruku, Maluku Tengah terdapat mineral ubahan yang terbentuk di permukaan sekitar mata air panas. Kenampakan mineral ubahan ini dapat menunjukkan karakteristik air panas yang pernah berinteraksi dengan batuan sekitar. Untuk mengetahui karakteristik mineral ubahan maka telah dilakukan pengukuran suhu, pH dan konduktivitas air panas di permukaan selama monitoring 1 x 24 jam dengan interval waktu pengukuran tiap 30 menit. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data pengukuran rata-rata suhu, pH, dan konduktivitas air panas di permukaan untuk mengetahui karakteristik mineral ubahan dan suhu di reservoir. Suhu dipermukaan diukur dengan Xplorer GLX yang dilengkapi sensor suhu lingkungan dan sensor suhu air (*Stainless Sted Probe*) PS-215, sensor pH dan sensor konduktivitas. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel batuan di sekitar mata air panas. Selanjutnya mineralogi penyusun batuan ubahan dideskripsi dengan menggunakan analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Analisis sampel batuan dengan FTIR untuk mengetahui jenis mineral ubahan dan karakteristik mineral ubahan.

Selain itu, penelitian ini memperkirakan besar potensi panas bumi melalui perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) yang dihitung berdasarkan pengukuran debit alir air panas di sekitar mata air. Hilang panas alamiah ini dihitung berdasarkan rumus yang diberikan oleh Hochstein (1990) dalam Saptadji (2009) [9], yaitu:

$$Q = m (h. f. T - h. f. T_0) \approx m. c. (T - T_0) \quad (1)$$

dengan:

Q adalah hilang panas (kW);

m adalah debit aliran yang keluar ($m^3/detik$);

$h. f. T - h. f. T_0$ adalah entalpi fluida (kJ/kg);

c adalah kapasitas panas spesifik (kJ/kg.°C), (c untuk air memiliki nilai rata-rata 4,2 kJ/kg.°C);

T adalah temperatur mata air panas dan

T_0 adalah temperatur udara rata-rata tahunan.

Perhitungan kehilangan panas secara alamiah dihitung sesuai dengan tipe manifestasi panas buminya. Untuk kolam air panas atau hangat, perhitungan kehilangan panas harus memperhitungkan proses evaporasi. Untuk kolam-kolam yang mempunyai dimensi kurang dari 1000 m², umumnya digunakan pendekatan empiris dengan nilai hilang panas alamiah yang sesuai dengan temperatur kolam.

Pendugaan besar potensi panas bumi di daerah Haruku dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi utilisasi potensi panas bumi bagi pemerintah daerah (*indirect use*) yaitu sebagai informasi untuk memenuhi kekurangan daya listrik di daerah Maluku Tengah dan Maluku secara umum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian di daerah panas bumi Haruku, Maluku Tengah secara geografis terletak antara 3,34 Lintang Selatan dan 128,29 Bujur Timur. Hasil pengukuran suhu, pH dan konduktivitas air panas di permukaan selama monitoring 1 x 24 jam dengan interval waktu pengukuran tiap 30 menit diberikan pada Tabel 1. Suhu rata-rata di permukaan mata air panas Haruku adalah 58,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan air panas cukup tinggi.

Tabel 1. Hubungan antara suhu, pH, konduktivitas listrik dan debit alir yang terukur di permukaan air panas dengan interpretasi suhu reservoir daerah panas bumi Haruku.

Besaran	Nilai
Suhu (°C)	58,8
pH (± 0,01)	7,1
Konduktivitas (µS/m)	(9,350-10,450)
Debit Alir (m ³ /detik)	(0,11-0,16)
Suhu Reservoir (°C)	240
Hilang panas (kW)	80

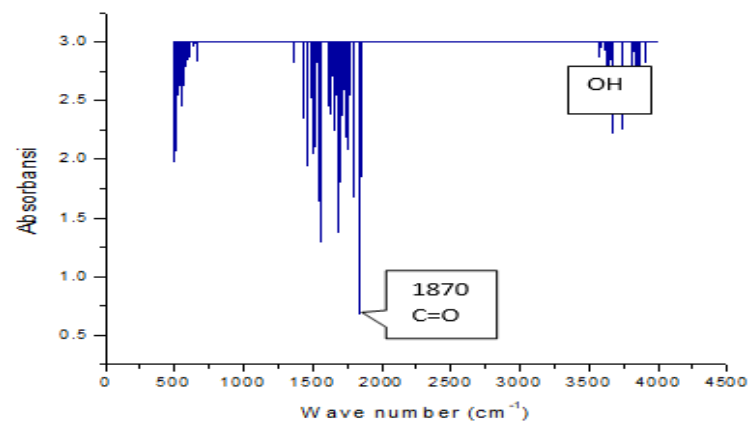
Berdasarkan Tabel 1, hasil pengukuran suhu air panas rata-rata di permukaan yaitu 58,8°C. Karakteristik air panas di daerah Haruku juga didukung dengan pH adalah 7.1 dan konduktivitas listrik berkisar (9,350-10,450) (µS/m). Pengukuran debit alir berkisar (0,11-0,16) m³/detik memberikan hasil perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) adalah 80 kW yang diberikan pada tabel 2. Dengan pengukuran langsung suhu di permukaan yang tinggi, pH, konduktivitas dan debit alir di permukaan mata air panas, maka dapat diinterpretasi suhu reservoir panas bumi Haruku berkisar 240°C. Data ini juga didukung dari hasil pemodelan sumber panas bumi dengan metode 2D di daerah Oma-Haruku [10]. Dengan demikian, suhu reservoir di daerah Haruku dapat diklasifikasikan dalam sistem panas bumi suhu tinggi [9]. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Haruku dapat berpotensi sebagai lapangan panas bumi untuk digunakan sebagai dasar rekomendasi utilisasi potensi panas bumi bagi pemerintah daerah (*indirect use*) yaitu sebagai informasi untuk memenuhi kekurangan daya listrik di daerah Maluku Tengah dan Maluku secara umum.

Tabel 2. Hasil perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) alamiah daerah panas bumi Haruku.

Kode Station Pengukuran	Debit Alir (m ³ /detik)	T (°C)	T _o (°C)	<i>h.f.T</i> (kJ/kg)	<i>h.f.T_o</i> (kJ/kg)	Δhf (kJ/kg)	Q (kW)
s-1	0,11	58	29	240	118	122	13,4
s-2	0,16	59	26	245	106	139	22,2
s-3	0,16	58,5	25,5	242	103	139	22,2
s-4	0,16	59,5	26,5	246	107	139	22,2
Q total (kW)							80

Berdasarkan Gambar 2, grafik spektrum absorpsi menunjukkan adanya gugus OH yang menandakan terdapat serapan alkohol/fenol pada nilai bilangan gelombang antara 3600-3820 cm⁻¹. Selain itu, puncak serapan yang paling tinggi dari sampel tersebut adalah berada pada nilai dengan bilangan gelombang 1870 cm⁻¹ dengan gugus fungsinya adalah C=O. Untuk daerah serapan dengan panjang gelombang pada kisaran ini jenis mineralnya adalah kalsit. Selain itu terdapat juga nilai bilangan

gelombang yang berkisar antara 1690 cm^{-1} yang dibentuk oleh gugus fungsi C=O mengidentifikasi jenis mineral Aragonit.



Gambar 2. Grafik Spektrum Absorbansi

Hasil analisis FTIR menunjukkan jenis mineral ubahan yang mendominasi daerah panas bumi Haruku adalah mineral aragonit dan kalsit yang terdapat dalam batuan karbonat. Kedua mineral ini merupakan hasil alterasi dari batuan induk yang disebabkan suhu reservoir sedang yaitu berkisar 240°C dan suhu di permukaan yang tinggi yaitu $58,8^{\circ}\text{C}$. Mineral aragonit dan kalsit diinterpretasi terbentuk secara bersama-sama pada suhu permukaan 55°C . Di bawah suhu 55°C hanya kalsit yang dapat terbentuk. Mineral aragonit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang tinggi. Sebaliknya, mineral kalsit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang rendah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi suhu tinggi yang berkisar 240°C pada reservoir panas bumi Haruku dan suhu di permukaan yang tinggi yaitu $58,8^{\circ}\text{C}$ menyebabkan batuan di sekitar mata air panas sudah teralterasi atau sudah mengalami ubahan dari batuan induk. Selain itu, hasil analisis sampel batuan dengan FTIR menunjukkan jenis mineral ubahan yang mendominasi daerah panas bumi Haruku adalah mineral aragonit dan kalsit yang terdapat dalam batuan karbonat. Kedua mineral ini merupakan hasil alterasi dari batuan induk. Mineral aragonit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang tinggi. Sebaliknya, mineral kalsit mengalami rekristalisasi dengan porositas yang rendah. Proses rekristalisasi kedua mineral ubahan ini sangat dipengaruhi oleh suhu reservoir dan suhu dipermukaan yang tinggi. Dengan adanya kenampakan mineral ubahan, suhu reservoir sedang dan perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) sebesar 80 kW menunjukkan bahwa Haruku dapat berpotensi sebagai lapangan panas bumi untuk digunakan sebagai dasar rekomendasi utilisasi potensi panas bumi bagi pemerintah daerah (*indirect use*) yaitu sebagai informasi untuk memenuhi kekurangan daya listrik di daerah Maluku Tengah dan Maluku secara umum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak ditujukan kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura melalui Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika untuk penyediaan fasilitas peralatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. J. Puradimaja, "Hidrogeologi Umum dan Sifat Fisik dan Kimia Air", *Course Note for ITB Student, ITB, Bandung, 2005*.
- [2] D. Z. Herman, "Geothermal Potential And Conservation Thought", *Center For Geological Resources, Bandung, 2006*.

- [3] H. Andayany, and M. Y. S. Risakota, "Application Of Geotermometry Equation (SiO_2)p In The Geothermal Area Both Haruku And Tehoru, Central Of Maluku", *IJHMCR*, Vol.2, Issue.04, pp 605-609, 2017.
- [4] J. R. Kelibulin, "Thermal Analysis In Geothermal Area Of Oma-Haruku Based On A 2D Model", *JAMFAS*, Vol.1, p 23, 2016.
- [5] Jr. C. Karr, "Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial Minerals", *Academic press*, New York, 1-3, 1975.
- [6] K. Wohletz and G. Heiken, "Volcanology and Geothermal Energy, The Regents of The University of California", *Printed in The United States of America*, 1992.
- [7] L. Marini, and A. E. Susangkyono, "Fluid Geochemistry of Ambon Island (Indonesia)", *Geothermics*, Vol. 28: 184-204, 1999.
- [8] Pusat Sumber Daya Geologi, "Survei Pendahuluan Panas Bumi, Kabupaten Seram Bagian Barat dan Maluku Tengah, Provinsi Maluku", 2009.
- [9] N. Saptadji, "Energi Panas Bumi di Indonesia", *ITB Bandung*, 2009.
- [10] S. Tjokrosapoetro, E. Rusmana dan Suharsono, "Laporan Geologi Lembar Maluku Tengah", *PPPG, Bandung*. 32 h + peta geologi skala 1:250.000., 2003
- [11] W. A. Wardhana dkk., "Prospek energi panas bumi di Indonesia", *Elektro Indonesia*, Edisi 15 November 1998.

KARAKTERISTIK ETNOMATEMATIKA SUKU NUAULU DI MALUKU PADA SIMBOL ADAT CAKALELE

Ethnomathematic Charateristics of Nuaulu Tribe in The Traditional Symbol of Cakalele

Patma Sopamena^{1*}, Fahruh Juhaevah²

^{1,2} Program Studi Pendidikan Matematika, Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Ambon
Jln. Dr. H. Tarmizi Taher Kebun Cengkeh Batu Merah Atas, Ambon, Indonesia

e-mail: ^{1*} patma.sopamena@iainambon.ac.id ; ² fahruhjuhaevah@gmail.com
Corresponding author*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik etnomatematika Suku Nuaulu, Maluku khususnya pada simbol adat cakalele. Cakalele merupakan tarian adat perang yang dilaksanakan oleh semua desa adat di Provinsi Maluku. Cakalele dilaksanakan ketika pelaksanaan adat atau menyambut tamu penting. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Nuanea kabupaten Maluku Tengah dengan menggunakan desain etnografi dan analisis kualitatif. Ketua adat menjadi sumber utama dalam pengambilan data tentang simbol adat cakalele. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada simbol tarian adat cakalele Suku Nuaulu mengandung karakteristik etnomatematika, yaitu menghitung (penjumlahan, perkalian, pembagian, dan lain-lain) terdapat pada para pelaku cakalele dan aksesoris yang digunakannya; pengukuran terdapat pada kain berang yang dipakai oleh para pelaku adat; merancang terdapat pada aksesoris-aksesoris yang dipakai oleh para pelaku adat; permainan terdapat pada tarian cakalele sendiri; menjelaskan terdapat pada cerita tarian cakalele dan pendukungnya; dan *Locating* terdapat pada tempat pelaksanaan tarian cakalele.

Kata Kunci : Karakteristik etnomatematika, suku Nuaulu, simbol adat Cakalele.

Abstract

This research aims to describe Ethnomathematic Charateristics of Nuaulu Tribe, especially in the traditional symbol of Cakalele dance. Cakalele is traditional war dance that carry out by all villages in Maluku Province. Cakalele are carried out when performing costumes or welcoming important guests. This research was carried out in the village of Nuanea, Maluku Tengah, using ethnographic design and qualitative analysis. The customary leader was the main source of data collection on traditional cakalele symbols. The results show that on the traditional cakalele dance symbol of the Nuaulu tribe contained ethnomatematic characteristics, namely counting operations (addition, multiplication, division, etc.) found in the cakalele actors and the accessories they used; measurements are found in the berang cloth used by customary actors; designing is on accessories used by customary actors; the game is in the cakalele dance itself; it explains there are cakalele dance stories and their supporters; and the room is located at the location of the cakalele dance.

Keywords: Ethnomathematic Characteristics, Nuaulu Tribe, Traditional Symbol of Cakalele .

1. PENDAHULUAN

Kekayaan budaya di Indonesia memang tak dapat diragukan lagi kuantitasnya. Setiap provinsi termasuk Maluku memiliki budaya yang tercermin dalam kebiasaan atau adat masing-masing, namun ada beberapa adat atau budaya yang hampir punah mengikuti dan sudah terkontaminasi dengan modernisasi, demikian halnya dengan budaya di Maluku. Menurut Antropolog AH Keane, Pulau Seram merupakan pulau yang tertua di Maluku, pada zaman dulu telah didiami oleh suku-suku Alifuru yang disebut oleh antropolog Keane sebagai bangsa Alfuros. Suku Bangsa Alfuros ini adalah percampuran antara bangsa Kaukasus, Mongol, dan Papua. Di Pulau Seram, Suku Bangsa Alfuros ini terkenal dengan nama suku Bangsa Alune dan Wemale. Selanjutnya antropolog Sachse dan O.D Taurn berpendapat bahwa Suku Alune berasal dari utara, kemungkinan dari Sulawesi Utara dan Halmahera, sedangkan Suku Bangsa Wemale berasal dari timur kemungkinan dari Melanesia (NN.1977/1978, Sahusilawane, 2005: 9,45; Tim Penelitian, 2007:32) dalam Wuri Handoko [19]. Maluku yang sering disebut sebagai daerah "raja-raja" juga memiliki adat atau kebiasaan dalam aktivitas kehidupan masyarakat, misalnya tarian adat cakalele. Tarian adat cakalele pada masing-masing desa adat pun memiliki ciri khas yang berbeda pula terutama pada simbol adat yang digunakan pada saat tarian adat cakalele ini dilakukan. Namun demikian pada umumnya tarian adat cakalele memiliki simbol yang universal, misalnya menggunakan parang (pedang), salawaku (perisai), dan tombak. Sedangkan ciri khusus yang digunakan umumnya adalah aksesoris-aksesoris yang menjadi hiasan bagi para pelaku adat cakalele (kapitan) yang turun temurun, misalnya; baju adat, gelang, kalung, selendang, lambang yang digunakan oleh anggota adat, dan lain-lain. Karena tarian adat cakalele merupakan tarian perang maka pasti ada pemimpin perang (komandan) dan ada yang dipimpin (prajurit). Di Nuanea pelaku adat yang tertinggi adalah ketua adat (jenderal) yang terendah disebut prajurit. Ciri-ciri khusus atau aksesoris yang dipakai oleh pelaku adat (kapitan) mengandung muatan materi matematika berupa penjumlahan, geometri, maupun basis bilangan, sehingga dalam kegiatan adat cakalele menyimpan kandungan matematika.

Menurut Musa, matematika adalah konstruksi pengetahuan berkaitan dengan hubungan kualitatif dan kuantitatif dari ruang dan waktu [14]. Matematika adalah aktivitas manusia yang berhubungan dengan pola, pemecahan masalah, berpikir logis, dan sebagainya, dengan tujuan untuk memahami dunia [8]. Matematika adalah subjek universal dalam setiap kebudayaan yang memiliki konsep angka dan gagasan bahwa $1 + 1 = 2$, tak peduli betapa budaya teknologi canggih. Gagasan universalitas matematika lebih diperkuat oleh fakta bahwa itu diciptakan di seluruh dunia, dalam banyak tempat dan waktu yang berbeda, dengan sedikit atau tidak ada kontak antara penciptanya. Menurut Plato, matematika adalah alat yang handal untuk mengejar kebenaran [16]. Heather (2003) dan Kanh (2003) menegaskan bahwa belajar matematika mengharuskan manusia untuk mengembangkan cara berpikir matematis [6]. Selanjutnya, John menegaskan bahwa ada persepsi tentang matematika adalah alat yang efektif untuk menganalisis, meneliti dan memverifikasi kebenaran [7]. Kehidupan manusia tetap tidak lengkap tanpa matematika [21], sehingga matematika sangat berperan aktif dalam aktivitas masyarakat sehari-hari tidak terkecuali kehidupan budaya masyarakat.

Etnomatematika mengacu pada studi praktek matematika dari kelompok budaya tertentu di bidang yang berkaitan dengan masalah lingkungan dan kegiatan [13]. Dengan awalan "etno" mengacu pada mengidentifikasi kelompok budaya, seperti suku masyarakat nasional, kelas profesional dan lain-lain dan termasuk bahasa mereka dan praktek sehari-hari. "Mathema" di sini berarti untuk menjelaskan, memahami dan mengelola realitas khusus dengan menghitung, mengukur, mengklasifikasi, order dan pola pemodelan yang muncul di lingkungan. Akhiran "ticks" berarti seni untuk teknik. Etnomatematika adalah studi cara matematika yang digunakan oleh kelompok-kelompok budaya yang diidentifikasi dalam memahami, menjelaskan, dan mengelola masalah dan kegiatan yang timbul dalam domain sendiri [18].

Bishop menyimpulkan ada enam aktivitas matematis yang bersifat universal yang bisa ditemukan pada setiap kelompok budaya yaitu: *Counting, Locating, Measuring, Designing, Play, dan Explaining* – CLMDPE [20]. Keenam aktivitas ini menjadi dasar dalam pengembangan matematika yang kemudian dikenal sebagai karakteristik etnomatematika [20]. Penelitian ini mendeskripsikan karakteristik *Designing*, yaitu aktivitas *designing* berkaitan dengan pembuatan pola untuk membuat objek-objek atau artefak budaya yang digunakan di rumah, dalam perdagangan, dekorasi, berperang, permainan, dan tujuan keagamaan. *Designing* juga berkaitan dengan hal-hal yang berskala besar seperti rumah, perkampungan, jalan, kebun, lapangan, desa, dan kota. Semua ini menjadi sumber dan bagian dalam pembentukan pengetahuan matematika anggota kelompok budaya.

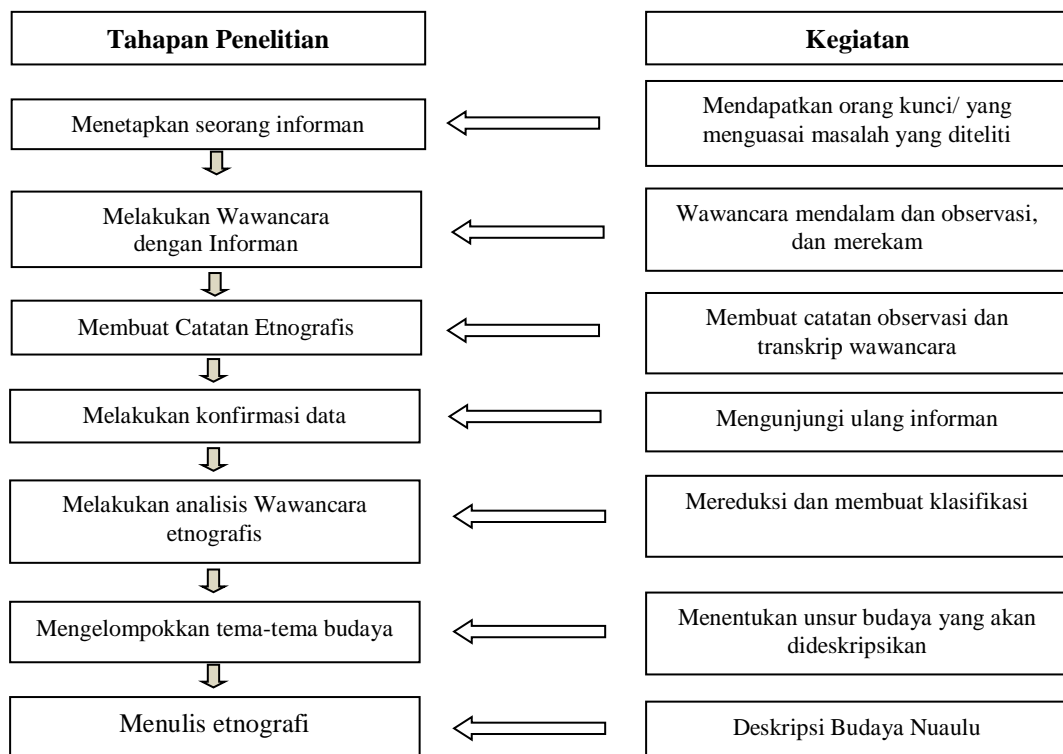
Etnomatematika telah diteliti diantaranya oleh Ahmet Küçük [2]. Küçük meneliti etnomatematika di Anatolia Turki yang berkaitan dengan makna matematika dari artefak-artefak di Anatolia [2]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Patma Sopamena [15] meneliti tentang etnomatematika masyarakat Maluku Tengah dan Kota Ambon dalam menjalani kehidupan sehari-hari: pemikiran matematika dalam multikulturalisme [15]. Abdullah, A. S. meneliti *Ethnomathematics in Perspective of Sundanese Culture* [1]. Penelitian yang lain juga dilakukan oleh Wara Sabon Dominikus tentang etnomatematika Suku Adonara di Nusa Tenggara Timur [20]. Chatarina Febriyanti, dkk., meneliti etnomatematika pada permainan tradisional engklek dan gasing khas kebudayaan Sunda [5].

Dari beberapa hasil penelitian di atas dan kajian etnomatematika itu sendiri, yang bersifat unik dan berbeda untuk setiap daerah. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji etnomatematika Suku Nuaulu Maluku difokuskan pada kajian etnomatematika berupa simbol adat cakalele yang terdapat pada simbol adat cakalele berupa aksesoris yang dipakai oleh para pelaku adat pada saat melakukan tarian cakalele.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tipe Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian kualitatif-eksploratif yaitu untuk mengeksplorasi, mengidentifikasi, dan mendeskripsikan berbagai pengetahuan matematika dalam budaya Nuaulu. Desain penelitian yang digunakan adalah desain etnografi, karena sesuai dengan masalah dan tujuan penelitian. Dengan desain etnografi dapat dideskripsikan budaya Nuaulu dan selanjutnya dapat diungkapkan dan dideskripsikan pengetahuan matematika yang terkandung di dalamnya. Hal ini didasarkan pada pemikiran bahwa setiap budaya mengembangkan matematika (pengetahuan matematika) yang berbeda sesuai dengan kebutuhan masyarakatnya.



Gambar 1. Langkah APMB (Modifikasi Spradley, 2007)

Penggunaan metode penelitian etnografi mengacu pada metode penelitian etnografi yang baru dari Spradley yang dikenal dengan Alur Penelitian Maju Bertahap-APMB (*The Developmental Research Sequence*). APMB terdiri dari 12 langkah dan harus diikuti secara ketat dan terurut mulai dari langkah pertama hingga langkah keduabelas. Keduabelas langkah APMB secara berturut-turut sebagai berikut: menetapkan informan, mewawancarai informan, membuat catatan etnografi, mengajukan pertanyaan deskriptif, melakukan analisis wawancara, membuat analisis domain, mengajukan pertanyaan terstruktur,

membuat analisis taksonomi, mengajukan pertanyaan kontras, membuat analisis komponen, menemukan tema-tema budaya, dan menulis suatu laporan etnografi ([9]; [10]). Walaupun peneliti tidak mengikuti keduabelas langkah penelitian secara berurutan, namun deskripsi tentang budaya Nuaulu menggunakan kerangka etnografi sebagaimana dijelaskan di atas yang mencakup hampir semua komponen dalam langkah APMB (Alur Penelitian Maju Bertahap). Sebagaimana terlihat dalam Gambar 1 di atas.

2.2. Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Nuanea yang terletak di Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. Untuk mendapatkan data sesuai permasalahan penelitian maka subjek penelitian yang merupakan salah satu sumber data harus memenuhi beberapa kriteria antara lain: (1) mereka yang menguasai atau memahami apa yang diteliti; (2) mereka yang termasuk orang yang sudah atau sedang terlibat pada kegiatan yang diteliti; (3) mereka yang mempunyai waktu memadai untuk dimintai informasi [16]. Selain itu dalam memilih subjek penelitian sebagai sumber data perlu mempertimbangkan hal-hal berikut: (1) orang yang bersangkutan memiliki pengalaman pribadi yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti; (2) usia orang yang bersangkutan telah dewasa; (3) orang yang bersangkutan sehat jasmani dan rohani; (4) orang yang bersangkutan bersifat netral, tidak mempunyai kepentingan pribadi tertentu; (5) orang yang bersangkutan memiliki pengetahuan yang luas mengenai permasalahan yang diteliti [11]. Lebih lanjut dikatakan bahwa dalam penelitian kualitatif lokasi penelitian dan individu sebagai sumber data dipilih dengan sengaja dan terencana agar dapat membantu peneliti memahami masalah yang diteliti [10].

Subjek dalam penelitian ini subjek adalah tua adat dan masyarakat Nuaulu yang sudah usia lanjut. Berdasarkan kriteria subjek di atas maka telah dipilih 4 orang. 1 orang tua adat (Bapak Apinea Matoke) dan 3 orang masyarakat Nuanea.

2.3. Instrumen Penelitian

Instrumen utama penelitian ini adalah peneliti sendiri yang dilengkapi dengan instrumen pendukung atau pelengkap berupa panduan observasi, panduan wawancara, *handycam*, dan kamera [11]. Peneliti sebagai instrumen utama berfungsi menetapkan fokus penelitian, memilih subjek penelitian sebagai sumber data, melakukan pengumpulan data, menilai kualitas data, menganalisis data, menafsirkan data, membuat simpulan penelitian, dan akhirnya membuat laporan penelitian. Peneliti sebagai instrumen utama dalam penelitian kualitatif karena beberapa pertimbangan [10].

2.4. Teknik Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini sesungguhnya dilakukan sejak sebelum ke lokasi penelitian, selama pengumpulan data, dan setelah pengumpulan data. Analisa data sebelum ke lokasi penelitian dilakukan terhadap data hasil studi pendahuluan atau data sekunder lain yang digunakan untuk menentukan fokus penelitian dan subjek penelitian. Fokus penelitian ini masih bersifat sementara dan akan berkembang setelah peneliti ke lokasi penelitian dan selama di lokasi penelitian. Analisis data merupakan proses yang membutuhkan refleksi terus-menerus terhadap data, mempertanyakan keabsahan dan kebenaran data, dan menulis catatan singkat selama penelitian. Secara umum analisis data terdiri dari tiga tahap dimulai dengan menyiapkan dan mengorganisir data (data teks seperti transkrip dan data gambar seperti foto) untuk analisis, dilanjutkan dengan mereduksi data tersebut menjadi tema melalui proses pengodean dan peringkasan kode, dan terakhir menyajikan data dalam bentuk bagan, tabel, dan pembahasan [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam beberapa budaya Nuaulu desa Nuanea ini ditemukan bagaimana orang Nuaulu bermatematika dalam aktivitas kehidupan sehari-hari. Di samping itu ditemukan juga berbagai konsep matematika yang dapat disebut sebagai matematika tersembunyi (*hidden mathematics*) atau matematika beku (*frozen mathematics*) dalam budaya Nuaulu. Tulisan ini mendeskripsikan *hidden mathematics* pada aktivitas adat cakalele yang dikhususkan pada aksesoris-aksesoris yang dipakai oleh para *kapitan*.

Cakalele pada suku Nuaulu desa Nuanea merupakan suatu tarian adat yang dilakukan untuk keperluan adat, misalnya prosesi dalam membangun rumah adat Matoke yang berjumlah 3 bangunan, prosesi pelantikan raja, penyambutan tamu penting, dan lain-lain. Aksesoris-aksesoris yang dipakai oleh para

kapitan disimpan di rumah ada Matoke dan akan digunakan ketika ada acara adat *cakalele* atau tarian *maku-maku*.

3.1. Hitungan

Pada ritual adat yakni aktivitas ritual pemakaian *kain berang*, *maku-maku*, dan *cakalele* maupun aksesoris para pelaku adat terdapat konsep matematika yang tersembunyi (*hidden mathematics*).

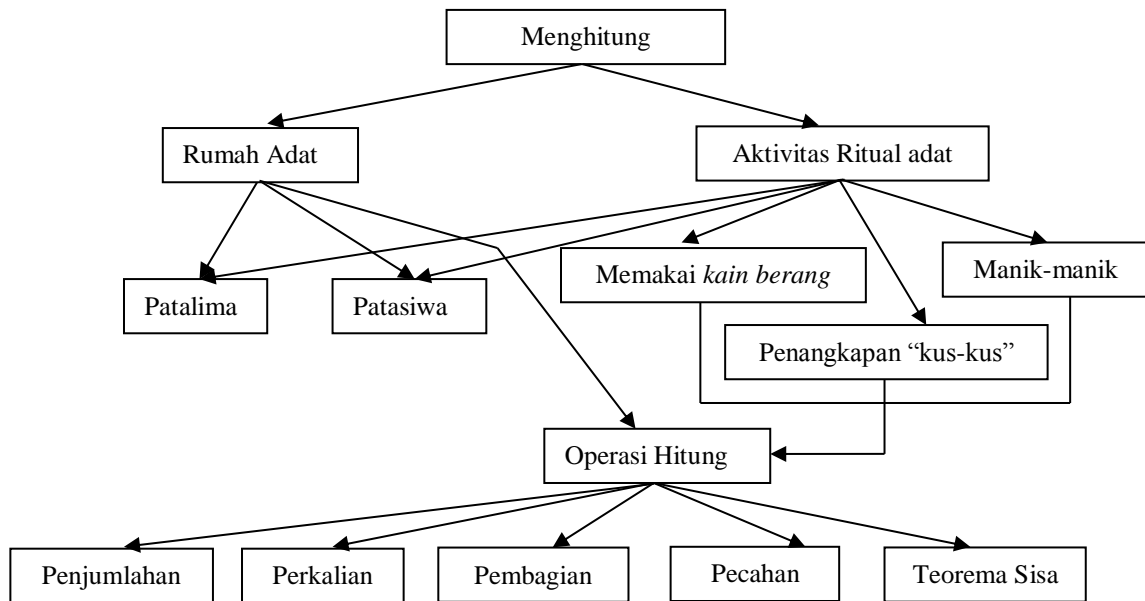
- M : *Ada banyak si kalau marga adat. Ada sekitar dalapang marga* (ada banyak, sekitar delapan marga)
 P : *Apa-apa itu pak,, kalau beta boleh tau?*
 M : *Ada Latoge, Sonawe, Bia, Kemolait, Soumori, Huri. Masing masing soa itu akang pung rumah adat dua.* (ada Latoge, Sonawe, Bia, Kemolait, Soumori, Huri, masing-masing marga adat memiliki dua rumah adat)
 P : *Apa - apa itu tete.* (apa itu aki)
 M : *Akang nama rumah tua deng rumah kapitan* (Namanya rumah tua dan rumah kapitan)
 P : *Itu rumah tua par apa? Rumah kapitan par apa?* (apa fungsi dari rumah tua dan rumah kapitan?)
 M : *Rumah tua itu kalau ada orang kaweng tu biking di situ, trus rumah kapitan tu par bantu rumah tua.* (fungsi rumah tua itu ketika ada yang mau nikahan, selanjutnya rumah kapitan untuk membantu rumah tua)

Selanjutnya jumlah manik-manik yang menambah aksesoris pada ritual adat pemakaian kain berang juga berdasarkan *patalima* dan *patasiwa*. Masing-masing orang laki-laki akan dipakaikan manik-manik oleh sang guru dengan banyaknya gelang atau kalung yang disanggupi oleh orang tuanya. Sebagaimana pernyataan kepala adat Matoke sebagai berikut.

- M : *Nanti dong guru lipat baru kasih pake akang ka dia ana murid itu. Jadi nanti dong ada lima orang atau lebih bantu dia pung tamang par pi tangkap kusu par kasih par dia pung guru baru guru mulai kasih dia pung berang, cawat, baju adat, mani-mani dan samua-samua lengkap.* (gurunya yang nantinya melipat kain merah itu dan dipakaikan ke muridnya. Jadi nanti ada sekitar lima orang teman yang akan membantunya untuk menangkap “kus-kus” untuk diberikannya kepada guru, selanjutnya guru tersebut memasang kain merah, cawat, baju adat, manik-manik, dan semuanya lengkap.)
 P : *Kalu, manik-manik itu misalkan satu orang musti pake barapa?* (berapa banyak manik- manik yang mesti dipakai setiap orang?)
 M : *Zg,, orang tua yang cari. Ha kalau gelang itu laeng lai,, harus ada 10 lai, 5 di sabalah, 5 lai disabalah. Manik-manik pake salempang jaga sama. Begitupun dengan cincin, harus 10 lai, 5 sabalah, 5 sabalah.* (tidak, orang tuanya yang mencarikannya. Kalau gelang itu juga lain, harus ada 10 juga, 5 di sebelah kiri dan 5 di sebelah kanan. Manik-manik yang dipakai sebagai salempang juga sama. Begitupun dengan cincin, harus 10 juga, 5 di sebelah kanan dan 5 di sebelah kiri.)

Berdasarkan pernyataan-pernyataan di atas maka terdapat konsep operasi bilangan, antara lain: ada operasi penjumlahan, perkalian, dan pecahan. Misalnya ada 7 marga adat, dengan 8 rumah adat yang terdiri dari 2 rumah adat untuk marga Matoke/kepala adat ($2 \times 1 = 2$) dan 1 rumah untuk masing-masing marga kapitan ($1 \times 6 = 6$). Selanjutnya untuk 1 orang laki-laki yang akan beranjak dewasa dibantu oleh 5 orang teman untuk menunjukkan “kejantan” menangkap binatang “kus-kus” jadi jika 3 orang maka $3 \times 5 = 15$ orang. Sedangkan pecahan terdapat pada ukuran kain berang pada anak di bawah 20 tahun sebesar setengah meter ($1/2$ meter). Hal ini senada dengan yang terdapat dalam [3], [4] dan [17], bahwa budaya juga merupakan aktivitas matematika masyarakat pada suatu daerah tertentu. Senada juga dengan yang dikemukakan oleh Bishop tentang aktivitas matematika secara universal yang dikategorikan sebagai karakteristik etnomatematika dengan penjelasannya bahwa terdapat enam karakteristik dari etnomatematika, yaitu *Counting*, *Locating*, *Measuring*, *Designing*, *Play*, dan *Explaining*.

Selain istilah *patalima* dan *patasiwa* terdapat juga pada setiap aksesoris-aksesoris para kapitan (terbuat dari lembaran kayu) banyaknya gambar berjumlah 7 (Gambar 4). Konstruksi konsep matematika dalam aksesoris suku Nuaulu desa Nuanea seperti pada Gambar 2, berikut:



Gambar 2. Etnomatematika dalam Budaya Bercocok Tanam Suku Naulu

3.2. Bentuk Geometri

Cakalele pada Suku Naulu, Desa Nuanea merupakan suatu tarian adat yang dilakukan untuk keperluan adat, misalnya prosesi dalam membangun rumah adat Matoke yang berjumlah 3 bangunan, prosesi pelantikan raja, penyambutan tamu penting, dan lain-lain. Dilaksanakan terkadang setelah tarian maku-maku juga.

M : *Maku-maku itu adalah katong manari baputar dalam rumah ini sampe siang kemudian katong turung di muka rumah untuk Cakalele.* (maku-maku adalah kita menari berputar di dalam rumah hingga siang kemudian dilanjutkan dengan cakalele di depan rumah adat)

Hidden mathematics yang terdapat dalam tarian adat maku-maku adalah “lingkaran”, mereka akan menari maku-maku sepanjang malam, bahkan informasi yang peneliti peroleh dari beberapa masyarakat di sekitar Desa Nuanea, bahwa “bisa sampai beberapa hari”.

Selanjutnya aksesoris-aksesoris yang dipakai oleh para *kapitan* (terdapat 8 marga yang termasuk dalam kapitan, yaitu: Matoke, Latoge, Sonawe, Bia, Kemolait, Soumori, dan Huri) disimpan di rumah ada Matoke dan akan digunakan ketika ada acara adat *cakalele* atau tarian *maku-maku*.

P : *Di sini marga yang adat ada berapa?* (ada berapa marga yang termasuk marga adat?)

M : *Ada banyak si kalau marga adat. Ada sekitar dalapang marga* (ada banyak, sekitar delapan marga)

P : *Apa-apa itu pak,, kalau bt boleh tau?*

M : *Ada Latoge, sonawe, Bia, Kemolait, Soumori, Huri. Masing masing soa itu akang pung rumah adat dua.* (ada Latoge, sonawe, Bia, Kemolait, Soumori, Huri, masing-masing marga adat memiliki dua rumah adat)

P : *Apa - apa itu tete.* (apa itu aki)

M : *Akang nama rumah tua deng rumah kapitan* (Namanya rumah tua dan rumah kapitan)

Selanjutnya aksesoris yang dipakai oleh para *kapitan* sebagaimana Gambar 3 dan 4 berikut:



Gambar 3. Baju Adat Kepala Adat Matoke



Gambar 4. Aksesoris para kapitan (prajurit)

Pada kehidupan sehari-hari, seperti diketahui dan terlihat pada identitas Suku Nuaulu pada cara berpakaian dalam aktivitas kesehariannya, bahwa setiap orang laki-laki dewasa dan anak laki-laki yang akan beranjak dewasa pasti terlihat menggunakan ikat kepala berwarna merah. Ikat kepala merah tersebut oleh masyarakat setempat atau masyarakat Maluku disebut sebagai *kain berang*.

Berdasarkan cerita masyarakat sekitar suku Nuaulu bahwa laki-laki yang menggunakan ikat kepala merah atau *kain berang* menandakan pria tersebut telah dewasa atau telah bisa bertanggung jawab. Selanjutnya untuk memperoleh *kain berang* sang laki-laki harus melalui ritual adat yang akan dilakukan oleh seorang guru. Senada dengan yang diungkapkan oleh Sahusilawane bahwa upacara-upacara yang khas biasanya bertalian dengan kelahiran, masa kanak-kanak, masa remaja, perkawinan hingga kematian [19]. Sebagaimana wawancara yang dilakukan oleh peneliti dan tua adat Matoke berikut.

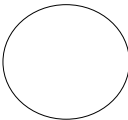
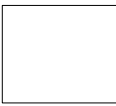



- P : *Jadi su harus siap untuk pake ini! Ini artinya apa pak (menunjukkan kain pengikat kepala tua adat)*
M : *Ha itu dari dolo laeee musti pake kaeng berang. Macam katong di agama? (zg dengar) harus pake songko putih. (sejak dahulu kala harus memakai “kain merah”. Seperti di agama Islam harus memakai kopiah putih (kopiah haji))*
P : *Lalu akang pung ukuran,,, kalau maw pake,, (berapa ukurannya?)*
M : *Kalau umpanya lia ana tu su mulai basar berarti kasih 1 meter, tapi kalau dia masih kacil yah pake setengah meter sa,,, Lebar sama,,, panjang sesuai pernyataan tadi. Nanti gunting akang sama-sama baru lipa pinggir-pinggir baru manjai. (jika sudah anak itu sudah mulai dewasa berarti ukurannya bisa 1 meter, tetapi jika dia masih kecil berarti ukurannya ½ meter saja.... Lebar dan panjangnya sama.)*
P : *Lalu nanti pasanganya bagaimana? (bagaimana cara memasangnya?)*
M : *Nanti dong guru lipat baru kasih pake akang ka dia ana murid itu. Jadi nanti dong ada lima orang atau lebih bantu dia pung tamang par pi tangkap kusu par kasih par dia pung guru baru guru mulai kasih dia pung berang, cawat, baju adat, mani-mani dan samua-samua lengkap. (gurunya yang akan melipat kain itu dan memakaikannya pada muridnya. Jadi nantinya ada lima atau lebih temannya yang membantu dia untuk menangkap binatang kus-kus untuk diberikan*

kepada guru tersebut, kemudian gurunya akan memberikan kain merahnya, cawat, baju adat, manik-manik, dan semuanya.)

Contoh ikat kepala *kain berang* sebagaimana yang dipakai oleh kepala adat Matoke ketika peneliti melakukan wawancara dengan beliau dan termasuk di dalam aksesoris yg dipakai oleh para kapitan pada saat cakalele (Gambar 2).

Hampir semua aksesoris adat, baik *kain berang*, *maku-maku*, *maupun cakalele* mencerminkan konsep geometri, terutama pada konsep bangun datar dan bangun ruang. Konsep geometri dalam aksesoris adat di atas disajikan pada Tabel 1, berikut.

Tabel 1. Konsep Geometri dalam Aksesoris Cakalele

No	Aktivitas adat	Bentuk geometri	Jumlah	Nama
1	Tarian maku-maku		8 (1 kepala adat + 7 kapitan/prajurit)	Lingkaran
2	Kain berang		- 1 m untuk dewasa - ½ m untuk remaja	Persegi (lebar dan panjangnya sama)
3	Aksesoris kapitan		- 7 (7 orang kapitan/prajurit) - 7 batas pewarnaan	Bola, kurva tertutup
			- 7 (7 orang kapitan/prajurit) - 7 batas pewarnaan	Kurva tertutup
			- 7 (7 orang kapitan/prajurit) - 7 batas pewarnaan	Kurva tertutup

Berdasarkan hasil temuan aktivitas adat cakalele (aksesoris) di atas bahwa terdapat penggunaan konsep matematika secara universal dilakukan oleh masyarakat adat Suku Naulu, yaitu berkaitan dengan hitungan, geometri, pengukuran, dan lain-lain. Hal ini senada dengan yang dikemukakan oleh Bishop tentang aktivitas matematika secara universal yang selanjutnya dikategorikan sebagai karakteristik etnomatematika dengan penjelasannya [12]. Dari penelitian ini dapat dinyatakan bahwa terdapat enam karakteristik dari etnomatematika, yaitu *Counting, Locating, Measuring, Designing, Play, dan Explaining*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada simbol tarian adat cakalele Suku Naulu memuat karakteristik etnomatematika, yaitu menghitung (penjumlahan, perkalian, pembagian, dan lain-lain) terdapat pada para pelaku cakalele dan aksesoris yang digunakannya, pengukuran terdapat pada kain berang yang dipakai oleh para pelaku adat; merancang terdapat pada aksesoris-aksesoris yang dipakai oleh para pelaku adat; permainan terdapat pada tarian cakalele sendiri; menjelaskan terdapat pada cerita tarian cakalele dan pendukungnya; dan keruangan terdapat pada tempat pelaksanaan tarian cakalele.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Abdullah, "Ethnomathematics in Perspective of Sundanese Culture," *Journal on Mathematics Education*, Vols. Vol. 8, No. 1, pp. 1-16, Januari 2017.
- [2] A. Küçük, "Ethnomathematics in Anatolia (Turkey: Mathematical Thoughts in Multiculturalism)," *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, Vol. 7, No. 1, pp. 171-184, 2013.
- [3] B. Reviews and A. Bishop, "Ethnomathematics – Challenging Eurocentrism in Mathematics Education,"

- 1994, pp. 146-148.
- [4] B. Barton and R. M. Frank, "Mathematical Ideas and Indigenous Languages," *Sociocult. Res. Math. Educ. An Int. Perspect*, pp. 135-140, 2001.
- [5] Chatarina Febriyanti, Rendi Prasetya, Ari Irawan, "Etnomatematika pada Permainan Tradisional Engklek dan Gasing Khas Kebudayaan Sunda," *Barekeng, Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, Vol. 12 No. 1, pp. 1 - 6, Maret 2018.
- [6] C. Heather, "Success with Mathematics," *New York: Routledge taylor and Francis Group*, 2003.
- [7] D. C. Orey and M. Rosa, "Ethnomathematics: Teaching and Learning Mathematics from a Multicultural Perspective," *J. Math. Cult., Vols. Vol. 1, No.1*, pp. 57-78, May 2006.
- [8] G. F. Gilmer, "Ethnomathematics An African American Perspective On Developing Women In Mathematics," [Online]. Available: <http://etnomatematika.org/articulos/Gilmer1.pdf>. [Accessed 28 September 2018].
- [9] J. P. Spradley, "The Ethnographic Interview, terjemahan Indonesia: Metode Etnografi oleh: Misbah Zulfa Elisabeth", *Yogyakarta: Tiara Wacana*, 2007.
- [10] J. W. Creswell, "Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research (4rd ed.)," *Thousand Oaks, CA, Sage*, 2012, pp. 238-241.
- [11] J. W. Creswell, "Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approach," *California: SAGE Publication*, 2009.
- [12] J. W. Creswell., "Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches / John W. Creswell". — 4th ed, Vol. 136, No. 1., *SAGE*, 2014.
- [13] M. Ascher, "Malagasy Sikidy: A Case in Ethnomathematics," *Historia Mathematica 24, Vol. Article No. HM972159*, pp. 376-395, 1997.
- [14] M. W. Yusuf, I. Saidu, and A. Halliru, "Ethnomathematics (A Mathematical Game in Hausa Culture)," *Int. J. Math. Sci. Educ. © Technomathematics Res. Found*, 2010.
- [15] P. Sopamena, "Etnomatematika Masyarakat Maluku Tengah Dan Kota Ambon Dalam Menjalani Kehidupan Sehari-Hari: Pemikiran Matematika dalam Multikulturalisme," *Jurnal Integral Matematika dan Pembelajaran*, Vol. 2, No. 2, pp. 1-20, 2016.
- [16] T. Hammond, "Ethnomathematics : Concept Definition and Research Perspectives," *A thesis submitted to the Graduate Faculty in Anthropology, Columbia University, New York*, 2000.
- [17] U. D'Ambrosio, "Ethnomathematics: Link Between Traditions and Modernity," *Roterдам- Netherlands: sense Publisher*, 2001b.
- [18] U. D'Ambrosio, "Ethnomathematics and Its Place in the History and Pedagogy of Mathematics," *Learn. Math., Vols. Vol. 5, No. 1*, pp. 44-48, 1985.
- [19] W. Handoko, "Asal-Usul Masyarakat Maluku, Budaya dan Persebarannya: Kajian Arkeologi dan Mitologi," *Kapata Arkeol., Vols. Vol. 3, No. 5*, pp. 1-27, 2007.
- [20] W. S. Dominikus, "Etnomatematika Suku Adonara di Nusa Tenggara Timur," *Universitas Negeri Malang, Disertasi tidak dipublikasikan, Malang*, 2017.
- [21] Y. d'Entremont, "Linking Mathematics, Culture and Community," *Procedia - Soc. Behav. Sci., Vol. 174, No. 1999*, pp. 2818–2824, 2015.

STRATEGI SCAFFOLDING BERDASARKAN GAYA BELAJAR DAN ARGUMENTASI SISWA: STUDI KASUS PADA PEMBELAJARAN POLA BILANGAN

Scaffolding Strategies Based On Student Learning Styles And Arguments: Case Study On Number Pattern Learning

Christina M. Laamena*

Prodi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Maluku, Indonesia

e-mail: christinmath18@gmail.com

Corresponding author*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan strategi *scaffolding* yang dilakukan guru dalam pembelajaran pola bilangan bagi siswa sekolah dasar. *Scaffolding* dilakukan berdasarkan dua variabel yaitu (1) gaya belajar visual, *auditory* dan kinestetik (VAK) serta (2) argumentasi yang telah dikonstruksi siswa. Gaya belajar diselidiki melalui tes dan observasi VAK dan proses pemecahan masalah sedangkan argumentasi siswa dianalisis menggunakan komponen argumentasi Toulmin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi *scaffolding* berbeda dibutuhkan oleh siswa sesuai gaya belajar dan jenis argumen yang dikonstruksi. Pemelajar *auditory* membutuhkan strategi *reviewing* dan *explaining*; pemelajar visual membutuhkan strategi *environmental provisions*; pemelajar kinestetik membutuhkan strategi *restructuring* dan *reviewing*. Khusus pada pemelajar visual dan kinestetik, mereka membutuhkan multimedia sebagai *scaffolding* yang bermakna. Selama *scaffolding* argumentasi siswa berkembang dan menghasilkan peningkatan kemampuan *problem solving*.

Kata Kunci: Strategi *scaffolding*, gaya belajar, argumentasi

Abstract

This study aims to describe the scaffolding strategy conducted by teachers in learning number patterns for elementary school students. Scaffolding is based on two variables, namely (1) Visual learning style, auditory and kinesthetic (VAK) and (2) arguments that have been constructed by students. Learning styles were investigated through VAK tests and observations and problem-solving processes while student arguments were analyzed using Toulmin argumentation components. The results of the study indicate that different scaffolding strategies are needed by students according to their learning styles and the types of arguments constructed. Auditory learner requires a reviewing and explaining strategy; visual learner requires an environmental provisions strategy; kinesthetic learner requires restructuring and reviewing strategy. Especially for visual and kinesthetic learners, they need meaningful multimedia as scaffolding. During scaffolding, students develop arguments and produce an increase in problem-solving abilities.

Keywords: Scaffolding strategy, learning style, argumentation

Diterima : 08 Maret 2019.

Direvisi: 14 Mei 2019

Disetujui: 17 Juni 2019

Copyright © 2019: Author, Published by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Setiap orang memiliki gaya belajar tersendiri yang menentukan bagaimana mereka belajar dan berinteraksi dengan lingkungan [4]. Itulah sebabnya gaya belajar merupakan faktor penting [25] yang mempengaruhi keberhasilan seseorang dalam belajar dan menyelesaikan masalah termasuk masalah matematika. Dalam kaitannya dengan proses pembelajaran, pentingnya gaya belajar adalah (1) siswa belajar dengan cara berbeda maka guru juga harus mengajar dengan cara berbeda [7] yaitu menyediakan lingkungan belajar sesuai kebutuhan siswa [19]; (2) tujuan pembelajaran haruslah membekali siswa dengan keterampilan yang berkaitan dengan setiap gaya belajar, tanpa memilih pribadi mana yang lebih baik karena setiap orang harus mengembangkan keterampilan secara efektif sebagai pekerjaannya [19]; (3) guru dapat mengatur banyak hal dalam pendidikan dan komunikasi jika benar-benar mengenali setiap gaya belajar siswa [1].

Gaya belajar adalah cara yang lebih disukai seseorang dalam menerima dan mengelola informasi yang diterima. Menurut Dunn dan Griggs dalam [7], gaya belajar merujuk pada bagaimana seseorang menerima, memfokus, memaknai dan memproses informasi baru kemudian mengubahnya untuk membangun keterampilan baru. Gaya belajar bukanlah kemampuan karena itu merujuk pada bagaimana seseorang memproses informasi dan memecahkan masalah; hal ini berkaitan dengan metode terbaik yang dibutuhkan siswa [7].

Gaya belajar berkaitan dengan cara terbaik indera menerima informasi (sensorik) dan menyelesaikannya. Terdapat beberapa cara bagaimana seseorang menggunakan sensorik untuk menerima rangsangan dari lingkungan [15] antara lain, sensorik visual (V), auditori (A) dan kinestetik (K) [18] yang dikenal dengan gaya belajar VAK. Teori gaya belajar VAK menjadi topik yang berkembang dalam penelitian pendidikan akhir-akhir ini termasuk matematika. Prinsip dan teori VAK diperluas pada semua jenis belajar [9] dan pengembangannya serta meningkatkan hasil belajar. Pemelajar visual adalah orang lebih cepat menerima informasi melalui sensorik visual [3]. Mereka lebih cepat memahami apa yang disampaikan jika disajikan dalam bentuk gambar, grafik, peta atau slide. Pemelajar auditori belajar dengan baik melalui mendengarkan. Mereka mendapat manfaat besar dari rangsangan yang diucapkan dan merupakan pendengar yang sangat baik. Mereka menikmati mendengarkan ceramah, berbicara, dan musik. Mereka juga mengingat informasi dengan baik saat diucapkan/didengar selama diskusi [18]. Pemelajar kinestetik belajar paling baik melalui gerakan. Tubuh manusia secara alami dibangun untuk bergerak dan pemelajar kinestetik lebih suka menjaga tubuh mereka bergerak. Pemelajar kinestetik memproses informasi terbaik saat menggerakkan tubuh mereka. Mereka suka menggerakkan tangan dan merespons suara dan musik melalui gerakan fisik seperti bermain atau menyulap benda. Mereka tidak peduli dengan presentasi visual atau aural dan tidak memproses informasi secara efektif ketika disajikan informasi dalam bentuk seperti itu. Sebaliknya, pelajar kinestetik belajar paling baik di lingkungan dimana mereka dapat terlibat secara fisik dalam proses pembelajaran. Tabel 1 menjelaskan indikator-indikator masing-masing gaya belajar.

Gaya belajar sangat penting dalam pembelajaran matematika, khusus bagi siswa Sekolah Dasar (SD). Kemampuan siswa SD dalam menyelesaikan masalah matematika masih sangat dipengaruhi oleh gaya belajar, termasuk kemampuan dalam menyelesaikan masalah pola bilangan. Dari sisi konstruksi pengetahuan, argumentasi yang dikonstruksi siswa selama pemecahan masalah matematika juga menentukan kebenaran klaim atau kesimpulan yang dihasilkan [22]. Masalah matematika dalam matematika sekolah termasuk masalah verbal, gambar dan simbol matematika atau kombinasi semuanya [18]. Ketika masalah matematika yang diberikan berkaitan dengan generalisasi pola bilangan, maka siswa akan menerima dan mengelola informasi berdasarkan gaya belajarnya kemudian menggunakan pengetahuan awal yang telah dimiliki (*warrant* dan *backing*), memberikan alasan (*warrant*) dan memperkuatnya dengan *backing* dan akhirnya membuat kesimpulan atau klaim. Terkadang, siswa membuat 'tebakan' (menebak pola bilangan) dan menghasilkan beberapa konjektur (klaim awal) lalu mengujinya sebelum menghasilkan klaim akhir. Namun, argumen yang dikonstruksi tidak selamanya valid sehingga menghasilkan kesimpulan yang salah.

Argumentasi Toulmin [21] terdiri dari data, klaim, *warrant*, *backing*, *rebuttal* dan *modal qualifier*. Klaim adalah pernyataan yang dibuat berdasarkan data. *Warrant* adalah dasar pikir atau alasan yang digunakan untuk menghasilkan kesimpulan, berupa rumus, definisi, membuat analogi, gambar atau diagram dan grafik. *Warrant* diperkuat oleh *backing* sebagai bukti lanjut yang dibutuhkan. *Modal qualifier* adalah 'frase' yang diberikan pada kesimpulan untuk menunjukkan tingkat kepercayaan atau kekuatan kesimpulan. *Rebuttal* merupakan kondisi pengecualian untuk klaim karena tidak memenuhi syarat tertentu.

Guru sebagai pengambil keputusan dalam pembelajaran harus dapat mengidentifikasi gaya belajar dan kelemahan argumentasi siswa serta memberikan *scaffolding* yang sesuai untuk meningkatkan kemampuan *problem solving* siswa. *Scaffolding* memegang peranan penting dalam interaksi pembelajaran matematika agar siswa lebih mandiri dan dapat meningkatkan hasil belajar [9] karena menurut Bakker, dkk [2] ketika guru memberikan *scaffolding* terjadi dialog antara siswa dengan guru. Dengan demikian, akan terjadi peningkatan pengetahuan [3] khususnya pengetahuan konseptual [4] serta terdapat kesempatan bagi siswa untuk berkembang ke level literasi yang lebih tinggi [14]. Argumentasi dapat mengubah pemahaman siswa dari pemahaman konsep dan prosedur matematika yang “tersembunyi” (*tacit*) menjadi siswa yang mampu mengemukakan pikirannya dengan jelas dan memberikan alasan tentang idenya [10] dan ini dapat terjadi jika guru memberikan *scaffolding* yang tepat bukan menjelaskan materi. Berland & Reiser [13] menjelaskan pentingnya argumentasi dalam memberikan kesempatan kepada guru untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan siswa serta meningkatkan pemahaman siswa atau bahkan menantang mereka. Lebih lanjut, menurut Berland & Reiser [13] dan Landry, dkk [19] ketika guru menantang jawaban siswa, maka terjadi argumentasi yang mendukung terjadinya proses kognitif siswa.

Holton dan Clarke [6] menjelaskan bahwa ada guru yang hanya mampu menyediakan *scaffolding* dengan cara tertentu tetapi guru tersebut kurang mampu menyediakannya dengan cara yang lain. Guru dengan pengetahuan yang baik akan mampu membimbing siswanya ke arah pemahaman yang mendalam. Hal ini tentu sangat berpengaruh jika guru harus berhadapan dengan siswa yang memiliki gaya belajar berbeda dan membutuhkan *scaffolding* yang berbeda juga.

Scaffolding digambarkan sebagai dukungan adaptif guru atau orang yang lebih berpengalaman dan bersifat sementara untuk membantu siswa memecahkan masalah yang tidak dapat mereka selesaikan sendiri [12] dan [11]. Gibbons [17] menambahkan bahwa *scaffolding* hanya bersifat sementara dan dilakukan secara sengaja dan responsif untuk menolong siswa mencapai konsep, keterampilan serta level baru. Oleh karena itu, Wood, Bruner, dan Ross [24] menekankan bahwa *scaffolding* memungkinkan siswa menyelesaikan masalah, mengerjakan tugas atau mencapai tujuan melampaui usahanya tanpa bantuan. Ini berarti bahwa *scaffolding* merupakan bantuan yang disediakan oleh orang dewasa kepada siswa yang lebih muda yang memungkinkan siswa tersebut mampu melakukan tugasnya di luar kesanggupannya dan selanjutnya bantuan tersebut dikurangi secara perlahan sampai siswa tersebut mandiri. Berdasarkan pendapat Gibbons, *scaffolding* yang diberikan seminimal mungkin dan bersifat sementara serta terbatas. Jika pada pertanyaan/arahan pertama siswa sudah dapat menyelesaikan masalahnya, maka *scaffolding* dihentikan.

Anghileri [12] menjelaskan *scaffolding* dalam 3 level: Level 1 (*environmental provisions*) yaitu mengorganisasi siswa, menyediakan benda-benda manipulatif untuk membantu siswa memecahkan masalah; Level 2 (*explaining, reviewing* dan *restructuring*), level 2 yaitu bantuan guru yang bersifat menjelaskan, mereview dan merestrukturisasi sebagai respon terhadap kesulitan siswa; dan level 3 (*developing conceptual thinking*) yaitu guru membantu siswa mengembangkan berpikir konseptual. Di sinilah pemberian *scaffolding* menjadi keharusan.

van de Pol dkk [12] menjelaskan 3 karakteristik *scaffolding* ketika terjadi argumentasi antara siswa dan guru, yaitu (1) *contingency*: strategi yang dipilih tergantung pada kelemahan siswa; (2) *fading*: menghentikan *scaffolding* untuk memberikan kesempatan kepada siswa untuk berpikir atau jika siswa telah mencapai tujuan yang diharapkan and (3) *transfer of responsibility*: merujuk pada aktivitas kognitif atau metakognitif atau sikap siswa. van de Pol dkk [12] mengemukakan enam *scaffolding means* untuk mendukung aktivitas belajar, (1) *Feeding back*: mengomentari pekerjaan siswa; (2) *giving of hints*: memberikan petunjuk atau saran; (3) *Instructing*: guru menekankan kepada siswa tentang apa yang mereka harus lakukan atau menjelaskan bagaimana sesuatu harus dilakukan dan mengapa; (4) *Explaining*: merujuk pada penyampaian informasi yang lebih detail atau klarifikasi oleh guru; (5) *Modelling*: mendemonstrasikan keterampilan-keterampilan khusus; (6) *Questioning*: memberikan pertanyaan yang membutuhkan jawaban kognitif dan bahasa aktif (argumentasi).

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang intervensi individual. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa siswa ditemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menemukan pola bilangan yang disebabkan oleh berbagai hal, seperti tidak memahami bahasa soal, tidak mengingat konsep serta tidak mengetahui cara menyelesaikan masalah. Sumber masalah yang ditemukan adalah siswa memiliki cara berbeda dalam menginterpretasi soal yang dipengaruhi oleh gaya belajar dan juga argumen yang dikonstruksi tidak valid. Penelitian awal merekomendasikan bahwa siswa perlu diberikan *scaffolding* baik secara klasikal maupun kelompok. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan strategi *scaffolding* yang digunakan guru berdasarkan gaya belajar dan argumentasi siswa kemudian

menemukan strategi *scaffolding* yang tepat untuk setiap gaya belajar. *Scaffolding* yang digunakan mengacu pada enam *scaffolding means* yang dikemukakan oleh van de Pol., dkk. [12].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *mixed method* antara metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode kuantitatif bertujuan mengelompokkan siswa berdasarkan gaya belajar, sedangkan metode kualitatif bertujuan menyelidiki argumen siswa dan untuk mendeskripsikan jenis *scaffolding* yang dilakukan guru Sekolah Dasar berdasarkan gaya belajar siswa untuk menumbuhkan argumentasi siswa sehingga dapat meningkatkan kemampuan *problem solving* siswa. Subjek penelitian adalah siswa kelas lima SD Advent Malang, Jawa Timur yang berjumlah 35 orang dan dipilih menggunakan *purposive sampling*.

Instrumen yang digunakan terdiri dari 2 yaitu (1) instrumen VAK test yang diadopsi dari [26] yang terdiri dari 54 pernyataan dan masing-masing gaya belajar memuat 18 pernyataan. Instrumen VAK digunakan untuk menentukan gaya belajar siswa; dan (2) Instrumen yang digunakan untuk menganalisis argumentasi sekaligus kemampuan *problem solving* siswa adalah masalah non rutin yang tidak pernah diberikan oleh guru sebelumnya. Instrumen tentang kemampuan menyelesaikan masalah pola bilangan yang terdiri dari 3 jenis soal. Soal pertama dalam bentuk narasi, soal kedua dalam bentuk gambar dan soal ketiga dalam bentuk bilangan. Perbedaan model soal memungkinkan perbedaan cara penyelesaian masalah siswa berdasarkan gaya belajar.

Berdasarkan hasil gaya belajar siswa dan analisis hasil pekerjaan siswa dalam menyelesaikan masalah pola bilangan, guru mempersiapkan lingkungan belajar seperti benda-benda manipulatif dan media komputer serta mengelompokkan siswa tanpa memperhatikan gaya belajar. Pembelajaran dilakukan dalam 2 pertemuan dan pada pertemuan kedua diberikan lagi tes untuk melihat perkembangan pemahaman siswa tentang pola bilangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis terhadap tes VAK yang diberikan kepada siswa menunjukkan bahwa terdapat siswa yang hanya memiliki satu gaya belajar (unimodal), siswa dengan dua gaya belajar (bimodal) dan siswa yang memiliki ketiga gaya belajar (multimodal). Persentase siswa berdasarkan gaya belajar disajikan dalam seperti Tabel 1, berikut:

Tabel 1. Persentase Gaya Belajar Siswa

No	Gaya Belajar	Banyaknya Siswa	Persentase (%)
1.	Visual	11	31,4
2.	Auditory	5	14,3
3.	Kinestetik	8	22,8
4.	Bimodal: Visual & Auditory	1	2,9
5.	Bimodal: Visual & Kinestetik	6	17,1
6.	Bimodal: Auditory & Kinestetik	3	8,6
7.	Multimodal: Visual, Auditory & Kinestetik	1	2,9
	Jumlah	35	100

Tabel 1, menunjukkan bahwa gaya belajar yang menonjol adalah visual dan kinestetik. Siswa dengan dua dua gaya belajar dengan jumlah yang paling banyak adalah gaya belajar visual dan kinestetik sedangkan yang paling sedikit adalah siswa dengan gaya belajar visual dan auditory. Siswa dengan multimodal hanya berjumlah satu orang.

Selanjutnya, berdasarkan hasil kerja siswa dalam menyelesaikan masalah pola bilangan diperoleh beberapa penyebab kesalahan siswa, yaitu: (1) *kesalahan perceptual visual*, (2) *kesalahan bahasa* dan (3)

kesalahan aritmetika. Kesalahan perseptual disimpulkan berdasarkan masalah nomor 2; kesalahan bahasa disimpulkan berdasarkan masalah nomor 1 dan 2, sedangkan kesalahan artimetika dapat disimpulkan dari masalah 1, 2 maupun 3. Tabel 2, menjelaskan banyaknya siswa yang melakukan setiap jenis kesalahan.

Tabel 2. Persentase Jenis Kesalahan Siswa

No	Penyebab Kesalahan	Banyaknya Siswa	Persentase (%)
1.	Perseptual Visual	21	60
2.	Bahasa	15	43
3.	Aritmetika	19	54
4.	Perseptual Visual dan Bahasa	20	57
5.	Perseptual Visual dan Aritmetika	24	69
6.	Bahasa dan Artimetika	18	51
7.	Perseptual Visual, Bahasa dan Artimetika	11	31

Terlihat dalam Tabel 2, bahwa kesalahan yang dibuat siswa dominan disebabkan karena kesalahan perseptual dan artimetika juga kesalahan perseptual visual dan bahasa sedangkan penyebab bahasa saja hanya 43%. Selanjutnya hasil pekerjaan siswa dikelompokkan berdasarkan jenis *warrant* dan *backing* yang digunakan dalam argumentasi untuk menghasilkan klaim, seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Argumentasi Berdasarkan Gaya Belajar

Gaya Belajar	Jenis Warrant	Jenis <i>backing</i>	Penyebab Kesalahan
Visual	Induktif	<i>backing</i> visual	Perseptual Visual dan Aritmetika
<i>Auditory</i>	Induktif	<i>backing</i> visual	Perseptual Visual, Bahasa dan Artimetika
Kinestetik	Induktif	<i>backing</i> visual dan <i>backing</i> verbal	Perseptual Visual, Bahasa dan Artimetika
Visual dan <i>Auditory</i>	Induktif dan deduktif	<i>backing</i> visual dan <i>backing</i> aritmetika	Perseptual Visual
Visual dan kinestetik	Induktif	<i>backing</i> visual dan <i>backing</i> rumus	Bahasa dan Artimetika
kinestetik dan <i>Auditory</i>	Induktif	<i>backing</i> visual dan <i>backing</i> verbal	Perseptual Visual dan Aritmetika
Visual, <i>Auditory</i> & Kinestetik	Induktif	<i>backing</i> visual dan <i>backing</i> verbal	Perseptual Visual

Berdasarkan data pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 maka guru menyimpulkan bahwa (1) siswa membutuhkan benda-benda manipulatif untuk mengatasi kesalahan perseptual (2) siswa membutuhkan penjelasan lanjut tentang pertanyaan soal sehingga guru menyediakan umpan balik atau pertanyaan-pertanyaan untuk menyadarkan siswa, (3) siswa membutuhkan media komputer yang memuat gambar dan video untuk menarik perhatian mereka. Guru melakukan *scaffolding* dengan beberapa tahapan dengan pertimbangan bahwa *scaffolding* adalah bantuan terbatas sehingga akan dihentikan jika siswa sudah dapat menyelesaikan masalah. Pada setiap tahapan, peneliti mengamati perkembangan argumentasi dan kemajuan jawaban siswa.

Pada *scaffolding* tahap pertama, guru memprioritaskan pada siswa dengan gaya belajar *auditory* dan *scaffolding* bersifat klasikal. *Scaffolding* tahap kedua difokuskan pada gaya belajar visual dan dilakukan secara berkelompok sedangkan *scaffolding* tahap keempat difokuskan pada siswa dengan gaya belajar kinestetik dan bersifat kelompok juga individual. Untuk siswa dengan gaya belajar bimodal akan lebih

mudah memahami karena memiliki dua kemampuan untuk menerima pelajaran. Tabel 4, menjelaskan setiap tahapan dengan deskripsi *scaffolding* yang digunakan.

Tabel 4. Scaffolding Untuk Ketiga Gaya Belajar

Gaya Belajar	Level Scaffolding	Strategi Scaffolding	Deskripsi Scaffolding	Tujuan
Auditory	Level 2	<i>Reviewing</i>	Guru meminta siswa memperhatikan kembali masalah yang diberikan dengan teliti	Meneliti informasi soal (<i>data</i>)
			Guru menggali kembali pengetahuan siswa tentang konsep-konsep yang ditanyakan dalam soal melalui beberapa pertanyaan	Memunculkan <i>warrant</i> dan <i>backing</i>
		<i>Explaining</i>	Guru menjelaskan makna soal	
Visual	Level 1	<i>environmental provisions</i>	Guru menggunakan teknologi dengan memutar video tentang kubus satuan yang menyusun kubus besar	Meneliti informasi soal (<i>data</i>)
Kinestetik	Level 3	<i>restructuring</i>	Guru menyederhanakan masalah untuk mempermudah siswa memahami masalah	Menyederhanakan data
	Level 2	<i>Reviewing</i>	Guru memberikan benda-benda manipulatif untuk menjelaskan masalah agar siswa dapat memegang dan menghitung sendiri	Memunculkan <i>warrant</i> dan <i>backing</i>
Semua gaya belajar	Level 3	<i>developing conceptual thinking</i>	Guru menuntun siswa membuat koneksi antara setiap informasi soal Memberikan pertanyaan untuk membuat generalisasi	Menemukan konjektur dan klaim

Hasil pengamatan pada setiap tahap *scaffolding* memberikan hasil yang mencengangkan. Terdapat siswa yang berhasil ketika guru memberikan *scaffolding* tahap pertama (*Level 2*) yaitu *reviewing* dan *explaining*. Hal ini berlanjut untuk tahapan *scaffolding* yang berikutnya. Tahapan *scaffolding* yang dilakukan memberikan hasil yang signifikan terhadap kemampuan *problem solving* siswa, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Perubahan Kemampuan Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah

Tahap Scaffolding	Hasil yang dicapai (%)	Jumlah Siswa yang Berhasil	Argumen yang dikonstruksi
Pertama	6 (17%)	6 (17%)	<i>Warrant</i> induktif dan deduktif
Kedua	13 (37%)	19 (54%)	<i>Warrant</i> induktif
Ketiga	11 (31%)	30 (85%)	<i>Warrant</i> induktif
Keempat	25 (71%)		<i>Warrant</i> deduktif

Pada Tabel 5, di tahap *scaffolding* ketiga 30 siswa (85%) sudah mampu menyelesaikan masalah yang diberikan, namun masih menggunakan cara induktif dengan menghitung satu demi satu. Sehingga dilanjutkan pada tahap keempat untuk memunculkan berpikir konseptual siswa dengan melakukan generalisasi. Dari 30 siswa yang berhasil, terdapat 25 siswa yang mampu membuat generalisasi.

Tabel 5, menunjukkan bahwa dari 35 siswa yang mengikuti pembelajaran dan semuanya menghasilkan kesimpulan yang salah maka keberhasilan *scaffolding* ditunjukkan. Setelah *scaffolding* tahap pertama, guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk memperbaiki pekerjaannya dan 6 siswa (17%)

mampu menyelesaikan dengan benar yang menunjukkan bahwa mereka memiliki gaya belajar *auditory* yang dominan. Setelah *scaffolding* tahap kedua 13 orang juga berhasil sehingga jumlah siswa yang berhasil 19 (54%) yang berarti 13 siswa ini memiliki gaya belajar visual yang dominan dan setelah tahap ketiga 85% siswa berhasil menyelesaikan masalah.

Kemajuan siswa dalam menyelesaikan masalah pola bilangan menunjukkan bahwa *scaffolding* berhasil meningkatkan kemampuan siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Lin, dkk [24] yang mengatakan bahwa *scaffolding* merupakan bagian dari strategi pembelajaran yang memenuhi tuntutan peran guru untuk memfasilitasi belajar siswa. Bukan itu saja, *scaffolding* berhasil mempengaruhi perkembangan kognitif [23] yang ditunjukkan dengan keberhasilan siswa dalam membuat generalisasi. *scaffolding* juga berhasil membuat pembelajaran efektif.

Perkembangan kognitif siswa dari penalaran induktif menjadi deduktif membuktikan bahwa *scaffolding* menolong siswa berkembang melewati ZPD (*Zone of Proximal Development*) mereka karena menurut Vygotsky ZPD dan *scaffolding* berkaitan erat. Menurut Vygotsky [20], setiap anak mempunyai apa yang disebut dengan *Zone of Proximal Development* (ZPD), yang dikatakan sebagai jarak antara tingkat perkembangan aktual dengan tingkat perkembangan potensial yang lebih tinggi. Dalam hal ini Vygotsky berpendapat bahwa, siswa akan mampu mencapai daerah maksimal bila dibantu secukupnya. Apabila siswa belajar tanpa dibantu, dia akan tetap berada di daerah aktual tanpa bisa berkembang ke tingkat perkembangan potensial yang lebih tinggi.

Video dan benda manipulatif adalah artefak yang digunakan guru sebagai *scaffolding* dan menyebabkan *self correcting* sehingga menghasilkan solusi baru yang benar. Siswa Sekolah Dasar masih berada pada tahap berpikir konkrit sehingga peran teknologi dan video merupakan *teachers scaffold learning* yang baik dan tepat.

4. KESIMPULAN

1. Gaya belajar siswa Sekolah Dasar didominasi gaya belajar visual dan kinestetik sehingga diperlukan *scaffolding* untuk membuat matematika yang abstrak dapat dipahami dengan baik. Siswa dengan gaya belajar visual dan kinestetik yang dominan akan langsung menyadari kesalahannya ketika guru memberikan *scaffolding* berupa artefak. Siswa dengan gaya belajar *auditory* akan kembali memperhatikan masalah, mengingat kembali apa yang telah dipelajari setelah penjelasan guru.
2. Tidak semua strategi *scaffolding* dapat digunakan untuk siswa Sekolah Dasar. Strategi *scaffolding* yang sesuai dengan gaya belajar *auditory* adalah *reviewing* dan *explanation*; strategi *scaffolding* yang sesuai untuk gaya belajar visual adalah *environmental provisions*; strategi *scaffolding* yang tepat untuk gaya belajar kinestetik adalah restrukturisasi dan *reviewing*. Sedangkan untuk melakukan generalisasi strategi *scaffolding* yang tepat adalah *developing conceptual thinking*.
3. Argumentasi siswa sekolah dasar umumnya didasarkan pada *warrant* induktif sehingga strategi *scaffolding* dapat menolong siswa melakukan generalisasi dan mengonstruksi *warrant* deduktif. *Scaffolding* dapat memperbaiki argumentasi siswa, *backing* yang memperlemah *warrant* dapat berubah menjadi *backing* yang memperkuat *warrant* dan menghasilkan klaim valid.
4. *Scaffolding* tidak dapat dilakukan sekaligus namun bertahap dan harus diberikan secara terbatas sesuai dengan gaya belajar siswa. *Scaffolding* yang dilakukan sekaligus dapat mengurangi kreativitas siswa dan membuat siswa dengan gaya belajar tertentu tidak berkembang. Teknologi (gambar atau video) dapat digunakan guru sebagai ‘artefak’ dalam memberikan *scaffolding* untuk membuat matematika yang abstrak menjadi konkrit sehingga mudah dipahami oleh siswa. Hal ini memudahkan siswa untuk menyelesaikan masalah matematika dan meningkatkan argumentasi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbas Pourhossein Gilakjani dan S. M. Ahmadi, “The Effect of Visual, Auditory, and Kinaesthetic Learning Styles on Language Teaching,” *International Conferences on Social Science and Huminity*, 2011, Vol. 5, pp. 469–472.
- [2] A. Bakker, J. Smit, and R. Wegerif, “Scaffolding and Dialogic Teaching in Mathematics Education: Introduction and Review,” *ZDM Math. Educ.*, Vol. 47, pp. 1047–1065, 2015.

- [3] A. Zohar and F. Nemet, "Fostering Stundets' Knowledge and Argumentation Skill Through Dilemmas in Human Genetics," *J. Res. Sci.*, Vol. 39, No. 1, pp. 35–62, 2002.
- [4] C. S. Asterhan and B. Schwarz, "The Effects of Monological and Dialogical Argumentation on Concept Learning in Evolutionary Theory," *J. Educ. Psychol.*, Vol. 99, No. 3, pp. 626–639, 2007.
- [5] C. Tulbure, "Learning Styles, Teaching Strategies and Academic Achievement in Higher Education: A Cross-Sectional Investigation," *Procedia-Soc. Behav. Sci.*, Vol. 33, pp. 398–402, 2012.
- [6] D. Holton and D. Clarke, "Scaffolding and Metacognition," *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.*, Vol. 37, No. 2, pp. 127–143, 2006.
- [7] G. Fayombo, "Learning Styles, Teaching Strategies and Academic Achievement Among Some Psychology Undergraduates in Barbados," *Caribb. Educ. Res. J. Univ. West Indies*, Vol. 3, No. 2, pp. 46–61, 2015.
- [8] H. Upu, Djadir, and S. Asyari, "The Fifth Graders' Mathematisation Process in Solving Contextual Problems," *World Trans. Eng. Technol. Educ.*, Vol. 15, No. 2, pp. 195–199, 2017.
- [9] J. Anghileri, "Scaffolding Practices That Enhance Mathematics," *J. Math. Teach. Educ.*, Vol. 9, pp. 33–52, 2006.
- [10] J. Fielding-Wells, "Inquiry-Based Argumentation in Primary Mathematics: Reflecting on Evidence," *Mathematics Education: Yesterday, Today and Tomorrow (Proceedings of the 36th annual conference of the mathematics education research group of Australasia, 2013)*, pp. 290–297.
- [11] J. Smit and D. van Eerde, "What Counts as Evidence for the Long-Term Realisation of Whole-Class Scaffolding?," *Learn. Cult. Soc. Interact.*, Vol. 2, No. 1, pp. 22–31, 2013.
- [12] J. van de Pol, M. Volman, and J. Beishuizen, "Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research," *Educ. Psychol. Rev.*, Vol. 22, No. 3, pp. 271–296, 2010.
- [13] L. Berland and B. Reiser, "Making Sense of Argumentation and Explanation Science Education," *Sci. Educ.*, Vol. 93, No. 1, pp. 26–55, 2009.
- [14] M. Jimenez-Aleixandre and S. Erduran, "Argumentation in Science Education," in *Argumentation in Science Education: An Overview, 2007*, pp. 3–27.
- [15] N. Moussa, "The Importance of Learning Styles in Education," *Inst. Learn. Styles Journal* • Vol., Vol. 1, pp. 19–27, 2014.
- [16] O. Broza and Y. B. D. Kolikant, "Contingent Teaching to Low-Achieving Students in Mathematics: Challenges and Potential for Scaffolding Meaningful Learning," *ZDM - Math. Educ.*, Vol. 47, No. 7, pp. 1093–1105, 2015.
- [17] P. Gibbons, "Scaffolding Language, Scaffolding Learning: Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom", *Portsmouth, NH: Heinemann, 2002*.
- [18] R. Dunn, "Learning Styles of the Multiculturally Diverse," *Emerg. Libr.*, Vol. 20, No. 4, pp. 24–32, 1993.
- [19] R. M. Felder dan R. Brent, "Understanding Student Differences," *J. Eng. Educ.*, Vol. 94, No. 1, pp. 57–72, 2005.
- [20] S. Anik, "Proses Berpikir Siswa Kelas IX-G SMP Negeri I Wlingi Dalam Memecahkan Masalah Persamaan Garis Lurus dengan Scaffolding," *Makalah Prosiding Konferensi Nasional Pendidikan Matematika, Malang 27-30 Juni 2013*, 2013.
- [21] S. E. Toulmin, "The Uses of Argument", *Second Edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press., 2003*.
- [22] S. Gholami, "Relationship Between VAK Learning Styles and Problem Solving Styles regarding Gender and Students' Fields of Study," *J. Lang. Teach. Res.*, Vol. 4, No. 4, pp. 700–706, 2013.
- [23] S. H. Landry, K. E. Miller-Loncar, C. L. Smith, and P. R. Swank, "The Role of Early Parenting in Children's Development of Executive Processes.," *Dev. Neuropsychol.*, Vol. 21, pp. 15–41, 2010.
- [24] T. H. Lin, Y. Y. Hsu, S. S. Lin, M. L. Changlai, K. Y. Yang, and T. L. Lai, "A Review of Empirical Evidence on Scaffolding For Science Education," *Int. J. Sci. Math. Educ.*, Vol. 10, pp. 437–455, 2012.
- [25] T. Lehmann and D. Ifenthaler, "Influence of Students' Learning Styles on the Effectiveness of Instructional Interventions," *Int. Conf. Cogn. Explor. Learn. Digit. Age*, pp. 180–188, 2012.
- [26] "VAK Test.," *Discov. your Prefer. Learn. Style. Retrieved Desember, 2015* http://www.brainboxx.co.uk/a3_aspects/pdf/VAK_questionnaire.pdf.

PENGELOMPOKKAN DAN PEMETAAN KARAKTERISTIK KEMISKINAN DI KABUPATEN MALUKU BARAT DAYA PROVINSI MALUKU DENGAN MENGGUNAKAN *SELF-ORGANIZING MAP* DAN ANALISIS BIPLLOT

Clustering and Mapping The Characteristics Of Poverty In Southwest Moluccas Regency Moluccas Province Using Self-Organizing Map and Biplot Analysis

Z. A. Leleury^{1*}, B. P. Tomasouw²

^{1,2} Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, 97233, Maluku, Indonesia

e-mail: ^{1*} zetharthur82@gmail.com ; ² bptomasouw@gmail.com

Corresponding author*

Abstrak

Berdasarkan hasil survei sosial ekonomi nasional (SUSENAS) BPS Provinsi Maluku menunjukkan bahwa kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) merupakan kabupaten yang memiliki persentase tingkat kemiskinan tertinggi di Provinsi Maluku dengan persentase tingkat kemiskinan 30,18 persen. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengelompokan desa/kecamatan di Kabupaten MBD guna melihat karakteristik kemiskinan pada setiap *cluster*. Selain itu, juga dilakukan pemetaan karakteristik kemiskinan untuk setiap desa/kecamatan di Kabupaten MBD sebagai upaya untuk mengetahui keragaman karakteristik kemiskinan. Metode pengelompokan yang digunakan adalah algoritma jaringan syaraf tiruan *Self Organizing Map* (SOM) dan Biplot. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa hasil pengelompokan terbaik adalah dengan metode Biplot karena memiliki rasio yang lebih kecil. Adapun hasil pengelompokan 17 kecamatan di kabupaten MBD terbagi dalam 4 *cluster* yakni *cluster* 1 terdiri kecamatan Pulau-Pulau Terselatan, Letti dan Moa; *cluster* 2 terdiri dari kecamatan Pulau-Pulau Babar dan Babar Timur; *cluster* 3 terdiri dari kecamatan Pulau Masela, Mdon Hyera, Kepulauan Romang, Damer, Wetar, dan Wetar Barat; sedangkan *cluster* 4 terdiri dari kecamatan Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera dan Pulau Wetang. Ada 11 faktor yang mempengaruhi sehingga *cluster* 4 tergolong dalam *cluster* dengan karakteristik kemiskinan tertinggi. Sedangkan ada 4 faktor yang mempengaruhi sehingga *cluster* 3 tergolong dalam *cluster* dengan karakteristik kemiskinan cukup tinggi.

Kata Kunci : Biplot, *Cluster*, Karakteristik Kemiskinan, MBD, *Self Organizing Map*.

Abstract

Based on the results of the national socio-economic survey by Badan Pusat Statistik of Moluccas Province shows that the Southwest Moluccas regency is a regency that has the highest percentage of poverty rates in Moluccas Province with a percentage of poverty rates 30.18 percent. This research is aimed to cluster villages/subdistricts in Southwest Moluccas district to see the characteristics of poverty in each cluster. In addition, the mapping of poverty characteristics for each village/subdistrict in the Southwest Moluccas district was also carried out in an effort to find out the diversity of characteristics of poverty. The clustering method used is the *Self Organizing Map* (SOM) and Biplot Analysis. The result show that the best clustering are obtained from the Biplot method because it had a smaller ratio. The results of the grouping of 17 subdistricts in the Southwest Moluccas district are divided into 4 clusters, namely cluster 1 consisting of Pulau-Pulau Terselatan, Letti and Moa; cluster 2 consists of Pulau-Pulau Babar and Babar Timur; cluster 3 consists of Pulau Masela, Mdon Hyera, Kepulauan Romang, Damer, Wetar, and Wetar Barat; while cluster 4 consists of Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera and Pulau Wetang. There are 11 factors that influence so cluster 4 belongs to the cluster with the highest characteristics of poverty. Whereas there are 4 factors that influence so cluster 3 is classified as a cluster with high characteristics of poverty.

Keywords: Biplot, Characteristics of Poverty, Cluster, Southwest Moluccas, Self Organizing Map

Diterima : 11 Maret 2019

Direvisi: 08 Mei 2019

Disetujui: 18 Juni 2019

Copyright © 2019: Author, Published by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Kemiskinan merupakan sebuah permasalahan sosial yang sangat kompleks dan harus segera mendapat penanganan yang tepat agar dapat segera teratasi. Badan Pusat Statistik (BPS), sebagai salah satu instansi pemerintah yang diberikan kewenangan dalam penyediaan data dan informasi kemiskinan di Indonesia, menggunakan pendekatan kebutuhan dasar (*basic needs approach*) dalam penghitungan penduduk miskin. Dengan pendekatan ini kemiskinan didefinisikan sebagai ketidak-mampuan dalam memenuhi kebutuhan dasar atau dengan kata lain kemiskinan dipandang sebagai ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan makanan maupun non-makanan yang bersifat mendasar [12]. Berdasarkan pendekatan kebutuhan dasar, indikator yang digunakan adalah *head count index* yaitu persentase penduduk yang berada dibawah garis kemiskinan. Garis kemiskinan itu sendiri dihitung berdasarkan rata-rata pengeluaran makanan dan non-makanan per kapita pada kelompok referensi (*reference population*).

Secara nasional, sesuai hasil rilis BPS tahun 2017, provinsi Maluku menempati urutan keempat sebagai daerah termiskin di Indonesia dengan persentase tingkat kemiskinan 19,26%. Sementara, berdasarkan hasil survei sosial ekonomi nasional (SUSENAS) BPS Provinsi Maluku menunjukkan bahwa kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) merupakan kabupaten yang memiliki persentase tingkat kemiskinan tertinggi di Provinsi Maluku dengan persentase tingkat kemiskinan 30,18 persen. Kabupaten MBD yang beribukota di Tiakur, secara administratif terbagi menjadi 17 Kecamatan dengan 117 desa dimana sebagian besar penduduknya memiliki mata pencaharian berupa nelayan dan petani [2].

Penentuan garis kemiskinan yang dikeluarkan oleh BPS menjadi salah satu dasar untuk melihat apakah seseorang dapat dikategorikan miskin atau tidak miskin. Garis kemiskinan tersebut akan dibandingkan dengan rata-rata pengeluaran per kapita penduduk desa. Desa/kelurahan yang memiliki rata-rata pengeluaran per kapita penduduk kurang dari garis kemiskinan, dianggap sebagai desa tertinggal, sedangkan yang lebih dari atau sama dengan garis kemiskinan, dianggap sebagai desa/kelurahan tidak tertinggal. Dalam penelitian ini, dilakukan pengelompokan desa/kecamatan di Kabupaten MBD menggunakan model jaringan syaraf tiruan *Self Organizing Map* (SOM) dan Biplot. Selanjutnya dilakukan perbandingan dari hasil pengelompokan yang diperoleh untuk menentukan pengelompokan terbaik. Pengelompokan ini berdasarkan variabel karakteristik kemiskinan yang diteliti agar dapat diketahui kedekatan antar desa/kecamatan dalam suatu *cluster* dan keragaman karakteristik kemiskinan.

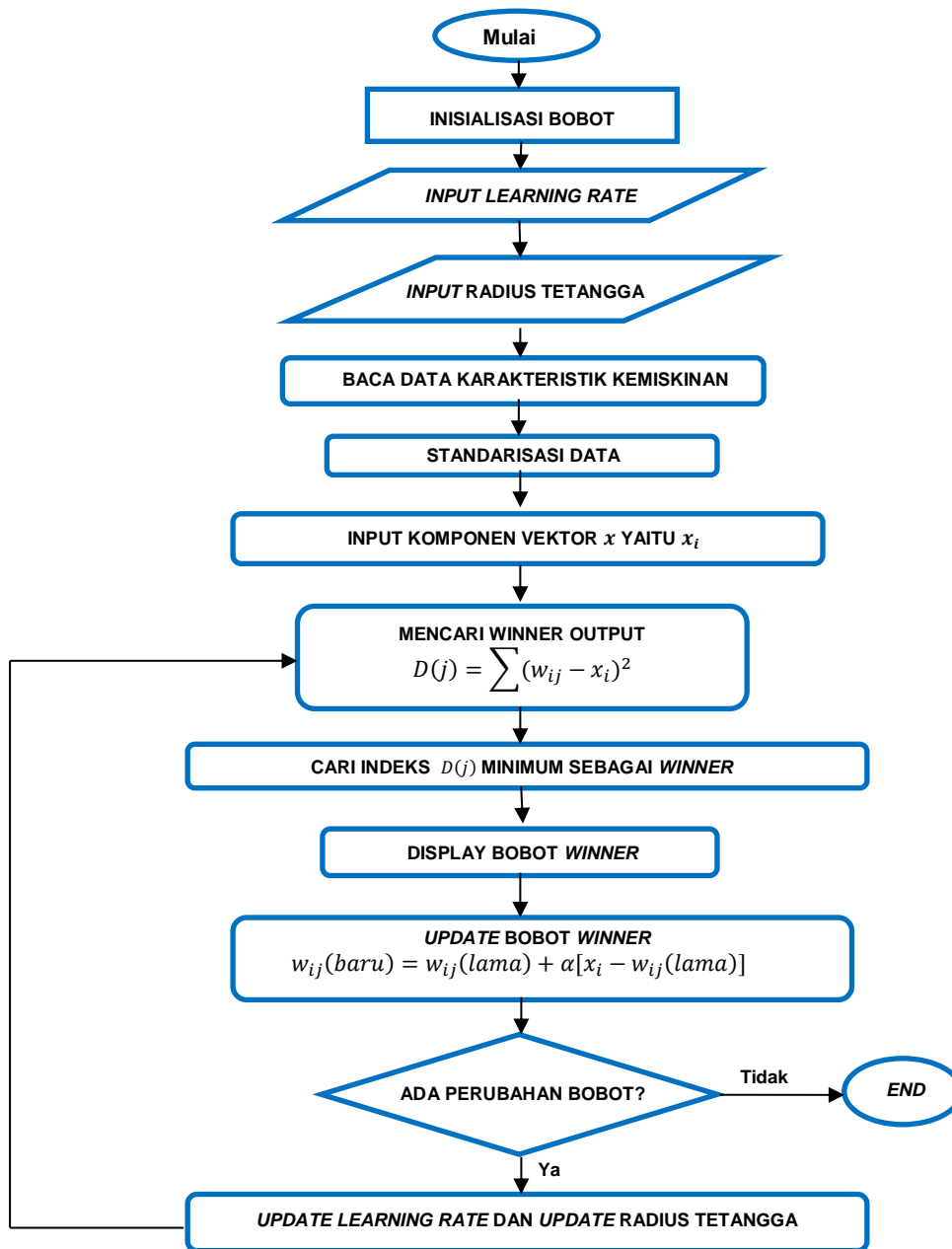
1.1. Self Organizing Map

Jaringan SOM merupakan salah satu jaringan saraf yang disukai untuk analisis pengelompokan. Titik kunci dari algoritma SOM adalah dengan perhitungan geometri. Jaringan SOM menggunakan metode pembelajaran *unsupervised*. Pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi neuron-neuron akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan input nilai tertentu dalam suatu kelompok yang dikenal dengan istilah *cluster*. Selama proses penyusunan diri, *cluster* yang memiliki vektor bobot paling cocok dengan pola input (memiliki jarak paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang. Neuron yang menjadi pemenang beserta neuron-neuron tetangganya akan memperbaiki bobot-bobotnya [10].

Pada pembelajaran *unsupervised*, di sini jaringan hanya diberi seperangkat data input saja tanpa adanya target yang diharapkan. Jaringan akan melatih dirinya sendiri untuk bisa mengenali pola data input dan kemudian mengklasifikasikannya. Berapa jumlah kelompok data *output* tidak ditentukan dan jumlah kelompok data ini bisa terus bertambah tanpa batas. Dalam *unsupervised* ini, jaringan hanya diberi rambu-rambu tentang tingkat keseragaman data input saja. Dengan kata lain, jumlah kelompok data yang terbentuk ditentukan oleh tingkat keseragaman data. Jika tingkat keseragaman rendah maka jumlah kelompok data yang dihasilkan akan sedikit dan demikian sebaliknya.

Penelitian [5] menunjukkan bahwa jaringan SOM adalah jaringan saraf kompetitif dan kooperatif yang dapat menampung vektor input dari struktur topologi dan peta data jaringan berdimensi tinggi ke yang lebih rendah. *Iatrical scholar* menggunakan teknik SOM dan teori himpunan untuk menemukan kecenderungan kondisi pasien penderita penyakit kardiovaskular secara individual [7]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh [9] dan [13] terkait dengan pemetaan ciri-ciri penyakit untuk diagnosa penyakit menunjukkan bahwa jaringan SOM juga sangat cocok untuk analisis *cluster*. Jaringan SOM terdiri dari dua lapisan (*layer*), yaitu lapisan input dan lapisan *output*. Setiap neuron dalam lapisan input terhubung dengan setiap neuron pada lapisan output. Setiap neuron dalam lapisan output merepresentasikan kelas dari input

yang diberikan. Adapun langkah-langkah dalam penerapan algoritma SOM yang merupakan kompetisi dan pembelajaran untuk mendapatkan pemenang dalam proses disajikan dalam bentuk diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Jaringan SOM

1.2. Analisis Biplot

Biplot adalah salah satu upaya menggambarkan data-data yang ada pada tabel ringkasan dalam grafik berdimensi dua. Informasi yang diberikan oleh biplot mencakup objek dan variabel dalam satu gambar [6]. Berdasarkan tampilan biplot yang disajikan secara visual dan simultan sejumlah objek pengamatan dan variabel dalam suatu grafik, maka ada empat hal penting yang bisa diperoleh, yakni kedekatan antar objek yang diamati, keragaman variabel, korelasi antar variabel dan nilai variabel pada suatu objek [1].

Analisis biplot adalah suatu metode multivariat yang menggunakan baris dan kolom dalam suatu grafik. Metode ini digunakan untuk menampilkan variabel dan objek yang diteliti. Biplot merupakan teknik statistik deskriptif dimensi ganda yang dapat menyajikan secara simultan segugus objek pengamatan dan variabel dalam suatu grafik pada suatu bidang datar sehingga ciri-ciri variabel dan objek pengamatan serta posisi relatif antara objek pengamatan serta posisi relatif antara objek pengamatan dengan variabel dapat

dianalisis. Penyajian plot objek pengamatan dan variabel secara bersamaan ini juga dapat memberikan tambahan informasi yang lebih baik tentang hubungan antara variabel dan pengamatan [8].

Analisis Biplot didasarkan pada *Singular Value Decomposition* (SVD). SVD bertujuan menguraikan matriks X berukuran $n \times p$ dimana n adalah banyaknya objek pengamatan dan p adalah banyaknya variabel, menjadi 3 buah matriks. Persamaan yang digunakan adalah matriks berukuran $n \times p$ yang berisi n objek dan p variabel, dapat ditulis:

$$X = ULA'$$

Dengan:

X = Matriks data berukuran $n \times p$

U = Matriks berukuran $n \times R$ yang kolom-kolomnya disebut vektor singular kolom .

L = Matriks diagonal berukuran $r \times r$ dengan unsur diagonal utamanya adalah nilai singular matriks X , yaitu akar kuadrat dari nilai eigen matriks XX'

A = Matriks berukuran $p \times r$ yang kolom-kolomnya adalah vektor eigen dari matriks XX'

U dan A adalah matriks orthonormal, dimana $U'U = A'A = IX'X = I$ dan $X'X = I$, U adalah kolom dari A' berisi eigen vektor dari matriks $X'X$ dan matriks diagonal dari L yang berisi akar kuadrat dari nilai eigen $X'X$ atau XX' , sehingga $\sqrt{\lambda_1} \geq \sqrt{\lambda_2} \geq \dots \geq \sqrt{\lambda_r}$ unsur-unsur diagonal matriks L disebut nilai singular dari matriks X dan kolom-kolom matriks A adalah vektor eigen dari $X'X$ atau XX' yang berpadanan dengan λ .

L^α untuk $0 \leq \alpha \leq 1$ merupakan matriks diagonal berukuran $r \times r$ dengan unsur-unsur diagonalnya $\lambda_1^{\alpha/2}, \lambda_2^{\alpha/2}, \dots, \lambda_r^{\alpha/2}$. Definisi L^α berlaku juga untuk $L^{1-\alpha}$, sehingga diperoleh unsur – unsur diagonalnya $\lambda_1^{1-\alpha/2}, \lambda_2^{1-\alpha/2}, \dots, \lambda_r^{1-\alpha/2}$. Misalkan UL^α dan $H' = L^{1-\alpha}A'$ dengan $0 \leq \alpha \leq 1$. Persamaan matriks X dapat ditulis menjadi

$$X = UL^\alpha L^{1-\alpha} A' = GH'$$

Matriks G skor komponen utama yang merupakan titik-titik koordinat dari n objek dan matriks H memuat vektor eigen yang merupakan titik-titik koordinat dari p peubah. Gambaran biplot dari matriks data X diperoleh dengan mengambil dua kolom pertama dari matriks G dan dua kolom pertama dari matriks H .

Ada dua nilai α yang digunakan untuk mendefinisikan $G = UL^\alpha$ dan $H' = L^{1-\alpha}A'$ yaitu $\alpha = 0$ dan $\alpha = 1$. Jika $\alpha = 0$, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$G = U \text{ dan } H' = LA'$$

Secara keseluruhan pemilihan $\alpha = 0$, akan memberikan kesesuaian untuk data keragaman. Tampilan biplot akan lebih mampu menggambarkan keragaman variabel, hubungan antar variabel sekaligus mendapatkan informasi mengenai pola objek. Jika $\alpha = 0$ yang digunakan, maka hasil pemfaktoran disebut *Column Metric Preserving (CMP) biplot*. Jika $\alpha = 1$, maka diperoleh persamaan : $G = UL$ dan $H' = A'$ Dengan menggunakan $\alpha = 1$, tampilan biplot akan lebih memberikan gambaran jarak antara pasangan barisan sehingga baik digunakan untuk melihat kedekatan objek-objek. Jika $\alpha = 1$ yang digunakan, maka hasil pemfaktoran *Row Metric Preserving (RMP) biplot* [11].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini bersumber dari hasil survey BPS Tahun 2016 [3] pada setiap desa/kelurahan di 17 kecamatan yang ada di kabupaten MBD.

2.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel penelitian yang merupakan karakteristik kemiskinan pada suatu wilayah kecamatan antara lain :

1. Faktor Geografis dan akses

X_1 : Luas Wilayah Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Km²)

X_2 : Banyak Pulau Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD

- X_3 : Jarak Ibukota Kabupaten MBD dengan ibu Kota Kecamatan (mil)
- X_4 : Banyaknya Desa Menurut Kecamatan di Kabupaten MDB
- X_5 : Luas Areal Padi Ladang Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Hektar)
- X_6 : Luas Areal Padi Sawah Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Hektar)
- X_7 : Luas Areal Tanaman Jagung Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_8 : Luas Areal Tanaman Ketela Pohon Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_9 : Luas Areal Tanaman Ketela Rambat Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_{10} : Luas Areal Tanaman Kacang Tanah Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_{11} : Luas Areal Tanaman Kacang Hijau Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_{12} : Luas Tanaman Perkebunan (Kelapa, Cengkih, Pala, Kopi, Kakao dan Jambu Mete) Menurut Kecamatan di MBD (Hektar)
- X_{13} : Luas Potensi Lahan Budidaya Laut Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Hektar)
- X_{14} : Panjang Jalan Dalam Kondisi Baik (Aspal) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Km)
- X_{15} : Panjang Jalan Dalam Kondisi Rusak (Tanah/Belum Tembus) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Km)
- X_{16} : Panjang Jalan Dalam Kondisi Sedang (Urpil) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Km)
2. Faktor Sumber Daya Manusia (SDM) dan Sosial Ekonomi Penduduk
- X_{17} : Tingkat Perkembangan Desa (Swadaya, Swakarsa, Swasembada) Menurut Kecamatan Di Kabupaten MBD
- X_{18} : Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kecamatan di Kabupaten MDB(%)
- X_{19} : Kepadatan Penduduk per Km² Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{20} : Rasio Jumlah Guru dan Banyaknya Sekolah Dasar (SD) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{21} : Rasio Jumlah Guru dan Banyaknya Sekolah SMP Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{22} : Rasio Jumlah Guru dan Banyaknya Sekolah SMA Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{23} : Rasio Jumlah Guru dan Banyaknya Sekolah SMK Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{24} : Jumlah Tenaga Kesehatan Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{25} : Tenaga Usaha Perbaikan Gizi Keluarga (UPGK) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{26} : Persentase Status Gizi Buruk Balita Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{27} : Persentase Peserta KB Aktif Terhadap Jumlah Pasangan Usia Subur Menurut Kecamatan di MBD
- X_{28} : Produksi Tanaman Perkebunan Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD (Ton)
- X_{29} : Populasi Ternak Menurut Kecamatan dan Jenis Ternak di Kabupaten MBD
- X_{30} : Populasi Unggas Menurut Kecamatan dan Jenis Unggas di Kabupaten MBD
- X_{31} : Banyaknya Produksi Rumput Laut Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
3. Sarana dan Prasarana
- X_{32} : Jumlah Fasilitas Kesehatan (Puskesmas dan Posyandu) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{33} : Jumlah Klinik Keluarga Berencana (KKB) dan Pos Pelayanan Keluarga Berencana Desa (PPKBD) Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD
- X_{34} : Jumlah Perahu/Kapal Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD

X_{35} : Jumlah Koperasi Menurut Kecamatan di Kabupaten MBD

X_{36} : Sarana dan Prasarana Perhubungan Laut dan Udara di Kabupaten MBD

Variabel yang terpilih adalah variabel yang secara substansi merupakan karakteristik dan determinan ketertinggalan wilayah dengan memperhatikan ketersediaan data pada kegiatan Survey BPS Tahun 2016. Selanjutnya, untuk pengolahan dan analisis data, digunakan *software* Matlab dan SPSS.

2.3 Tahapan Penelitian

Secara terperinci tahapan metode penelitian yang digunakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Pengumpulan dan verifikasi data : pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan verifikasi data hasil Survei BPS Tahun 2016 di Kabupaten MBD Propinsi Maluku.
- Statistika Deskriptif: pada tahapan ini dilakukan pemaparan data dengan angka maupun gambar yang informatif sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan sementara akan kondisi pada setiap desa/kecamatan di Kabupaten MBD.
- Standarisasi Data: pada tahap ini dilakukan tranformasi (standarisasi) data untuk memudahkan proses pengolahan data menjadi informasi dan laporan sehingga hasil *cluster* tidak bias.
- Pengelompokan desa/kecamatan: pada tahapan ini diterapkan algoritma jaringan SOM untuk mengelompokkan setiap desa/kecamatan di Kabupaten MBD berdasarkan beberapa *cluster* yang ditentukan.
- Analisis Hasil *Clustering*: pada tahapan ini dilakukan klasifikasi tingkat kemiskinan berdasarkan *cluster* yang diperoleh.
- Pemetaan Biplot: pada tahapan ini dilakukan pemetaan biplot untuk memberikan penyajian visual hasil pemetaan setiap desa/kecamatan dan variabel (karakteristik kemiskinan) pada suatu plot dua dimensi.
- Analisis biplot: pada tahap ini dianalisis hasil pemetaan (biplot) untuk desa/kecamatan di Kabupaten MBD berdasarkan variabel karakteristik kemiskinan yang diteliti. Ada 4 hal penting yang dapat dianalisis dari tampilan biplot antara lain: kedekatan antar setiap desa/kecamatan serta karakteristik kemiskinan yang mempengaruhi, keragaman karakteristik kemiskinan di Kabupaten MBD dan korelasi antar variabel karakteristik kemiskinan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data Penelitian

Peneliti menggunakan 17 kecamatan di Kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) sebagai objek penelitian yaitu:

- | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1) Wetar | 7) Kepulauan Romang | 13) Pulau-Pulau Babar |
| 2) Wetar Barat | 8) Letti | 14) Pulau Wetang |
| 3) Wetar Utara | 9) Moa | 15) Babar Timur |
| 4) Wetar Timur | 10) Lakor | 16) Pulau Masela |
| 5) Pulau-Pulau Terselatan | 11) Damer | 17) Dawelor Dawera |
| 6) Kisar Utara | 12) Mdonu Hyera | |

Adapun data deskriptif kemiskinan di Kabupaten MBD (hasil olahan data bersumber dari [4]) disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Deskriptif Karakteristik Kemiskinan di Kabupaten MBD

Karakteristik	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
X_1	16,79	1725,24	50,75	452,232
X_2	0	12	2,82	3,80
X_3	0	140	77,91	45,93
X_4	5	16	10	3,74
X_5	0	34	2,70	8,31
X_6	0	0,50	0,03	0,12
X_7	5	1104	282,71	336,05
X_8	3	165	30,29	41,02

X_9	1	33	5,59	7,63
X_{10}	1	32	7,76	8,97
X_{11}	1	25	10,35	8,58
X_{12}	0	1952	517,58	584,11
X_{13}	0	2242,13	327,86	735,33
X_{14}	0	88,57	18,38	24,53
X_{15}	0	106,97	41,97	30,02
X_{16}	0	6,06	1,34	1,94
X_{17}	3	11	6,88	2,47
X_{18}	0,18	0,48	0,31	0,09
X_{19}	1,36	226,10	32,73	64,49
X_{20}	2,83	9,67	5,74	1,94
X_{21}	1,33	14,75	4,82	3,39
X_{22}	0	25	6,97	7,38
X_{23}	0	18	3,24	5,29
X_{24}	5	73	19,82	17,85
X_{25}	25	108	53,94	25,31
X_{26}	0	11,58	4,10	3,38
X_{27}	0	35,05	12,34	12,24
X_{28}	4,40	1281,20	333,95	399,87
X_{29}	1501	20638	7105,47	5799,34
X_{30}	198	60223	4986,94	14270,25
X_{31}	0	78445,44	5917,15	19193,36
X_{32}	6	22	12,71	5,27
X_{33}	0	2	0,71	0,69
X_{34}	43	902	219,35	200,20
X_{35}	0	25	7,12	7,78
X_{36}	0	3	1,06	0,66

3.2. Proses Pengelompokan Menggunakan Metode *Self Organizing Maps* (SOM)

Penggunaan metode *Self Organizing Maps* (SOM) untuk mengelompokkan 17 kecamatan di kabupaten MBD berdasarkan data karakteristik kemiskinan dengan parameter yang digunakan dalam jaringan SOM, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Inisialisasi bobot } w_{ij} &= 5 \times 10^8 \\ \text{Learning rate } (\alpha) &= 0,6 \\ \text{Radius tetangga } (R) &= 0 \\ \text{Learning rate fase update} &= 0,01 \end{aligned}$$

Hasil pengelompokan untuk 4 cluster dengan 1000 iterasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil Pengelompokkan Kecamatan di Kabupaten MBD Menggunakan Metode SOM

Pengelompokan	Anggota
Cluster 1	PP. Terselatan, Letti, Moa
Cluster 2	PP. Babar, Mdonu Hyera, Babar Timur, Kep. Romang, Damer
Cluster 3	Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera, P. Wetang, P. Masela
Cluster 4	Wetar, Wetar Barat, Wetar Utara, Wetar Timur

3.3. Proses Pengelompokan Menggunakan Metode Biplot

Informasi data yang disajikan dalam biplot ditentukan berdasarkan nilai ρ^2 , semakin mendekati nilai satu berarti biplot yang diperoleh dari matriks pendekatan berdimensi dua akan memberikan penyajian data yang semakin baik mengenai informasi-informasi yang terkandung pada data yang sebenarnya. Penyajian informasi ini bergantung pada nilai eigen (λ). Nilai eigen yang digunakan adalah dua nilai eigen terbesar dari matriks $X'X$. Pada penelitian ini diperoleh nilai λ_1 sebesar 10,7436 dan λ_2 62,0545 sehingga diperoleh nilai ρ^2 adalah 0,7. Karena nilai ρ^2 yang diperoleh mendekati 1, maka biplot yang dihasilkan

sangat baik. Hasil pengelompokan dengan menggunakan metode biplot adalah seperti yang ditampilkan pada Tabel 3, berikut:

Tabel 3. Hasil Pengelompokan Kecamatan di Kabupaten MBD Menggunakan Metode Biplot

Pengelompokan	Anggota
Cluster 1	PP. Terselatan, Letti, Moa
Cluster 2	PP. Babar, Babar Timur
Cluster 3	P. Masela, Mdon Hyera, Kep. Romang, Damer, Wetar, Wetar Barat,
Cluster 4	Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera, P. Wetang,

3.4. Pemilihan Metode Pengelompokan Terbaik

Untuk mengetahui metode mana yang mempunyai kinerja terbaik, maka digunakan kriteria dua nilai simpangan baku, yaitu rata-rata simpangan baku dalam cluster S_W dan simpangan baku antar cluster S_B . Metode terbaik mempunyai nilai rasio antar simpangan baku dalam cluster dengan simpangan baku antar cluster yang terkecil. Semakin kecil nilai S_W dan semakin besar nilai S_B maka akan memiliki kinerja yang baik, artinya mempunyai homogenitas atau kesamaan yang tinggi antar anggota dalam satu cluster [11]. Rumus rata-rata simpangan baku dalam cluster $S_W = \frac{\sum_{k=1}^n S_k}{n}$ dengan n = banyaknya cluster yang terbentuk dan S_k = simpangan baku cluster ke- k . Sedangkan rumus simpangan baku antar cluster (S_B) adalah $S_B = \left[\frac{\sum_{k=1}^n (\bar{X}_k - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$ dengan \bar{X}_k = rata-rata cluster ke- k dan \bar{X} = rata-rata keseluruhan cluster. Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh nilai rasio seperti dalam Tabel 4, berikut:

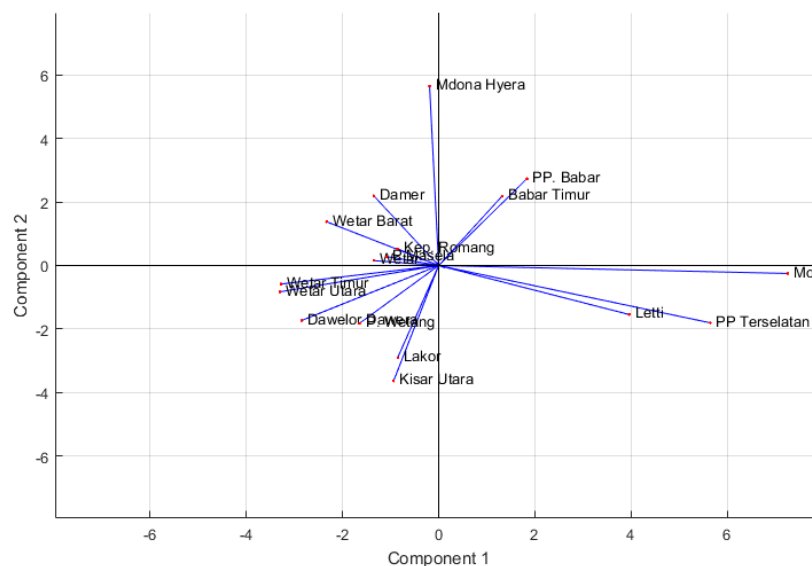
Tabel 4. Pemilihan Metode Pengelompokan Terbaik

Cluster	Rasio		Metode Terbaik
	SOM	Biplot	
4 Cluster	0,4426	0,4257	Biplot

Berdasarkan Tabel 4, menunjukkan bahwa untuk pengelompokan 17 kecamatan di Kabupaten MBD berdasarkan karakteristik kemiskinan terlihat bahwa metode Biplot menunjukkan hasil yang lebih baik daripada metode SOM karena memiliki rasio yang lebih kecil yaitu 0,4257 dibandingkan dengan nilai rasio SOM yaitu 0,4426. Karena metode Biplot merupakan metode terbaik dalam pengelompokan kecamatan di kabupaten MBD berdasarkan karakteristik kemiskinan maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis lebih lanjut.

3.5. Hasil Analisis Biplot

Berdasarkan prosedur analisis biplot diperoleh hasil berupa biplot seperti pada Gambar 2, berikut:

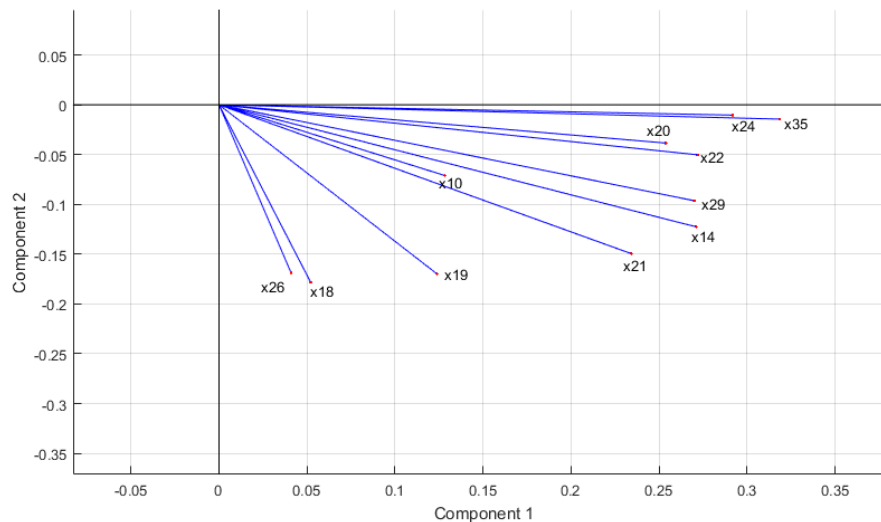


Gambar. 2 Grafik Biplot

Pada penelitian ini dihasilkan grafik biplot dengan $\alpha = 1$, alasan terpilihnya biplot dengan $\alpha = 1$ yaitu hasil kali matriks koordinat objek (G) dan matriks koordinat variabel (H) sama dengan elemen-elemen pada matriks data awal. Sehingga biplot dalam penelitian ini merupakan biplot RPM (*Row Metric Preserving*) atau biplot komponen utama. Biplot RPM ini digunakan untuk menduga jarak Euclidean secara optimal. Berdasarkan tampilan biplot di atas maka diperoleh bahwa *cluster 1* yang terdiri dari kecamatan Pulau-Pulau Terselatan, Letti dan Moa merupakan *cluster* dengan karakteristik kemiskinan yang rendah. Sedangkan *cluster 4* yang terdiri dari kecamatan Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera dan P. Wetang merupakan *cluster* dengan tingkat kemiskinan yang sangat tinggi. Selanjutnya untuk *cluster 3* yang terdiri dari kecamatan Pulau Masela, Mdonu Hyera, Kepulauan Romang, Damer, Wetar dan Wetar Barat merupakan *cluster* tingkatan kemiskinan yang cukup tinggi, sedangkan untuk *cluster* ke 2 terdiri dari kecamatan Pulau-Pulau Babar dan Babar Timur tergolong *cluster* tingkatan kemiskinan yang sedang.

3.5.1. Kedekatan antar objek

Informasi ini dijadikan paduan untuk mengetahui kecamatan yang memiliki kemiripan karakteristik dengan kecamatan lainnya. Kecamatan yang berada pada kuadran yang sama dikatakan memiliki kesamaan karakteristik kemiskinan yang cukup dekat jika dibandingkan dengan kecamatan yang berada pada kuadran yang berbeda.



Gambar. 3 Grafik Karakteristik Kemiskinan di Cluster 1

Selain itu juga kesamaan karakteristik kemiskinan dapat ditentukan melalui jarak Euclidean, semakin kecil nilai jarak Euclidean maka semakin dekat kedua objek tersebut. Berdasarkan Gambar 3 – Gambar 6, maka dapat dijelaskan karakteristik kemiskinan yang mempengaruhi sehingga 17 kecamatan di kabupaten MBD dikelompokkan dalam *cluster* yang berada pada kuadran yang sama yaitu sebagai berikut:

1. *Cluster 1*, diantaranya kecamatan Pulau-Pulau Terselatan, Letti dan Moa memiliki kemiripan pada:
Faktor Geografis dan akses

X_{10} : Luas areal tanaman kacang tanah, yaitu memiliki luas areal tanaman kacang tanah yang besar dibandingkan kecamatan yang lain.

X_{14} : Panjang jalan dalam kondisi baik, yakni sebagian besar daerah di kecamatan memiliki kondisi jalan yang sudah beraspal.

Faktor Sumber Daya Manusia (SDM) dan Sosial Ekonomi Penduduk

X_{18} : Laju pertumbuhan penduduk, dimana laju pertumbuhan penduduk di kecamatan pada *cluster 1* ini sangat tinggi dibandingkan kecamatan yang lain.

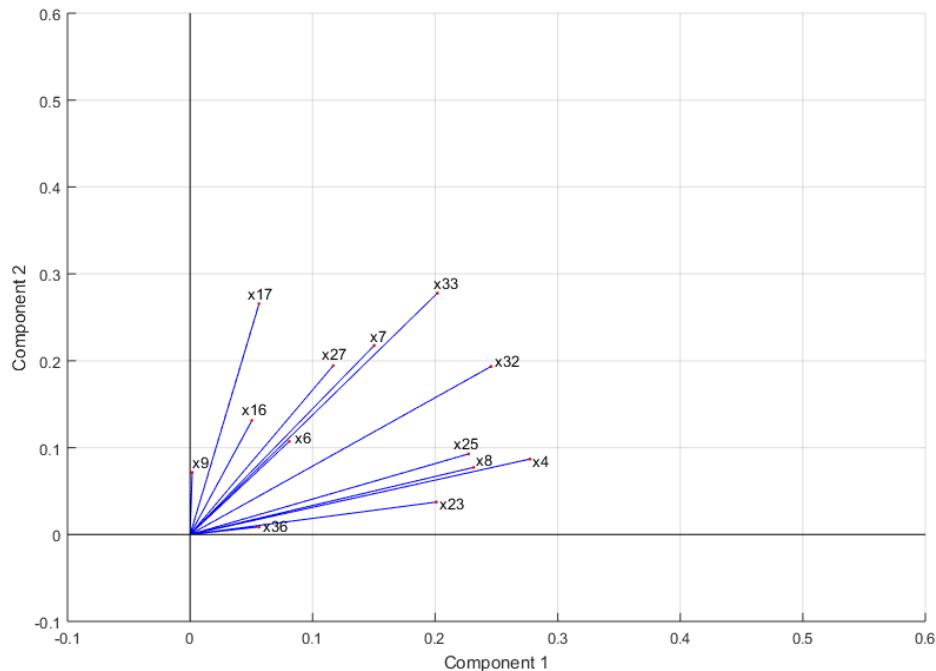
X_{19} : Kepadatan penduduk per km², yaitu kepadatan penduduk sangat tinggi dibandingkan kecamatan yang lain.

X_{20} : Rasio jumlah guru dan banyaknya Sekolah Dasar sangat baik yaitu rata-rata 8,68 di atas rata-rata keseluruhan yakni 5,74.

- X_{21} : Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMP sangat baik yaitu rata-rata 9,94 di atas rata-rata keseluruhan yakni 4,82.
- X_{22} : Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMA sangat baik yaitu rata-rata 19,83 di atas rata-rata keseluruhan yakni 6,97.
- X_{24} : Jumlah tenaga kesehatan yang memadai yaitu rata-rata 47 tenaga kesehatan di tiap kecamatan
- X_{26} : Persentase status gizi buruk balita yang cukup besar yaitu rata-rata 6,12%
- X_{29} : Populasi ternak yang sangat banyak yaitu rata-rata 16129, jauh di atas rata-rata yakni 7105.

Sarana dan Prasarana

- X_{35} : Jumlah koperasi yang banyak yakni rata-rata 21 koperasi di setiap kecamatan



Gambar. 4 Grafik Karakteristik Kemiskinan di Cluster 2

2. *Cluster 2*, diantaranya kecamatan Pulau-Pulau Babar dan kecamatan Babar Timur memiliki kemiripan pada:

Faktor Geografis dan akses

- X_4 : Banyaknya desa cukup banyak yaitu rata-rata 12 desa di tiap kecamatan dan masih di atas rata-rata keseluruhan yakni 9 desa per kecamatan
- X_6 : Luas areal padi sawah, yaitu rata-rata setiap kecamatan pada *cluster 2* memiliki luas areal sawah yang besar dibandingkan kecamatan yang lain.
- X_7 : Luas areal tanaman jagung, yaitu rata-rata setiap kecamatan pada *cluster 2* memiliki luas areal tanaman jagung yang besar dibandingkan kecamatan yang lain.
- X_8 : Luas areal tanaman ketela pohon yang cukup luas karena masih di atas rata-rata keseluruhan
- X_9 : Luas areal tanaman ketela rambat, yaitu rata-rata setiap kecamatan pada *cluster 2* memiliki luas areal ketela rambat yang besar dibandingkan kecamatan yang lain.
- X_{16} : Panjang jalan dalam kondisi sedang, yakni sebagian besar daerah di kecamatan pada *cluster 2* memiliki kondisi jalan yang masih urpil.

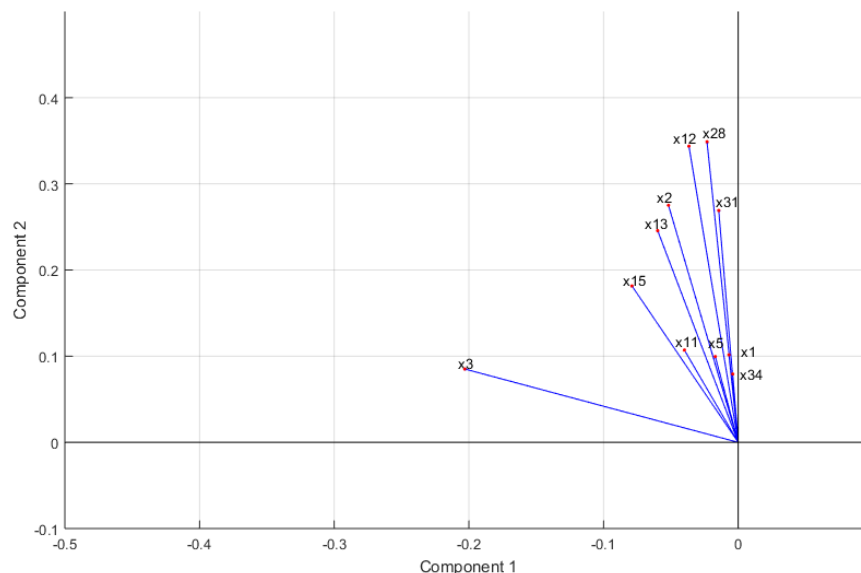
Faktor Sumber Daya Manusia (SDM) dan Sosial Ekonomi Penduduk

- X_{17} : Tingkat perkembangan desa (swadaya, swakarsa, swasembada) sangat tinggi dibandingkan kecamatan yang lain

- X_{23} : Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMK cukup rendah yaitu rata-rata 4 guru di tiap sekolah walaupun masih di atas rata-rata keseluruhan yaitu 3 guru tiap sekolah.
- X_{25} : Tenaga Usaha Perbaikan Gizi Keluarga (UPGK) masih sangat rendah yaitu rata-rata 51 orang di tiap kecamatan dimana angka ini masih dibawah rata-rata keseluruhan yaitu 53 orang per kecamatan.
- X_{27} : Persentase peserta KB aktif terhadap jumlah pasangan usia subur sangat tinggi yaitu rata-rata 24,96 % di atas rata-rata keseluruhan yakni 12,35%.

Sarana dan Prasarana

- X_{32} : Jumlah fasilitas kesehatan (puskesmas dan posyandu) tergolong cukup yaitu rata-rata 18 fasilitas kesehatan di tiap kecamatan dan masih berada di atas rata-rata keseluruhan yaitu 12 fasilitas kesehatan di tiap kecamatan
- X_{33} : Jumlah Klinik Keluarga Berencana (KKB) dan Pos Pelayanan Keluarga Berencana Desa (PPKBD) rata-rata 1 klinik di tiap kecamatan
- X_{36} : Sarana dan prasarana perhubungan laut dan udara rata-rata 1 sarana prasarana di tiap kecamatan



Gambar. 5 Grafik Karakteristik Kemiskinan di Cluster 3

3. *Cluster 3*, diantaranya kecamatan Pulau Masela, Mdonu Hyera, Kepulauan Romang, Damer, Wetar dan Wetar Barat memiliki kemiripan pada:

Faktor Geografis dan akses

- X_1 : Luas wilayah, dimana rata-rata luas wilayah kecamatan di *cluster 3* sangat besar dibandingkan kecamatan yang lain.
- X_2 : Banyak pulau, yaitu bahwa rata-rata kecamatan di *cluster 3* terdiri dari banyak pulau.
- X_3 : Jarak ibukota kabupaten MBD dengan ibu kota kecamatan di *cluster 3* cukup jauh.
- X_5 : Luas areal padi ladang, dimana rata-rata luas areal padi ladang pada kecamatan di *cluster 3* sangat besar dibandingkan kecamatan yang lain.
- X_{11} : Luas areal tanaman kacang hijau, dimana rata-rata luas areal tanaman jagung pada kecamatan di *cluster 3* sangat besar dibandingkan kecamatan yang lain
- X_{12} : Luas tanaman perkebunan (kelapa, cengkih, pala, kopi, kakao dan jambu mete) setiap kecamatan di *cluster 3* cukup luas
- X_{13} : Luas potensi lahan budidaya laut, dimana rata-rata luas potensi lahan budidaya laut setiap kecamatan pada *cluster 3* ini sangat besar
- X_{15} : Panjang jalan dalam kondisi rusak (tanah/belum tembus), dimana rata-rata setiap daerah pada kecamatan di *cluster 3* masih memiliki jalan dalam kondisi rusak.

Faktor Sumber Daya Manusia (SDM) dan Sosial Ekonomi Penduduk:

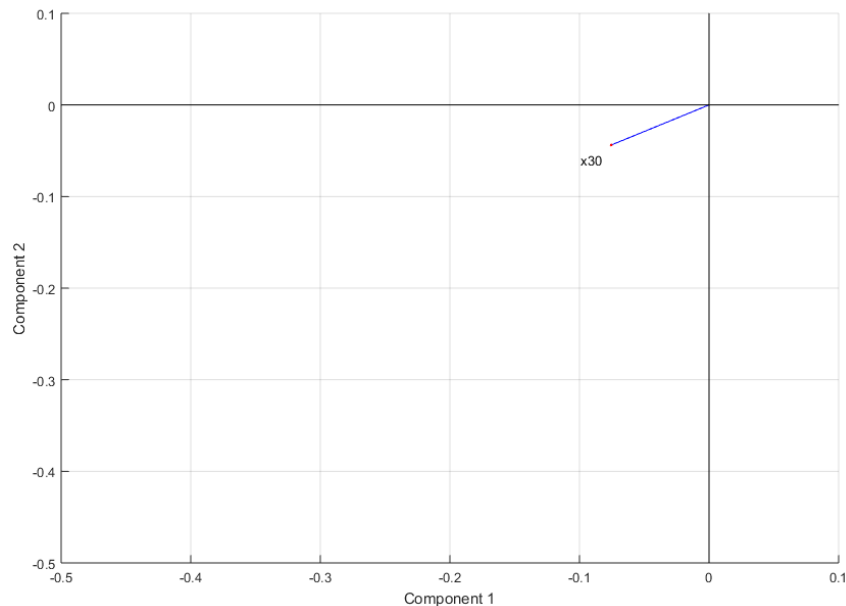
X_{28} : Produksi tanaman perkebunan, dimana rata-rata desa di kecamatan dalam *cluster* 3 yang memproduksi tanaman perkebunan masih cukup tinggi yaitu 580,03 ton masih di atas rata-rata yakni sebesar 333,94 ton.

X_{31} : Banyaknya produksi rumput laut, dimana rata-rata desa di kecamatan dalam *cluster* 3 banyak yang memproduksi rumput laut

Sarana dan Prasarana

X_{34} : Jumlah perahu/kapal, dimana rata-rata jumlah perahu/kapal pada setiap desa di kecamatan dalam *cluster* 3 sangat banyak dan di atas rata-rata keseluruhan.

4. *Cluster* 4, diantaranya kecamatan Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera dan P. Wetang memiliki kemiripan variabel X_{30} yaitu populasi unggas yang sangat banyak yaitu rata-rata 10988 unggas di tiap kecamatan dan berada di atas rata-rata keseluruhan yaitu 4989.



Gambar. 6 Grafik Karakteristik Kemiskinan di *Cluster* 4

3.5.2. Keragaman Variabel (Karakteristik Kemiskinan)

Informasi ini digunakan untuk menentukan karakteristik kemiskinan di setiap wilayah kecamatan. Dengan ini, bisa diperkirakan pada karakteristik kemiskinan yang mana strategi harus ditingkatkan dalam rangka menurunkan angka kemiskinan, dan juga sebaliknya.

Cluster 4 yang terdiri dari 6 kecamatan, yaitu Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera dan P. Wetang merupakan *cluster* dengan karakteristik kemiskinan tertinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi sehingga *cluster* ini tergolong ke dalam *cluster* dengan tingkat kemiskinan tertinggi adalah sebagai berikut:

- Sebagian besar jalan belum dalam kondisi baik (aspal) dan masih dalam kondisi urpil
- Tingkat perkembangan desa (swadaya, swakarsa, swasembada) masih sangat rendah
- Rasio jumlah guru dan banyaknya SD masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SD hanya 4-5 orang
- Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMP masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SMP hanya 3-4 orang
- Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMA masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SMA hanya 2-3 orang
- Hampir di setiap kecamatan tidak ada bangunan sekolah SMK
- Jumlah tenaga kesehatan masih sedikit yakni rata-rata di setiap kecamatan hanya ada 11 orang tenaga kesehatan
- Tenaga Usaha Perbaikan Gizi Keluarga (UPGK) masih sedikit yakni rata-rata di setiap kecamatan hanya ada 31 orang tenaga UPGK

- i. Jumlah fasilitas kesehatan (puskesmas dan posyandu) masih sedikit yakni di setiap kecamatan rata-rata hanya 7 fasilitas kesehatan
- j. Tidak tersedianya Klinik Keluarga Berencana (KKB) dan Pos Pelayanan Keluarga Berencana Desa (PPKBD) di setiap kecamatan
- k. Jumlah koperasi yang masih sangat sedikit yaitu rata-rata hanya 2 koperasi di setiap kecamatan

Sedangkan faktor-faktor yang merupakan karakteristik kemiskinan yang juga turut mempengaruhi sehingga *cluster* 3 tergolong ke dalam *cluster* dengan tingkat kemiskinan yang cukup tinggi adalah sebagai berikut:

- a) Kondisi jalan yang masih rusak (tanah/belum tembus)
- b) Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMP masih sangat sedikit, yaitu rata-rata jumlah guru pada suatu SMP hanya 3 orang
- c) Hampir di setiap kecamatan tidak ada bangunan sekolah SMK. Untuk kecamatan yang ada sekolah SMK, ketersediaan guru masih sangat sedikit yaitu rata-rata hanya ada 2 guru dalam satu sekolah.
- d) Jumlah tenaga kesehatan masih sedikit yakni rata-rata di setiap kecamatan hanya ada 9 orang tenaga kesehatan.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengelompokkan menggunakan metode Biplot lebih baik jika dibandingkan dengan hasil pengelompokkan menggunakan metode SOM karena memiliki rasio yang lebih kecil. Adapun hasil pengelompokkan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Cluster 1	Pulau-Pulau Terselatan, Letti, Moa
Cluster 2	Pulau-Pulau Babar, Babar Timur
Cluster 3	Pulau Masela, Mdonu Hyera, Kepulauan Romang, Damer, Wetar, Wetar Barat,
Cluster 4	Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera, Pulau Wetang,

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi sehingga *cluster* 4 yang terdiri dari 6 kecamatan, yaitu Wetar Utara, Wetar Timur, Kisar Utara, Lakor, Dawelor Dawera dan Pulau Wetang merupakan *cluster* dengan karakteristik kemiskinan tertinggi adalah sebagai berikut:
 - a. Sebagian besar jalan belum dalam kondisi baik (aspal) dan masih dalam kondisi urpil.
 - b. Tingkat perkembangan desa (swadaya, swakarsa, swasembada) masih sangat rendah
 - c. Rasio jumlah guru dan banyaknya SD masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SD hanya 4-5 orang.
 - d. Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMP masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SMP hanya 3-4 orang.
 - e. Rasio jumlah guru dan banyaknya sekolah SMA masih sangat sedikit yakni rata-rata jumlah guru pada suatu SMA hanya 2-3 orang.
 - f. Hampir di setiap kecamatan tidak ada bangunan sekolah SMK.
 - g. Jumlah tenaga kesehatan masih sedikit yakni rata-rata di setiap kecamatan hanya ada 11 orang tenaga kesehatan.
 - h. Tenaga Usaha Perbaikan Gizi Keluarga (UPGK) masih sedikit yakni rata-rata di setiap kecamatan hanya ada 31 orang tenaga UPGK.
 - i. Jumlah fasilitas kesehatan (puskesmas dan posyandu) masih sedikit yakni di setiap kecamatan rata-rata hanya 7 fasilitas kesehatan.
 - j. Tidak tersedianya Klinik Keluarga Berencana (KKB) dan Pos Pelayanan Keluarga Berencana Desa (PPKBD) di setiap kecamatan.
 - k. Jumlah koperasi yang masih sangat sedikit yaitu rata-rata hanya 2 koperasi di setiap kecamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Matjik and I. M. Sumertajaya, "Sidik Peubah Ganda Dengan Menggunakan SAS", *Bogor: IPB Press*, 2011.
- [2] BPS Provinsi Maluku, "Statistik Daerah Provinsi Maluku", *Ambon*, 2017.
- [3] BPS Maluku Barat Daya, "Indikator Kesejahteraan Rakyat Kabupaten Maluku Barat Daya", *Tiakur*, 2016.
- [4] BPS Maluku Barat Daya, "Kabupaten Maluku Barat Daya Dalam Angka", *Tiakur*, 2017.
- [5] D. Gil, M. Johnsson, J. M. G. Chamizo, P. A. Soriano and F. D. Ruiz, "Application of Artificial Neural Networks in the Diagnosis of Urological Dysfunctions," *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 3, p. 5754–5760, 2009.
- [6] E. F. Rifkhatussa'diyah, H. Yasin and A. Rusgiyono, "Analisis Principal Component Biplots Pada Bank Umum Persero yang Beroperasi Di Jawa Tengah," in *Prosiding Seminar Nasional Statistika*, Semarang, 2013.
- [7] H. C. Chou, C. H. Cheng and J. R. Chang, "Extracting Drug Utilization Knowledge Using Self-Organizing Map and Rough Set Theory," *Expert Systems with Applications*, Vol. 33, No. 2, pp. 499-508, 2007.
- [8] I. T. Jolliffe, "Principal Component Analysis", *New York: Springer-verlag*, 2002.
- [9] K. C. Y. & Y. S. Zhang, "Self-Organizing Feature Map for Cluster Analysis in Multi-disease Diagnosis," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 9, pp. 6359-6367, 2010.
- [10] L. Fausett, "Fundamentals of Neural Networks, Architecture, Algorithms, and applications", *Prentice-Hall*, 1994.
- [11] M. J. Bunkers, & J. R. Miller, "Definition of Climate Regions in The Northern Plains Using an Objective Cluster Modification Technuque," *Journal of Climate*, No. 9, pp. 130-146, 1996.
- [12] S. Hidayat, "Pemodelan Desa Tertinggal di Jawa Barat Tahun 2005 dengan Pendekatan MARS," *Jurusan Statistika FMIPA ITS*, Surabaya, 2008.
- [13] Z. A. Leleury and H. W. M. Patty, "Analisis Cluster dan Diagnosa Penyakit Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," in *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura*, Ambon, 2013.
- [14] Z. A. Leleury and A. E. Wokanubun, "Analisis Biplot dan Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Maluku," *Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan*, Vol. 9, No. 1, pp. 21-31, 2015.

PENINGKATAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS MAHASISWA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN GENERATIF

Improving Student's Mathematical Communication Skills Using Generative Learning Models

La Moma¹, Hanisa Tamalene²

^{1,2}Prodi Pend. Matematika, Jurusan Pend. MIPA, FKIP Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Kode Pos 97233, Maluku, Indonesia

e-mail: ¹lamoma121@gmail.com; ² tamalene80nissa@gmail.com

Corresponding author*

Abstrak

Pembelajaran matematika saat ini lebih menekankan pada kemampuan prosedural dan mekanistik. Komunikasi satu arah dalam pembelajaran, kurang memberi kemampuan berpikir tingkat tinggi serta bergantung pada buku paket, jarang memberikan soal non rutin. Guru/Dosen jarang memberikan keterampilan komunikasi matematis (*Mathematics Communication Skills*) kepada mahasiswa dalam pembelajaran matematika, sehingga jika diberi soal non rutin, dan pertanyaan yang memerlukan pemecahan kritis, dan kreatif, siswa mengalami kesulitan untuk memecahkannya. Salah satu alternatif pembelajaran untuk mengatasi hal tersebut, dalam penelitian ini digunakan model pembelajaran generatif. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pencapaian dan perbedaan peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran generatif dan konvensional. Penelitian ini adalah penelitian kuasi eksperimen dengan disain kelompok pretes-postes. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa terdapat perbedaan pencapaian kemampuan komunikasi matematis mahasiswa dengan menggunakan model pembelajaran generatif dan pembelajaran konvensional, terdapat perbedaan peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Kata Kunci: *Pembelajaran Generatif, Kemampuan Komunikasi Matematis*

Abstract

Mathematics learning is currently more focused on procedural capabilities and mecanitstic, one-way communication, low order thinking capabilities, depending on package books, more dominant routine questions and low-order questions. Teachers/ Lecturers rarely provide mathematical Communication capabilities to Students in mathematics learning, so if the students given non-routine questions, and questions that require critical and creative solutions, they have difficulty solving them. To overcome this, then in this study used a generative learning model. Research purposes is to find out the achievement of mathematical communication capabilities of students and analyze the differences in improvement in mathematical communication capabilities of students who receive generative learning and conventional learning. This study was a quasi-experimental study with a pretest-posttest control group design. From the results of the study, it can be seen that there are differences in achievement of mathematical communication capabilities between students taught using generative learning and conventional learning, there are significant differences in the improvement of students' mathematical communication capabilities between the experimental group and control groups

Keywords: *Generative Learning, Mathematical Communication Capability*

Diterima : 11 Maret 2019

Direvisi: 14 Juni 2019

Disetujui: 22 Juni 2019

Copyright © 2019: Author, Published by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Pendidikan matematika sebagai bagian integral dari Pendidikan Nasional memegang peranan yang penting bagi perkembangan ilmu pengetahuan dewasa ini. Sepanjang peradaban manusia matematika selalu memberi kontribusi cukup bermanfaat bagi kemajuan dan perkembangan peradaban manusia. Pendidikan matematika juga dibutuhkan terutama dalam menghadapi perubahan peradaban yang penuh dengan persaingan dengan bangsa lain.

Mengingat hal tersebut kiranya perlu guru/dosen membekali mahasiswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang bermanfaat demi menjawab tantangan masa depan. Sehubungan dengan hal itu, matematika sebagai salah satu ilmu dasar, baik aspek terapannya mempunyai peranan penting dalam upaya penguasaan ilmu dan teknologi [12]. Ini berarti bahwa sampai batas tertentu matematika dikuasai oleh segenap warga negara Indonesia, baik penerapannya maupun pola berpikirnya. Lebih lanjut, matematika sekolah yang merupakan bagian dari matematika yang dipilih atau dasar kepentingan pengembangan kemampuan dan kepribadian siswa serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, perlu selalu dapat sejalan dengan tuntutan kepentingan peserta didik menghadapi kehidupan masa depan. Penguasaan matematika sangat penting, karena matematika merupakan kunci utama dalam menguasai ilmu dan teknologi [4].

Berdasarkan kedua pendapat di atas, jelas bahwa untuk dapat menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi diperlukan penguasaan matematika sehingga perhatian yang lebih besar pada pengajaran matematika. Karena pentingnya matematika bagi kehidupan manusia, maka setiap anak sekolah dasar sudah diberikan mata pelajaran matematika. Hal ini disebabkan dalam batas-batas tertentu matematika memang diperlukan oleh setiap orang meskipun tidak semua orang dengan mudah mempelajari matematika.

Sejalan dengan hal di atas, terdapat dua macam obyek dalam matematika, yaitu obyek langsung dan objek tak langsung. Obyek langsung meliputi fakta, konsep, operasi, dan prinsip. Sedangkan obyek tak langsung meliputi transfer, kedisiplinan, kemampuan inkuiri, kemampuan pemecahan masalah, ketelitian, ketekunan dan penghargaan terhadap struktur matematika [14].

Karakteristik pembelajaran matematika saat ini adalah lebih fokus pada kemampuan prosedural, komunikasi satu arah, pemberian soal masih bergantung pada buku paket, lebih dominan soal rutin dan pertanyaan tingkat rendah. Guru jarang memberikan kemampuan komunikasi matematis kepada mahasiswa dalam pembelajaran matematika, sehingga mahasiswa bila diberi soal non rutin, dan pertanyaan yang memerlukan pemecahan kritis, dan kreatif, mahasiswa mengalami kesulitan untuk memecahkannya [13]. Selanjutnya keterampilan berpikir tingkat tinggi (*high order thinking skill*) adalah kemampuan yang diharapkan dari mahasiswa agar dapat menghubungkan, memanipulasi dan mentransformasikan pengetahuan yang dimilikinya untuk memecahkan suatu masalah [2].

Dari uraian di atas, dapat dikatakan bahwa kemampuan komunikasi matematis merupakan salah satu karakteristik pembelajaran matematika yang dituntut dalam kurikulum supaya siswa tidak saja diberikan kemampuan berpikir tingkat rendah, namun juga diharapkan para guru dapat memberikan ketrampilan komunikasi kepada mahasiswa dalam pembelajaran matematika, agar mereka terbiasa berpikir yang tidak biasanya dan memberikan masalah-masalah non-rutin dan soal-soal *open-ended*. Selain itu, hasil studi TIMSS pada tahun 2015 menyatakan bahwa siswa Indonesia masih perlu penguatan kemampuan yang mengintegrasikan informasi, penarikan kesimpulan, serta menggeneralisasi pengetahuan baru yang dimiliki ke hal-hal lain [11]. Siswa Indonesia masih perlu dikembangkan lagi untuk kemampuan matematika tingkat tinggi, salah satu berpikir tingkat tinggi adalah kemampuan komunikasi matematis.

Melalui pembelajaran matematika siswa diharapkan mampu mengembangkan kemampuan komunikasi dan memiliki sikap ingin tahu terhadap matematika. Selain aspek kognitif yang diukur juga oleh TIMSS pada tahun 2011, yakni sikap terhadap matematika. Dari laporan TIMSS tersebut menyebutkan bahwa sikap siswa Indonesia yang menyukai belajar matematika masih di bawah rata-rata Internasional, demikian pula siswa yang tidak menyukai matematika menunjukkan hasil yang baik, hanya sekitar 10%. Namun, siswa yang menyukai belajar matematika bukan dipandang dari keseluruhan bagian disposisi matematis [15].

Salah satu model pembelajaran yang diperkirakan dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa dalam pembelajaran matematika adalah menggunakan pembelajaran generatif. Pembelajaran generatif merupakan suatu model pembelajaran berbasis konstruktivisme, yang lebih menekankan pada pengintegrasian secara aktif pengetahuan baru dengan menggunakan pengetahuan yang

sudah dimiliki siswa sebelumnya. Model pembelajaran generatif menuntut siswa untuk aktif, dan bebas mengkonstruksi pengetahuannya. Selain itu, siswa juga diberi kebebasan untuk mengungkapkan ide dan alasan terhadap permasalahan yang diberikan sehingga akan lebih memahami pengetahuan yang dibentuknya sendiri dan proses pembelajaran yang dilakukan akan lebih optimal. Pembelajaran generatif merupakan suatu model yang baik untuk mengukur proses berpikir mahasiswa serta bagaimana mahasiswa mampu memecahkan masalah dengan baik agar dalam pembelajaran dosen dapat menyusun strategi yang baik, misalnya dapat membuat pembelajaran lebih menarik, menyenangkan dan sebagainya [9].

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dikatakan bahwa model pembelajaran generatif mahasiswa rasa percaya diri, termotivasi belajar, lebih kreatif dalam menyelesaikan masalah-masalah non rutin dan bersifat terbuka (*open-ended*) dalam penyelesaian suatu masalah dalam pembelajaran matematika. Hasil observasi pada beberapa mahasiswa UNPATTI dalam proses pembelajaran, khususnya pada mata Kuliah Kajian Matematika SMP masih banyak yang belum mampu mengungkapkan ide atau gagasannya, berkomunikasi dengan efektif, dan bekerjasama dalam tim dan cenderung hanya mengikuti apa yang dicatat di papan tulis, cenderung pasif, semangat belajarnya kurang, dan kurang rasa percaya diri saat menyampaikan pendapatnya di hadapan teman-temannya, dalam pembelajaran mahasiswa kurang aktif dalam menyelesaikan masalah non rutin yang diberikan sehingga hasil belajarnya rendah.

Hal ini terjadi karena model pembelajaran yang selama ini digunakan dosen belum mampu meningkatkan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa secara maksimal. Karena itu dalam penelitian ini, peneliti menggunakan model pembelajaran generatif yang merupakan salah satu model pembelajaran berbasis konstruktivisme.

Dari penjelasan tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah menganalisis pencapaian dan perbedaan peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang memperoleh model pembelajaran generatif dan pembelajaran konvensional.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Unpatti tahun akademik 2018/2019. Jenis penelitian adalah kuasi eksperimen dengan desain kelompok pretes-postes. Dalam penelitian ini digunakan dua kelas dengan jumlah subyek 91 orang.

Pada penelitian kuasi eksperimen ini subjek tidak dikelompokkan secara acak, tetapi peneliti menerima keadaan subjek seadanya [3]. Dalam penelitian ini digunakan dua kelas sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Teknik pengumpulan data adalah teknik tes. Teknik tes digunakan untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis mahasiswa Unpatti adalah bentuk essay yang berjumlah 5 soal dan telah divalidasi. Teknik analisis data ada 2 tahap, (1) uji prasyarat yaitu normalitas data dan homogenitas data, (2) uji hipotesis penelitian yang menggunakan uji-t, tetapi setelah dilakukan pengujian data yang diperoleh tidak berdistribusi normal sehingga pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan statistik non-parametrik yaitu uji *Mann-Whitney*, kemudian untuk melihat peningkatan digunakan N-Gain Ternormalisasi [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Berdasarkan hasil tes akhir yang dilakukan terhadap mahasiswa yang memperoleh model pembelajaran generatif dan pembelajaran konvensional diperoleh dengan melakukan uji prasyarat analisa yang terdiri dari normalitas data dan homogenitas data, dan pengujian hipotesis. Uji normalitas dari sampel yang dipilih berasal dari populasi berdistribusi normal.

Uji Normalitas

Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$. Dari hasil pengujian diperoleh nilai sig untuk kelas eksperimen adalah 0,013. Hasil ini menunjukkan bahwa

data tidak berdistribusi normal. Pada kelas kontrol diperoleh nilai $\text{sig} = 0,000$. Ini menunjukkan bahwa kelas kontrol juga tidak berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah variansi dari populasi sama atau tidak. Hasil uji homogenitas pada tingkat signifikan 0,05. Sedangkan hasil dari pengujian diperoleh nilai sig kurang dari nilai $\alpha = 0,05$ yaitu 0,03, sehingga dapat disimpulkan bahwa data sampel kedua kelas tidak homogen. Selanjutnya digunakan uji statistik non-parameter untuk analisis data berdasarkan kelompok pembelajaran dengan menggunakan uji Mann-Whitney.

Hasil pengujian adanya perbedaan kelompok pembelajaran terkait pencapaian kemampuan komunikasi matematis mahasiswa terlihat pada Tabel 1, sebagai berikut:

Tabel 1. Data Postes Kemampuan Komunikasi Matematis Berdasarkan Kelompok Pembelajaran

Pembelajaran	Kemampuan Komunikasi Matematis (KKM)			
	Perbandingan Rata-rata Postes	Z_{hitung}	Sig. (2-pihak)	H_0
PG dengan PK	80,000 > 71,952	-2,615	0,009	Ditolak

Berdasarkan Tabel 1, tampak bahwa rata-rata skor postes lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata skor postes mahasiswa. Selanjutnya, Tabel 1 terlihat bahwa nilai z_{hitung} sebesar -2,615 dan Sig.(2-pihak) sebesar 0,009. Nilai ini lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 yang ditetapkan. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pencapaian antara kedua kelompok pembelajaran terkait dengan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa. Deskripsi data N-Gain antara kelompok pembelajaran. Hasil pengujian adanya perbedaan N-Gain memperoleh PG dan PK terlihat pada Tabel 2, berikut:

Tabel 2. Data N-Gain Kemampuan Komunikasi Matematis (KKM) Berdasarkan Kelompok Pembelajaran

Pembelajaran	Kemampuan Berpikir Matematis Tingkat Tinggi (KBMTT)			
	Perbandingan Rata-rata N-Gain	Z_{hitung}	Sig. (2-pihak)	H_0
PG dengan PK	0,486 > 0,2412	-3,072	0,002	Ditolak

Berdasarkan Tabel 2, tampak bahwa rata-rata skor N-Gain kelompok eksperimen lebih besar bila dibandingkan dengan mahasiswa kelompok kontrol. Tabel 2 terlihat bahwa nilai Z_{hitung} sebesar -3,072 dan Sig.(2-pihak) sebesar 0,002. Nilai ini lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 yang ditetapkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan N-Gain mahasiswa antara kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol.

3.2. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian pada mata kuliah Kajian Matematika SMP materi sistem persamaan linear dua variabel antara mahasiswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, sebagai berikut.

Pencapaian Kemampuan Komunikasi Matematis (KKM) Berdasarkan Kelompok Pembelajaran

Berdasarkan Kelompok Pembelajaran untuk melihat data postes dengan menggunakan uji Mann-Whitney terlihat bahwa rata-rata skor besar kelas eksperimen dibandingkan dengan rata-rata skor kelas konvensional. Dari hasil pengujian juga diperoleh nilai lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 yang ditetapkan, sehingga terdapat perbedaan postes antara mahasiswa yang memperoleh pembelajar generatif dan pembelajaran konvensional. Kemampuan komunikasi matematis merupakan salah satu kemampuan berpikir matematis tingkat tinggi yang menuntut mahasiswa untuk mampu menyelesaikan berbagai permasalahan yang diberikan oleh dosen.

Sejalan dengan hal tersebut, kemampuan komunikasi matematis merupakan kemampuan berpikir non prosedural, yang meliputi kemampuan mencari dan mengeksplorasi pola untuk memahami struktur matematis serta hubungan yang mendasarinya, kemampuan menformulasikan matematis, konjektur,

generalisasi, justifikasi, dan logis [1].

Lebih lanjut, komunikasi dalam matematika menolong guru atau dosen memahami kemampuan mahasiswa dalam menafsirkan dan menyatakan pemahamannya tentang konsep dan proses matematis yang mereka pelajari [8]. Hal ini tersebut berkaitan dengan model pembelajaran generatif yang menjadikan mahasiswa lebih aktif dalam proses pembelajaran. Mahasiswa diberikan kesempatan untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri dan dapat mengemukakan pendapat yang dimilikinya sehingga hasil pembelajarannya lebih bermakna, sehingga nilai rata-rata skor postes mahasiswa yang memperoleh model pembelajaran generatif lebih besar daripada model pembelajaran konvensional.

Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis (KKM) Mahasiswa Berdasarkan Kelompok Pembelajaran

Peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa berdasarkan kelompok pembelajaran digunakan rata-rata skor N-Gain. Hal ini terlihat bahwa rata-rata skor N-Gain mahasiswa yang memperoleh model pembelajaran generatif lebih besar dibandingkan dengan rata-rata skor N-Gain mahasiswa yang memperoleh pembelajaran konvensional. Dari hasil pengujian juga diperoleh nilai lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan.

Sehingga mahasiswa antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol terdapat perbedaan peningkatan kemampuan komunikasi matematis. Dari hasil tersebut dapat dilihat mengajar dosen harus memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan pembelajaran diantaranya model pembelajaran yang digunakan, termasuk suasana kelas saat pembelajaran berlangsung, dengan suasana kelas yang kondusif ini juga dapat mempengaruhi cara berpikir mahasiswa.

Hal ini relevan dengan hasil temuan yang mengemukakan, bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis masalah tergolong sedang dan lebih baik daripada kemampuan mahasiswa yang memperoleh kelas konvensional yang tergolong kurang [7]. Demikian pula hasil temuan tentang faktor pembelajaran memberikan pengaruh yang signifikan [6].

Sejalan dengan hal di atas, suasana kelas yang kondusif dapat mendukung siswa berpikir efektif dan memperluas konsepsi mereka tentang berpikir [5]. Lebih lanjut, kelemahan mahasiswa umumnya terjadi di lapangan menyangkut kemampuan pemecahan masalah, koneksi, komunikasi matematis, dan penalaran [4].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa, terdapat perbedaan pencapaian kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang memperoleh pembelajaran generatif dan model pembelajaran konvensional; terdapat perbedaan peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang memperoleh model pembelajaran generatif dan model pembelajaran konvensional terlihat berbeda secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Suryadi, "Membangun Budaya Baru dalam Berpikir Matematik", *Bandung: Rizki Press, 2012*.
- [2] E. Rofiah and dkk, "Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa SMP," *Jurnal Pendidikan Fisika, Vol. 2, p. 17, 2013*.
- [3] H. E. T. Ruseffendi, "Dasar-dasar Penelitian Pendidikan & Bidang Non-Eksakta Lainnya", *Bandung: Tarsito, 2005*.
- [4] H. Hudoyo, "Strategi Pengajaran Matematika di Sekolah Dasar dan Menengah," *Seminar IKIP, Malang, 1995*.
- [5] H. Tamalene, "Pembelajaran Matematika Dengan Model CORE Melalui Pendekatan Keterampilan Metakognitif Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Siswa SMP (Studi Eksperimen Pada Salah satu SMP di Kota Ambon)," *UPI, Bandung, 2010*.

- [6] Ibrahim, "Peningkatan kemampuan komunikasi, Penalaran, dan Pemecahan Masalah Matematis serta Kecerdasan Emosional Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah pada Siswa Sekolah Menengah Atas," *UPI, Bandung, 2011*.
- [7] Karlinah, "Pengembangan Kemampuan Komunikasi dan Pemecahan Masalah serta Disposisi Matematis Mahasiswa PGSD melalui Pembelajaran Berbasis Masalah," *UPI, Bandung, 2010*.
- [8] N. Izzati, "Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa SMP melalui Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik," *UPI, Bandung, 2012*.
- [9] Rahmawati, "Seminar Hasil TIMSS 2015," *Puspendik-Kemdikbud, Jakarta, 2017*.
- [10] R. Hake, "Analyzing Change/Gain Scores Woodland Hills Dept.of Physics," *Indiana University, 1999*
- [11] R. J. Osborne and M. C. Wittrock, "The Generative Learning Model and its Implication for Science Education," *Studies In Science Education, No. 12, pp. 59-87, 1995*.
- [12] R. Soedjadi, "Memantapkan Matematika Sekolah Sebagai Wahana Pendidikan dan Pembudayaan Penalaran," *Seminar Pendidikan Matematika, Surabaya, 1995*.
- [13] S. Fajar, "www.coe.uga.edu," *16 Maret 2007. [Online]. Available: <http://www.coe.uga.edu/epltt/bloom.html>. [Accessed 23 Juli 2010]*.
- [14] S. H. Samsuddin, "Kesulitan Siswa Kelas V Sekolah Dasar Menggunakan Langkah-Langkah Penyelesaian Soal Cerita," *PPS UNESA, Suarabaya, 2001*.
- [15] U. Sumarmo, "Berpikir dan Disposisi Matematik Serta Pembelajarannya," *Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA UPI, Bandung, 2014*.

KAJIAN NILAI PELUANG DALAM PERMAINAN *GICI-GICI SORONG*

Study Of Probability Values In The Gici-Gici Sorong Game

Darma Andreas Ngilawajan *

Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka – Ambon, 97233, Provinsi Maluku, Indonesia

e-mail: dngilawajan@fkip.unpatti.ac.id

Corresponding author*

Abstrak

Peluang merupakan sebuah konsep dalam matematika, yang diperluas kajiannya dalam bidang statistika sebagai salah satu cabang ilmu dari matematika. Penerapan dari konsep peluang tidak hanya dalam bidang statistika, tetapi juga dapat dijumpai dalam berbagai bidang kehidupan, salah satunya dalam permainan tradisional. *Gici-gici sorong* adalah salah satu permainan tradisional dari Maluku yang banyak dimainkan oleh anak-anak Maluku sejak masa lampau, meski saat ini sudah sangat jarang dimainkan dan hanya ditemukan pada sebagian tempat terpencil di Maluku. Dalam permainan ini, setiap pemain berusaha mendapatkan rumah atau sarang sebanyak-banyaknya. Setiap pemain memiliki peluang yang sama untuk menang, tergantung keahliannya dalam bermain. Pemain yang memiliki sarang terbanyak yang memenangkan permainan. Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi literatur, yaitu mengkaji teori peluang dan permainan *gici-gici sorong* dari beberapa buku dan artikel ilmiah yang relevan, kemudian mengaitkannya dengan fokus masalah untuk mengetahui nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong* semakin bertambah mendekati nilai satu seiring dengan bertambahnya jumlah sarang yang terisi.

Kata Kunci: Gici-gici Sorong, Peluang

Abstract

Probability is a concept in mathematics which extended its content in the field of statistics as a branch of mathematics. The application of probability can be found not only in statistics but also in many fields, one of those is in traditional games, even though it doesn't realized by those who played the game. Gici-gici sorong is one of traditional games in Moluccas which played by children and teenagers since uncertain time in the past until now, despite in these recent days not many children play this game and it only can be found in some remote areas around Moluccas. In this game, every player tries to make many nests as many as possible. The player who makes more nest compare to other is the winner of the game. The method which use in this paper is literature study, that is to study probability theory and the gici-gici sorong game from some books and scientific articles that relevance to the problem, in order to find out the values of probability in the gici-gici sorong game. The results show that the values of probability in the gici-gici sorong game are approaching to 1 following the increasing of filling nests.

Keywords: Probability, The Gici-Gici Sorong

Diterima: 12 Maret 2019

Direvisi: 11 Mei 2019

Disetujui: 24 Juni 2019

Copyright © 2019: Author, Publish by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Istilah peluang dapat dijumpai dalam keseharian, terutama dalam aktivitas manusia terkait prediksi akan suatu kejadian. Arti dari kata peluang secara harafiah adalah kesempatan. Debnath dan Basu [7] menyatakan bahwa istilah peluang atau probabilitas diambil dari bahasa latin “probo” yang artinya mungkin. Sedangkan konsep peluang mulai dikenal sejak masa Yunani kuno, yaitu ketika Plato (428-348 SM) bersama muridnya yang terkenal yaitu Aristoteles (384-322 SM) seringkali membahas istilah “kemungkinan” dari sebuah kesempatan dan merumuskannya dalam filsafat.

Banyak definisi tentang peluang yang diberikan para ahli yang intinya menekankan kemungkinan akan terjadinya suatu hal. Salah satunya, menurut Campbell dan Shantikumar [8] bahwa sebuah peluang adalah kemungkinan akan terjadi suatu kejadian tertentu. Secara matematis, konsep peluang dirumuskan oleh dua orang matematikawan Perancis, yaitu Blaise Pascal dan Pierre de Fermat. Selanjutnya menurut Athreya [2], teori peluang menyediakan dasar matematika untuk mengkaji suatu fenomena yang bersifat acak, yaitu fenomena yang hasilnya tidak bisa diprediksi sebelumnya.

Lahirnya teori peluang, menurut Tanton [5], dimulai dari persoalan dalam permainan judi “*games of chance*” yang dikemukakan oleh Chevalier De Mere kepada seorang matematikawan Perancis bernama Blaise Pascal (1623-1662). De Mere, seorang bangsawan Perancis yang gemar bermain judi, mengemukakan persoalan bagaimana menentukan pemenang dari sebuah permainan taruhan yang sudah direncanakan berlangsung selama sembilan seri namun permainan terhenti pada seri ke-4 karena suatu faktor. Pada saat permainan terhenti, salah satu pemain sudah memenangkan tiga seri permainan, sedangkan pemain yang lain baru memenangkan satu seri. Blaise Pascal kemudian mendiskusikan persoalan tersebut kepada rekannya, Pierre de Fermat (1601-1665), yang juga seorang matematikawan.

Menurut Debnath dan Basu [7], dari diskusi antara Pascal dan Fermat, kemudian dibuat metode tentang cara mengatur objek-objek dan merumuskan kesempatan memenangkan permainan secara adil. Pengembangan selanjutnya, mereka memperkenalkan konsep peluang, nilai rata-rata (atau nilai yang diharapkan) dan peluang bersyarat. Kolaborasi antara Pascal dan Fermat tidak hanya memecahkan persoalan yang diajukan De Mere, namun mereka juga mengkonsepkan persoalan tersebut secara matematis yang dikenal sebagai teori peluang (*probability theory*).

Menurut Hajek [1], seiring perkembangan zaman maka konsep peluang memegang peranan pada hampir semua disiplin ilmu. Tidak hanya dalam bidang sains, konsep peluang utamanya digunakan untuk menopang penelitian di bidang sosial. Dalam dunia ekonomi dan bisnis, konsep peluang digunakan untuk memprediksi keuntungan dan kerugian dalam suatu kebijakan ekonomi. Selain dalam bidang ilmiah, penerapan konsep peluang dapat dijumpai pula dalam permainan tradisional *gici-gici sorong* yang merupakan permainan tradisional dari Maluku. Permainan *gici-gici sorong* adalah warisan dari generasi masa lampau yang umumnya dimainkan oleh anak-anak dan remaja. Dalam permainan ini, setiap pemain berusaha untuk memiliki sarang (atau sering dipakai istilah *rumah*) sebanyak-banyaknya sehingga bisa memenangkan permainan. Setiap usaha atau percobaan yang dilakukan masing-masing pemain tentunya berbanding dengan jumlah sarang yang tersedia. Dengan demikian, setiap pemain dapat menghitung kemungkinan jumlah sarang yang bisa dimiliki pada saat permainan berlangsung. Jika ditelusuri, proses setiap pemain menghitung jumlah sarang yang tersedia kemudian dibandingkan dengan setiap percobaan yang dilakukan sehingga bisa diprediksi kemungkinan hasil yang bisa dicapai, maka secara tak sadar mereka telah menerapkan konsep peluang secara matematis dalam permainan *gici-gici sorong*, meski sangat mungkin diantara mereka ada yang sama sekali tidak mengetahui konsep peluang. Hal ini menarik untuk dikaji secara mendalam, sehingga bisa dideskripsikan nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong*.

Konsep peluang dalam tulisan ini tidak diulas secara mendalam tetapi hanya dibatasi pada definisi-definisi tentang ruang sampel, kejadian, peluang suatu kejadian, dan peluang gabungan dua kejadian. Selanjutnya, definisi-definisi tersebut dikaitkan dengan permainan *gici-gici sorong* untuk mendeskripsikan nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong*, yaitu nilai peluang sejak awal permainan hingga tersisa satu sarang yang kosong.

Suradi [11] menyatakan bahwa *gici-gici* dalam bahasa Ambon berarti melompat dengan kaki satu. Merujuk pada arti kata *gici-gici*, maka permainan *gici-gici* berarti permainan yang hanya menggunakan satu kaki untuk melompat mengikuti pola tertentu. Permainan *gici-gici* merupakan permainan rakyat yang berasal dari pulau Buru. Permainan ini kebanyakan dimainkan di beberapa desa di Kabupaten Buru Selatan,

antara lain di desa Mepa, desa Tifu, desa Ewiri, dan desa Waeturen. Jika melihat cara bermain, maka permainan *gici-gici* ditemui di hampir semua daerah di Indonesia, hanya saja berbeda pada sebutan nama permainannya dan bagan arena permainan. Febriyanti, dkk [4] menjelaskan bahwa permainan sejenis *gici-gici* di daerah Sunda (Jawa Barat) dikenal dengan nama *Tapak Gunung*. Sedangkan untuk daerah lain di pulau Jawa, permainan ini dikenal dengan nama *Engklek* dan umumnya dimainkan oleh anak perempuan.

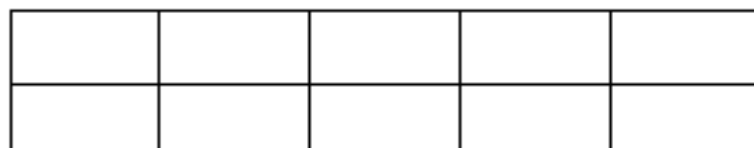


Gambar 1. Ilustrasi Permainan Gici-Gici
Sumber: Uniqpost.com

Menurut Suradi [11] alat yang dibutuhkan dalam permainan *gici-gici* hanya batu pipih kecil yang diberi nama *gacu* dan arena bermain yang bisa digambar di tanah atau pada jenis lantai yang keras dengan menggunakan kapur. Lebih lanjut, Suradi menyatakan bahwa dikenal beberapa jenis permainan *gici-gici* di Maluku yang namanya mengikuti bentuk arena permainan dan cara bermain, salah satu diantaranya adalah *gici-gici sorong*. Dinamakan *gici-gici sorong* karena dalam permainan ini setiap pemain menggeser (*sorong*) *gacu* melewati semua kotak pada arena permainan tanpa menyentuh batasan garis atau keluar dari arena permainan.

Untuk cara bermain, setiap pemain memulai permainan dengan menggeser *gacu* melewati semua kotak dengan hanya menggunakan 1 kaki. Jika berhasil melewati semua kotak tanpa menyentuh garis atau keluar arena permainan pada saat *gacu* terhenti, kemudian *gacu* dilempar melewati kepala dengan posisi membelakang arena untuk mencari sarang dan jika *gacu* yang jatuh menyentuh tanah dalam kotak, maka kotak atau sarang tersebut dapat ditempati pemain yang berhasil dan diberi tanda tertentu. Jika proses permainan tidak lancar, dalam arti saat *gacu* digeser kemudian terhenti menyentuh batas garis antar kotak, keluar arena permainan, atau *gacu* yang dilempar tidak menempati dalam kotak, maka giliran main diberikan kepada pemain berikutnya. Permainan terhenti jika semua sarang telah terisi.

Permainan *gici-gici sorong* umumnya dimainkan oleh anak-anak hingga remaja perempuan. Meski demikian, tidak menutup kemungkinan dimainkan juga oleh anak-anak laki-laki. Permainan ini biasanya dimainkan oleh 2 sampai 5 orang dan sifatnya hanya sebagai hiburan atau permainan rakyat. Bagan arena permainan *gici-gici sorong* ditunjukkan dalam Gambar 2, berikut:



Gambar 2. Bentuk Arena Permainan Gici-gici Sorong (Tampilan Horizontal)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian studi literatur. Menurut Sugiyono [11], studi literatur berkaitan dengan kajian teoritis dan referensi lain yang terkait dengan nilai, budaya dan norma yang berkembang pada situasi yang diteliti. Dalam penelitian ini, dikaji teori peluang, permainan *gici-gici* dan *gici-gici sorong* dari 10 sumber literatur berupa buku dan artikel ilmiah yang relevan dengan masalah yang diteliti. Secara rinci, untuk teori peluang menggunakan 3 buku dan 5 artikel ilmiah. Sedangkan untuk permainan *gici-gici sorong* menggunakan 1 buku, dan permainan *gici-gici* menggunakan 1 buku dan 1 artikel ilmiah. Keterangan menyangkut sumber secara jelas dapat dilihat pada bagian daftar pustaka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uraian Teori

Berikut ini diberikan beberapa definisi, yaitu definisi ruang sampel yang bersumber pada [9] dan [10], definisi kejadian dan peluang suatu kejadian yang bersumber pada [3], [9] dan [10], dan peluang gabungan dua kejadian yang bersumber pada [3], [8], dan [10].

Definisi 1. Himpunan semua hasil yang mungkin dari suatu percobaan Statistika disebut ruang sampel dan dilambangkan dengan τ .

Tiap hasil dari ruang sampel disebut **unsur** atau **anggota** ruang sampel atau **titik sampel**. Bila ruang sampel mempunyai unsur yang hingga banyaknya, maka anggotanya dapat didaftar dengan menuliskannya di dalam kurung kurawal dan masing-masing unsur dipisah oleh tanda koma.

Sebagai contoh, sekeping uang logam yang mempunyai sisi muka (M) dan belakang (B) dilantunkan sekali, maka kumpulan semua hasil yang mungkin atau ruang sampelnya dapat ditulis sebagai $\tau = \{M, B\}$, dengan M dan B adalah titik-titik sampel.

Contoh yang lain, sebuah dadu dilantunkan sekali dan yang diselidiki adalah angka yang muncul di sebelah atas, maka ruang sampelnya adalah $\tau = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, dengan titik-titik sampelnya adalah angka 1 hingga 6.

Definisi 2. Suatu kejadian adalah himpunan bagian dari ruang sampel.

Munculnya sebuah mata dadu yang diharapkan dalam percobaan lantunan sebuah dadu disebut sebagai **kejadian** dan diberi notasi huruf besar. Misalnya, kejadian A adalah munculnya mata dadu 5. Jika dihubungkan dengan ruang sampel, maka suatu kejadian merupakan himpunan bagian dari ruang sampel. Sehingga, kejadian A yang merupakan kejadian munculnya mata dadu 5 dapat ditulis dalam notasi himpunan sebagai $A = \{5\}$, dimana $A \subset \tau$, dengan $\tau = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$.

Definisi 3. Bila suatu percobaan dapat menghasilkan N hasil yang saling meniadakan dan berkemungkinan sama, dan bila $n(A)$ dari hasil tersebut bersifat A, maka:

$$P(A) = \text{peluang } A = \frac{n(A)}{N}$$

Jika dipandang percobaan dengan ruang sampel yang jumlah unsurnya berhingga maka kemungkinan terjadinya suatu kejadian sebagai hasil percobaan statistika dinilai dengan menggunakan sekumpulan bilangan real disebut bobot atau peluang dari 0 sampai 1. Jika diyakini bahwa suatu titik sampel tertentu kemungkinan besar akan terjadi, maka seharusnya bobotnya dekat dengan 1. Sebaliknya, bobot yang hampir nol diberikan kepada titik sampel yang kecil sekali kemungkinannya terjadi. Untuk titik di luar sampel (yang menggambarkan kejadian sederhana yang tidak mungkin terjadi) diberi bobot 0.

Untuk menentukan peluang suatu kejadian A, semua bobot titik sampel dalam A dijumlahkan. Jumlah ini dinamakan peluang A dan dinyatakan dengan $P(A)$. Secara singkat dapat dibuat definisi berikut:

Definisi 4. Peluang suatu kejadian A adalah jumlah bobot semua titik sampel yang termasuk A, sehingga:

$$0 \leq P(A) \leq 1, P(\emptyset) = 0, P(\tau) = 1$$

Dengan $0 \leq P(A) \leq 1$ merupakan interval nilai peluang, $P(\emptyset) = 0$ merupakan peluang suatu kejadian yang bukan himpunan bagian dari ruang sampel, dan $P(\tau) = 1$ adalah peluang dari kejadian munculnya himpunan yang merupakan ruang sampel.

Definisi 5. Peluang gabungan (union) dua kejadian dinyatakan sebagai:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

Jika kedua kejadian saling lepas, maka $P(A \cap B) = 0$, sehingga definisi 5 dapat dikembangkan menjadi definisi 6.

Definisi 6. Peluang dua kejadian saling lepas dinyatakan sebagai:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

Dari definisi 6, jika diasumsikan $P(A) = P(\emptyset) = 0$ atau $P(B) = P(\emptyset) = 0$, maka dapat dibuat definisi berikut:

Definisi 7. Peluang dua kejadian saling lepas, jika salah satu kejadian merupakan kejadian yang mustahil terjadi atau peluang kejadiannya bernilai 0, adalah:

$$P(A \cup \emptyset) = P(A) + P(\emptyset) = P(A) \text{ atau } P(\emptyset \cup B) = P(\emptyset) + P(B) = P(B)$$

Setelah uraian definisi-definisi yang telah dipaparkan, selanjutnya dibahas perhitungan nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong* dengan menggunakan definisi-definisi tersebut. Perhitungan nilai peluang dilakukan secara terurut, yaitu sejak dimulainya permainan hingga tersisa satu sarang kosong.

3.2. Menghitung Nilai Peluang Dalam Permainan *Gici-Gici Sorong*

Sebelum dilakukan perhitungan nilai peluang, terlebih dulu dibuat rekonstruksi dari gambar arena permainan *gici-gici sorong* dengan memberi label huruf dan angka untuk masing-masing sarang sehingga memudahkan dalam membuat ruang sampel dan menghitung nilai peluang. Gambar 3, rekonstruksi dari arena permainan *gici-gici sorong* ditunjukkan sebagai berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 3. Rekonstruksi gambar arena permainan *Gici-gici Sorong* yang dibuat horizontal

Dari Gambar 3, dapat dibuat ruang sampel yang memuat label-label dalam kotak, sehingga ruang sampel yang terbentuk adalah $\tau = \{A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5\}$. Ruang sampel ini jika dikaitkan dengan definisi 1 maka mengandung pengertian himpunan sarang yang mungkin ditempati setiap pemain dalam permainan. Label-label A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5 merupakan titik-titik sampel, dan jika dikaitkan dengan definisi 2, dapat diartikan sebagai kejadian seorang pemain menempati sarang A1, atau A2, dan seterusnya hingga B5.

Selanjutnya diasumsikan bahwa permainan ini dimainkan oleh 3 orang (*catatan*: jika dimainkan oleh jumlah pemain yang berbeda pun, maka peluang yang dimiliki setiap pemain tetap sama. Perhitungan nilai peluang dilakukan ketika setiap pemain telah berada pada tahap melempar *gacu* melewati kepala dengan posisi tubuh membelakangi arena permainan. Setiap pemain mempunyai peluang menempati 1 sarang setiap 1 kali percobaan melempar *gacu*. Jika *gacu* yang dilempar jatuh dalam kotak maka nilai peluang dihitung dengan membandingkan jumlah sarang yang ditempati dengan jumlah ruang sampel yang tersedia.

Jika *gacu* yang dilempar jatuh pada garis batas kotak atau di luar arena permainan, maka tidak ada sarang yang ditempati yang dianalogikan sebagai kejadian yang berada di luar ruang sampel, sehingga peluangnya adalah $P(\emptyset) = 0$.

Pada setiap kondisi jumlah sarang yang terisi, akan dinamakan “kejadian” dan diikuti huruf kapital. Pada kondisi awal permainan, yaitu saat belum ada sarang yang terisi, akan dinamakan “kejadian A”. Pada saat 1 sarang telah terisi akan dinamakan “kejadian B”, dan seterusnya.

Sebagai tambahan, pemberian warna atau tanda yang berbeda pada setiap kotak dalam gambar untuk setiap kejadian merupakan ilustrasi dari penempatan sarang oleh pemain yang berbeda. Setiap sarang hanya bisa diisi 1 pemain, dengan kata lain 2 pemain yang berbeda tidak dapat menempati sarang yang sama. Perhitungan nilai peluang untuk masing-masing kejadian dijabarkan sebagai berikut:

a. Kejadian A: Belum ada sarang yang terisi

Dengan menggunakan gambar 3, ruang sampel yang terbentuk pada awal permainan adalah $\tau = \{A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 10$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(A) = 1$ (artinya sarang yang mungkin ditempati adalah A1, atau A2, atau A3, ..., atau B5). Saat melempar *gacu*, setiap pemain mempunyai peluang menempatkan *gacu* pada salah satu kotak, atau mungkin juga lemparannya bisa keluar dari arena permainan, atau posisi jatuhnya *gacu* pada garis batas kotak. Kejadian *gacu* yang jatuh di luar arena permainan atau mengenai garis batas kotak merupakan kejadian di luar ruang sampel (diberi simbol \emptyset) yang nilai peluangnya dinyatakan sebagai $P(\emptyset) = 0$. Peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian A dapat dihitung dengan menggunakan definisi 7, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(A \cup \emptyset) &= P(A) + P(\emptyset) \\ &= \frac{1}{10} + 0 \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Mengacu pada perhitungan nilai peluang kejadian A, maka kejadian \emptyset yang peluangnya $P(\emptyset) = 0$ dapat dikesampingkan dalam perhitungan nilai peluang untuk kejadian-kejadian berikutnya, sehingga perhitungannya menjadi lebih sederhana.

b. Kejadian B: 1 Sarang telah terisi

Misalkan B3 adalah sebarang sarang yang ditempati seorang pemain. Ilustrasi gambar dibuat sebagai berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 4. Ilustrasi kejadian B

Dari gambar 4, ruang sampel yang terbentuk pada kondisi sarang B3 telah ditempati adalah $\tau = \{A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B4, B5\}$. Jika dihubungkan dengan definisi 1, ruang sampel pada kejadian B mengandung arti bahwa sarang lain masih mungkin ditempati, kecuali sarang B3. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 9$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(B) = 1$ (yaitu A1, atau A2, atau A3, atau A4, atau A5, atau B1, atau B2, atau B4 atau B5). Dengan menggunakan definisi 3, besar nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian B dapat dihitung sebagai:

$$P(B) = \frac{n(B)}{n(\tau)} = \frac{1}{9} = 0,111 \text{ (pembulatan hingga 3 tempat desimal)}$$

c. Kejadian C : 2 Sarang telah terisi

Misalkan A5 adalah sebarang sarang lain yang ditempati pada kejadian C. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 5, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 5. Ilustrasi kejadian C

Mengacu pada gambar 5, ruang sampel pada kondisi sarang B3 dan A5 telah terisi adalah $\tau = \{A1, A2, A3, A4, B1, B2, B4, B5\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 8$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(C) = 1$ (yaitu A1, atau A2, atau A3, ... atau B5; kecuali A5 dan B3).

Selanjutnya, peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian C sesuai definisi 3 adalah:

$$P(C) = \frac{n(C)}{n(\tau)} = \frac{1}{8} = 0,125$$

d. Kejadian D : 3 Sarang telah terisi

Untuk kejadian D, misalkan sebarang sarang lain ditempati selain sarang A5 dan B3 adalah sarang A2. Ilustrasi kejadian D ditunjukkan dalam Gambar 6, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 6. Ilustrasi kejadian D

Dari Gambar 6, ruang sampel untuk kejadian D adalah $\tau = \{A1, A3, A4, B1, B2, B4, B5\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 7$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(D) = 1$ (yaitu A1, atau A3, atau A4, atau B1, atau B2, atau B4, atau B5) .

Mengacu pada definisi 3, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian D adalah:

$$P(D) = \frac{n(D)}{n(\tau)} = \frac{1}{7} = 0,142 \quad (\text{pembulatan hingga 3 tempat desimal})$$

e. Kejadian E : 4 Sarang telah terisi

Misalkan tambahan sarang baru yang terisi adalah B4, selain sarang A2, A5, dan B3. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 7, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 7. Ilustrasi kejadian D

Merujuk pada Gambar 7, ruang sampel untuk kejadian E adalah $\tau = \{A1, A3, A4, B1, B2, B5\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 6$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(E) = 1$ (yaitu A1, atau A3, atau A4, atau B1, atau B2, atau B5)

Dengan menggunakan definisi 3, peluang yang dimiliki setiap pemain untuk kejadian E adalah:

$$P(E) = \frac{n(E)}{n(\tau)} = \frac{1}{6} = 0,166 \quad (\text{pembulatan hingga 3 tempat desimal})$$

f. Kejadian F: 5 Sarang telah terisi

Misalkan sarang B1 adalah sebarang sarang baru yang terisi selain 4 sarang yang telah ditempati pada kejadian sebelumnya. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 8, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 8. Ilustrasi kejadian F

Dari Gambar 8, ruang sampel yang terbentuk pada kejadian F adalah $\tau = \{A1, A3, A4, B2, B5\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 5$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(F) = 1$ (yaitu A1, atau A3, atau A4, atau B2, atau B5)

Dengan menggunakan definisi 3, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian F adalah:

$$P(F) = \frac{n(F)}{n(\tau)} = \frac{1}{5} = 0,2$$

g. Kejadian G: 6 Sarang telah terisi

Untuk kejadian F, misalkan bahwa sebarang sarang baru yang ditempati adalah B5. Ilustrasi dari kejadian ini ditunjukkan dalam Gambar 9, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 9. Ilustrasi kejadian G

Merujuk pada Gambar 9, ruang sampel yang terbentuk adalah $\tau = \{A1, A3, A4, B2\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 4$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(G) = 1$ (yaitu A1, atau A3, atau A4, atau B2).

Maka, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian G merujuk pada definisi 3 adalah:

$$P(G) = \frac{n(G)}{n(\tau)} = \frac{1}{4} = 0,25$$

h. Kejadian H: 7 Sarang telah terisi

Misalkan A4 adalah sebarang sarang baru yang terisi untuk kejadian H. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 10, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 10. Ilustrasi kejadian H

Ruang sampel yang terbentuk dari gambar 10 adalah $\tau = \{A1, A3, B2\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 3$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(H) = 1$ (yaitu A1, atau A3, atau B2)

Merujuk pada definisi 3, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian H adalah:

$$P(H) = \frac{n(H)}{n(\tau)} = \frac{1}{3} = 0,333 \quad (\text{pembulatan hingga 3 tempat desimal})$$

i. Kejadian I: 8 Sarang telah terisi

Untuk kejadian I, misalkan tambahan sebarang sarang baru yang terisi adalah sarang A1. Ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 11, berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 11. Ilustrasi kejadian I

Dari Gambar 11, ruang sampel untuk kejadian I adalah $\tau = \{A3, B2\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 2$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin ditempati = $n(I) = 2$ (yaitu A3, atau B2)

Dengan menggunakan definisi 3, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain pada kejadian I adalah:

$$P(I) = \frac{n(I)}{n(\tau)} = \frac{1}{2} = 0,5$$

j. Kejadian J: 9 Sarang telah terisi

Pada kejadian J, hanya tersisa 1 sarang yang masih kosong. Misalkan bahwa tambahan sarang baru adalah A3, maka ilustrasinya dapat ditunjukkan, sebagai berikut:

A1	A2	A3	A4	A5
B1	B2	B3	B4	B5

Gambar 11. Ilustrasi kejadian J

Dari gambar 12, ruang sampel pada kondisi hanya sarang B2 yang belum terisi adalah $\tau = \{B2\}$. Banyaknya elemen ruang sampel = $n(\tau) = 1$. Banyaknya hasil yang diharapkan muncul = banyaknya sarang kosong yang mungkin terisi = $n(J) = 1$ (yaitu B2)

Maka, nilai peluang yang dimiliki setiap pemain untuk kejadian J, merujuk pada definisi 3 adalah:

$$P(J) = \frac{n(J)}{n(\tau)} = \frac{1}{1} = 1$$

3.3. Deskripsi Nilai Peluang Dalam Permainan Gici-Gici Sorong

Pada bagian ini dibuat tabulasi dari perhitungan nilai peluang untuk kejadian A hingga kejadian J, yang dilakukan dengan menggunakan definisi 3 dan definisi 7. Melalui tabulasi, deskripsi keseluruhan nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong* dapat terlihat secara singkat dan jelas, yang ditunjukkan dalam Tabel berikut:

Tabel 1. Deskripsi Nilai Peluang Dalam Permainan Gici-gici Sorong

Kejadian	Nilai Peluang	Jumlah Sarang	
		Terisi	Kosong
A	0,1	0	10
B	0,111	1	9
C	0,125	2	8
D	0,142	3	7

E	0,166	4	6
F	0,2	5	5
G	0,25	6	4
H	0,333	7	3
I	0,5	8	2
J	1	9	1

Dari Tabel 1, dibuat deskripsi nilai peluang untuk setiap kejadian, sebagai berikut:

1. Pada kejadian A, saat belum ada sarang yang terisi, nilai peluang mendekati 0, yaitu 0,1. Ini mengandung artinya setiap pemain memiliki peluang 0,1 secara acak untuk menempati 10 sarang yang masih kosong.
2. Pada kejadian B, saat 1 sarang telah ditempati, nilai peluang sedikit bertambah menjauhi 0, yaitu 0,111. Ini mengandung arti bahwa setiap pemain memiliki peluang 0,111 untuk menempati 9 sarang yang masih kosong secara acak.
3. Pada kejadian C, saat 2 sarang telah ditempati, nilai peluang 0,125. Artinya, setiap pemain memiliki peluang 0,125 untuk menempati 8 sarang kosong secara acak.
4. Pada kejadian D, ketika 3 sarang telah terisi, nilai peluang adalah 0,142. Artinya bahwa setiap pemain memiliki peluang 0,142 untuk menempati secara acak 7 sarang yang masih kosong.
5. Pada kejadian E, ketika 4 sarang telah ditempati, masing-masing pemain memiliki peluang 0,166 untuk menempati 6 sarang kosong secara acak.
6. Pada kejadian F, ketika tersisa 5 sarang kosong, masing-masing pemain mempunyai peluang 0,2 untuk menempati secara acak 5 sarang yang kosong tersebut.
7. Pada kejadian G, ketika telah terisi 6 sarang, maka setiap pemain mempunyai peluang 0,25 untuk menempati 4 sarang kosong secara acak.
8. Pada kejadian H, ketika telah terisi 7 sarang, maka setiap pemain mempunyai peluang 0,333 untuk menempati 3 sarang yang masih kosong secara acak.
9. Pada kejadian I, ketika masih tersisa 2 sarang yang kosong, maka masing-masing pemain mempunyai peluang 0,5 untuk menempati kedua sarang kosong tersebut secara acak.
10. Pada kejadian J, ketika hanya tersisa 1 sarang yang belum terisi, maka sudah pasti setiap pemain mempunyai peluang 1 untuk menempati 1 sarang yang kosong tersebut.
11. Dari tabel, dapat dilihat perambatan nilai peluang untuk seluruh kejadian adalah: 0.1, 0.111, 0.125, 0.142, 0.166, 0.2, 0.25, 0.333, 0.5, 1. Perambatan nilai peluang mendekati 0 pada saat semua sarang belum terisi dan bergerak menjauhi 0 seiring bertambahnya jumlah sarang yang terisi, dan mencapai 1 ketika hanya tersisa 1 sarang yang kosong.
12. Jika melihat perambatan nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong* untuk seluruh kejadian, terlihat bahwa nilai peluang berkisar antara 0 hingga 1, yang memenuhi definisi 4 tentang interval nilai peluang, yaitu $0 \leq P(A) \leq 1$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa nilai peluang dalam permainan *gici-gici sorong* mendekati 0 saat semua sarang masih kosong, bergerak menjauhi 0 seiring bertambahnya jumlah sarang yang terisi, dan nilai peluang sama dengan 1 saat hanya tersisa 1 sarang yang kosong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hajek, "Interpretations of Probability", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Versi online dapat diakses di link: <https://plato.stanford.edu/entries/probability-interpret/> [diakses 7 Maret 2019]
- [2] K. B. Athreya, "What is Probability Theory?", *Resonance-Journal of Science Education*, Vol. 20, Issue 4 (Page 292-310), April, 2015.
- [3] E. J. Dudewicz, & S. N. Mishra, "Statistika Matematika Modern", Penerbit: Penerbit ITB, Bandung, 1995.
- [4] C. Febriyanti, dkk. "Etnomatematika Pada Permainan Tradisional Engklek dan Gasing Khas Kebudayaan Sunda", *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, Vol. 12 No. 1, pp. 01-06, 2018.
- [5] H. Suradi, "Permainan Rakyat Daerah Maluku", Penerbit: Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan-Proyek Inventarisasi Dan Dokumentasi Kebudayaan Daerah, Jakarta, 1981.

- [6] J. Tanton, "Encyclopedia of Mathematics", *Penerbit: Facts on File Inc, New York, 2005.*
- [7] L. Debnath, & K. Basu, "A Short History of Probability Theory And its Applications", *International Journal of Mathematics Education, Vol 46, page 1-22, 2010.*
- [8] M. J. Campbell, & S. Shantikumar, "Elementary Probability Theory", *Versi online diakses pada link: <https://www.healthknowledge.org.uk/public-health-textbook/research-methods/1b-statistical-methods/elementary-probability-theory> [diakses 7 Maret 2019].*
- [9] P. Radke, "Basic Probability Theory and Statistics", *Versi online diakses pada link: <https://towardsdatascience.com/basic-probability-theory-and-statistics-3105ab637213> [diakses 10 Maret 2019].*
- [10] R. E. Walpole, & R. H. Myers, "Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan", *Edisi ke-4. Penerbit: Penerbit ITB. Bandung. 1995.*
- [11] Sugiyono, "Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)", *Penerbit: CV. Alfabet, Bandung, 2012.*

PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI KEPULAUAN MALUKU DENGAN PENDEKATAN ESTIMASI INTERVAL PARAMETER MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED*

The Modelling Human Development Index in The Maluku Islands with Approaches Estimation Interval of Parameters Models Semiparametric Spline Truncated Linear Regression

Samsul Bahri Loklomin*

Program Studi Matematika Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
Jalan Raya Wari Ino, Tobelo, Maluku Utara, Indonesia

e-mail: samsul.bahriloklomin@gmail.com
Corresponding Author*

Abstrak

Indeks Pembangunan Manusia merupakan indeks komposit yang dihitung dari indeks kesehatan, pendidikan dan standar hidup layak. Penelitian ini bertujuan memodelkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kepulauan Maluku. Pemodelan menggunakan pendekatan Regresi Semiparametrik Spline *Truncated* Linier untuk melihat faktor-faktor yang signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia dengan metode interval konfidensi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia. Model yang terbaik dalam penelitian ini adalah dengan tiga titik knot dengan R-Square 99,97% dan nilai GCV minimum 0,346.

Kata Kunci: Regresi semiparametrik, spline truncated, estimasi interval, indeks pembangunan manusia

Abstract

The Human Development Index is a composite index that is calculated from the index of health, education and decent living standards. This research aims to model the factors that affect the Human Development Index of the Maluku Islands. This Modelling uses the Semiparametric Spline Truncated Linear Regression approach to see significant factors on the Human Development Index using the confidence interval method. The results of this study indicate that all predictor variables have a significant influence on the Human Development Index. The best model in this study is with three knots with R-Square 99,97% and a minimum GCV value of 0.346.

Keywords: Semiparametric regression, spline truncated, estimation of interval, human development index

Diterima : 13 Maret 2019

Direvisi: 20 Juni 2019

Disetujui: 25 Juni 2019

Copyright © 2019 : Author, Published by Barekeng: Jurnal ilmu matematika dan terapan

1. PENDAHULUAN

Tujuan utama pembangunan adalah menciptakan lingkungan yang memungkinkan rakyat menikmati umur panjang, kesehatan yang memadai, dan menjalankan kehidupan yang produktif. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah indikator yang dapat digunakan untuk mengukur hasil pembangunan. Paradigma pembangunan yang sedang berkembang saat ini adalah pertumbuhan ekonomi yang diukur dengan pembangunan manusia yang dilihat dengan tingkat kualitas hidup manusia di setiap negara [2]. Di Indonesia, dari 34 provinsi terdapat 2 provinsi di kepulauan Maluku yang masih tergolong dalam kategori IPM yang sedang jika dibandingkan dengan provinsi-provinsi lainnya di Indonesia, provinsi Maluku menempati posisi ke-24 [3] dan provinsi Maluku Utara menempati posisi ke-27 secara nasional [4]. Jika dilihat dari sejarah terbentuknya kedua provinsi tersebut sangat bertolak belakang dengan kehidupan pembangunan terutama permasalahan IPM, sebab kedua provinsi tersebut merupakan provinsi-provinsi yang sudah lama terbentuk jika dibandingkan dengan beberapa provinsi baru yang mempunyai IPM lebih baik.

Permasalahan IPM merupakan salah satu permasalahan sosial kependudukan yang dapat dimodelkan dengan regresi. Pada regresi tidak semua variabel penjelas dapat didekati dengan pendekatan parametrik. Oleh karena tidak adanya informasi tentang bentuk hubungan variabel penjelas tersebut dengan variabel responnya, sehingga harus digunakan pendekatan nonparametrik. Dengan menggabungkan dua pendekatan tersebut dalam suatu pendekatan regresi akan didapatkan suatu model semiparametrik. Model regresi semiparametrik digunakan apabila variabel respon memiliki pola hubungan tertentu dengan salah satu atau beberapa variabel prediktor, akan tetapi dengan variabel prediktor yang lain tidak diketahui bentuk pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor.

Pada beberapa penelitian, variabel respon dapat memiliki hubungan linier dengan sebagian variabel prediktor, dan memiliki pola hubungan yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya dengan sebagian variabel prediktor yang lain. Pada kasus seperti ini, lebih disarankan untuk menggunakan pendekatan regresi semiparametrik[5]. Model pendekatan regresi semiparametrik mempunyai latar belakang tersendiri dalam mengestimasi. Beberapa metode estimasi yang digunakan dalam regresi semiparametrik diantaranya adalah Kernel, Fourier, dan Spline. Salah satu model regresi dengan pendekatan regresi semiparametrik yang sering digunakan untuk melakukan estimasi terhadap kurva regresi adalah Spline *Truncated*[1]. Spline *Truncated* merupakan model yang mempunyai iterpretasi statistik dan interpretasi visual khusus. Kelebihan dari model Spline *Truncated* adalah jika data yang memiliki pola berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu maka dapat dimodelkan dengan Spline *Truncated*[10]. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memilih titik knot optimal dalam estimator Spline *Truncated*, antara lain metode *Cross Validation* (CV), *Unbiased Risk* (UBR), *Generalized Maximum Likelihood* (GML), dan *Generalized Cross Validation* (GCV). Salah satu metode yang kerap digunakan dalam pemilihan titik knot optimal adalah GCV. Metode GCV memberikan beberapa kelebihan dibandingkan metode lainnya, diantaranya memiliki sifat optimal asimptotik, invarian terhadap transformasi dan dalam perhitungannya varians populasi tidak perlu diketahui. Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan dalam penelitian ini bagaimana memodelkan IPM dengan pendekatan estimasi interval parameter model regresi semiparametrik Spline *Truncated*. Batasan masalah pada penelitian ini adalah pemilihan titik knot optimal menggunakan GCV satu knot, dua knot, tiga knot, dan kombinasi knot[9].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder tahun 2015 dari publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku dan Maluku Utara dengan unit observasi meliputi 21 Kabupaten/Kota di Kepulauan Maluku.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa data kategorik yaitu IPM menurut Kabupaten/Kota di Kepulauan Maluku tahun 2015 dan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi IPM.

2.4 Langkah-langkah Penelitian

Secara umum langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Membuat *scatter plot* antara variabel respon dengan variabel prediktor
2. Menentukan variabel komponen parametrik berdasarkan pola data antara variabel respon dan variabel prediktor
3. Menentukan variabel komponen nonparametrik berdasarkan pola data antara variabel respon dan variabel prediktor
4. Memodelkan data menggunakan regresi semiparametrik spline *truncated* dimana spline yang digunakan adalah satu knot, dua knot, tiga knot, dan kombinasi knot.
5. Memilih titik knot optimal dengan metode GCV
6. Menetapkan model terbaik dari nilai GCV terkecil
7. Memeriksa asumsi residual yang diisyaratkan yaitu sumsi identik, independen dan normalitas.
8. Menghitung MSE dan R^2 sebagai bagian dari kriteria kebaikan model
9. Menghitung interval konfidensi terpendek untuk parameter model regresi semiparametrik spline *truncated*
10. Mengambil kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spline Truncate dalam Regresi Semiparametrik

Diberikan data berpasangan pengamatan independen (x_i, z_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$, dimana y_i adalah variabel respon, sedangkan x_i adalah variabel prediktor yang mengikuti pola parametrik dan z_i mengikuti pola nonparametrik. Pola antara (x_i, z_i, y_i) dapat dinyatakan dalam persamaan model regresi[4]:

$$y_i = \sum_{j=1}^p f_j(x_{ij}) + \sum_{k=1}^q g_k(z_{ik}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

dengan $f_j(x_{ij})$ adalah komponen parametrik dan $g_k(z_{ik})$ adalah komponen nonparametrik. Kurva komponen parametrik $f_j(x_{ij})$ dimodelkan dengan fungsi linier. Kurva komponen nonparametrik $g_k(z_{ik})$ dimodelkan dengan fungsi Spline linier dengan knot K_1, K_2, \dots, K_r . Dari persamaan (1) komponen parametrik dinyatakan dalam bentuk:

$$\sum_{j=1}^p f_j(x_{ij}) = \sum_{j=1}^p \lambda_j x_{ij} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (1) komponen nonparametrik dapat disajikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^q g_k(z_{ik}) = \sum_{k=1}^q \left(\beta_k z_{ik} + \sum_{k=1}^r \beta_{(1+j)k} (z_{ik} - K_{kr})_+ \right) \quad (3)$$

dengan demikian, dari (2) dan (3) model regresi semiparametrik tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{j=1}^p \lambda_j x_{ij} + \sum_{k=1}^q \left(\beta_k z_{ik} + \sum_{k=1}^r \beta_{(1+j)k} (z_{ik} - K_{kr})_+ \right) + \varepsilon_i \quad (4)$$

dimana fungsi *truncated* diberikan oleh:

$$(z_{ik} - K_{kr})_+ = \begin{cases} (z_{ik} - K_{kr}), & z_{ik} \geq K_{kr} \\ 0, & z_{ik} < K_{kr} \end{cases}$$

3.2. Estimasi Interval Parameter dan Pemilihan Titik Knot Optimal

Diberikan model regresi linier berganda:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

untuk mendapatkan estimasi interval suatu parameter dalam regresi parametrik untuk koefisien regresi β_j ,

diasumsikan bahwa *error* ε_i berdistribusi normal independen dengan mean nol dan varians σ^2 . Oleh karena itu, observasi y_i berdistribusi normal dengan mean $\beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_j$ dan varians σ^2 . Karena estimator *least-square* $\hat{\beta}$ berdistribusi normal dengan vektor mean β dan matriks covarians $\sigma^2(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$. Akibatnya bahwa distribusi $\hat{\beta}_j$ adalah normal dengan mean β_j dan varians $\sigma^2 C_{jj}$, dimana C_{jj} merupakan elemen diagonal ke- j dari matriks $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$. Akibatnya masing-masing statistik[1]:

$$T_j = \frac{\hat{\beta}_j - \beta_j}{\sqrt{\sigma^2 C_{jj}}}, j = 0, 1, \dots, p \tag{5}$$

Dari Persamaan (5) berdistribusi t dengan derajat bebas $n-p$, dimana σ^2 diestimasi dengan varians *error*. Berdasarkan Persamaan (5), maka diperoleh interval konfidensi $(1-\alpha) \times 100\%$ untuk koefisien regresi $\beta_j, j = 0, 1, \dots, p$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_j - t_{\alpha/2, n-p} \sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{jj}} \leq \beta_j \leq \hat{\beta}_j + t_{\alpha/2, n-p} \sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{jj}} \tag{6}$$

Salah satu metode untuk mencari titik knot optimal yang sering digunakan adalah dengan metode GCV. Titik optimal diperoleh dari nilai GCV minimum. Metode GCV secara umum adalah sebagai berikut:

$$GCV(K) = \frac{MSE(K)}{[n^{-1} \text{trace}(I - A(K))]^2}$$

dengan $MSE(K) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2$, I adalah matriks identitas, n adalah jumlah pengamatan, $A(K)$ adalah matriks $\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$

3.3. Deskripsi Indeks Pembangunan Manusia di Kepulauan Maluku

Kepulauan Maluku terdiri dari 21 Kabupaten/Kota yakni 11 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku dan 10 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara. IPM di Kepulauan Maluku secara umum termasuk dalam kategori IPM sedang pada tahun 2015.

Tabel 1. Deskriptif IPM Kepulauan Maluku

Variabel	Mean	Standar Deviasi	Maximum	Minimum
Y	64,05	5,56	79,30	58,26
X ₁	24,36	9,10	56,10	11,25
Z ₁	186,8	100,7	468,0	64,0
Z ₂	27,97	23,70	76,56	0,02
Z ₃	16,01	9,69	31,58	2,29
Z ₄	67,09	5,44	75,69	56,39

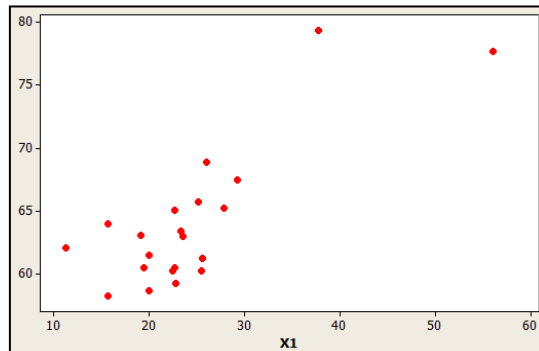
Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat karakteristik masing-masing variabel, baik variabel respon maupun variabel prediktor. Berikut adalah gambaran karakteristik untuk masing-masing variabel prediktor yaitu: persentase Kelompok Usia Sekolah di Perguruan Tinggi (X_1), Jumlah Sarana Kesehatan (Z_1), persentase Rumah Tangga dengan Akses Air Bersih (Z_2), persentase penduduk miskin (Z_3) dan persentase Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) (Z_4).

- Rata-rata persentase kelompok usia sekolah di PT (X_1) di Kepulauan Maluku adalah 24,36 dengan standar deviasi sebesar 9,10. Kelompok usia sekolah di PT tertinggi pada Kota Ternate sebesar 56,10 persen dan terendah ada di Kabupaten Halmahera Tengah dengan angka 11,25 persen dengan *range* sebesar 44,85.
- Rata-rata jumlah sarana kesehatan (Z_1) di Kepulauan Maluku adalah 186,8 sarana dengan standar deviasi sebesar 100,7. Sarana kesehatan tertinggi pada Kabupaten Maluku Tengah sebesar 468 sarana dan terendah ada di Kabupaten Buru dengan angka 64 sarana dengan *range* sebesar 44,85 sarana.
- Rata-rata persentase RT dengan akses air bersih (Z_2) bersih di Kepulauan Maluku adalah 27,97 persen dengan standar deviasi sebesar 23,7 persen. RT dengan akses air bersih tertinggi pada Kota Ternate sebesar 76,56 persen dan terendah ada di Kabupaten Seram Bagian Timur dengan angka 0,02 persen dengan *range* sebesar 76,54 persen.

- d. Rata-rata persentase penduduk miskin (Z_3) di Kepulauan Maluku adalah 16,01 persen dengan standar deviasi sebesar 28,59 persen. Persentase penduduk miskin tertinggi pada Kabupaten Maluku Barat Daya sebesar 31,58 persen dan terendah ada di Kota Ternate dengan angka 2,99 persen.
- e. Rata-rata persentase TPAK (Z_4) di Kepulauan Maluku adalah 16,01 persen dengan standar deviasi sebesar 5,44 persen. PPM tertinggi pada Kabupaten Maluku Tenggara Barat sebesar 76,69 persen dan terendah ada di Kabupaten Pulau Taliabu dengan angka 56,39 persen dengan range sebesar 19,3 persen.

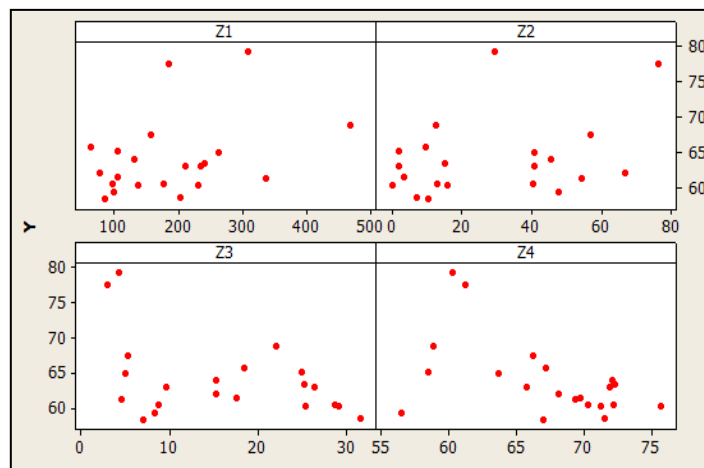
3.4. Penentuan Komponen Parametrik dan Variabel komponen Nonparametrik

Untuk melihat pola hubungan antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor dapat dilihat dari *scatter plot*. Hasil *scatter plot* untuk masing-masing variabel respon dan variabel prediktor sebagai berikut:



Gambar 1. Scatter Plot Y dan X_1

Gambar 1, menunjukkan bahwa pola data cenderung membentuk pola hubungan tertentu yang dapat diregresikan secara parametrik, sehingga plot antara variabel IPM dengan Kelompok Usia Sekolah di Perguruan Tinggi (X_1) digunakan sebagai komponen parametrik.



Gambar 2. Scatter Plot antara Y dan Z_1, Z_2, Z_3, Z_4

Gambar 2, menunjukkan bahwa hubungan antara variabel respon dan keempat variabel prediktor polanya cenderung tidak membentuk pola hubungan tertentu atau pola nonparametrik sehingga digunakan sebagai komponen nonparametrik.

Tabel 2. Komponen Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	Komponen
Kelompok Usia Sekolah di Perguruan Tinggi	Parametrik
Jumlah sarana Kesehatan	Nonparametrik
Persentase Air Minum Bersih	Nonparametrik
Persentase Penduduk Miskin	Nonparametrik
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	Nonparametrik

Berdasarkan Tabel 2, diatas dapat dilihat bahwa hanya satu variabel prediktor (X) sebagai komponen parametrik dan keempat variabel lainnya sebagai komponen nonparametrik (Z).

3.5. Pemodelan IPM di Kepulauan Maluku Menggunakan Spline *Truncated* dengan GCV

IPM di Kepulauan Maluku diestimasi dengan Spline *Truncated* linier. Pemodelan IPM pada penelitian ini dengan satu variabel komponen parametrik dan empat variabel komponen nonparametrik menggunakan Spline *Truncated* dengan satu titik knot, dua titik knot, tiga titik knot dan kombinasi knot. Penentuan model terbaik diperoleh dari nilai GCV optimal. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai GCV untuk masing-masing model.

Tabel 3. Perbandingan Nilai GCV untuk Pemilihan Model

Variabel Prediktor	Komponen
Kelompok Usia Sekolah di Perguruan Tinggi	Parametrik
Jumlah Sarana Kesehatan	Nonparametrik
Persentase Air Minum Bersih	Nonparametrik
Persentase Penduduk Miskin	Nonparametrik
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	Nonparametrik

Berdasarkan Tabel 3, diatas diperoleh knot dengan GCV minimum 0,346 berada pada 3 titik knot maka knot tersebut adalah yang terbaik, dengan koefisien determinasi yang diperoleh 99,97%. Dari titik knot optimal terpilih maka model persamaan regresi semiparametrik Spline *Truncated* linier yang terbentuk adalah:

$$\hat{y} = 1.113x_1 + 0.123z_1 - 0.789(z_1 - 121.71)_+ + 0.71(z_1 - 138.2)_+ + 0.003(z_1 - 187.67)_+ + 0.049z_2 + 0.04(z_2 - 10.95)_+ + 1.671(z_2 - 14.08)_+ - 1.855(z_2 - 23,45)_+ + 9.126z_3 - 22,665(z_3 - 7.07)_+ + 17.138(z_3 - 8.24)_+ - 3.259(z_3 - 11.74)_+ - 0.761z_4 + 17.976(z_4 - 59.15)_+ - 16.321(z_4 - 59.93)_+ - 1.955(z_4 - 62.3)_+$$

3.6. Estimasi Interval Parameter Model Regresi Semiparametrik Spline *Truncated*

Dari model regresi semiparametrik Spline *Truncated* linier yang terpilih berdasarkan titik knot optimal maka model persamaan regresi semiparametrik Spline *Truncated* linier tersebut diestimasi dengan tingkat kepercayaan 95% dengan probabilitas interval sebagai berikut:

$$P \left[\hat{B}_{jk} - b \sqrt{\frac{\hat{y}'(I - S(S'S)^{-1}S')\hat{y}(S'S)^{-1}}{n - (p + q(r + 1))}} \leq \tilde{B}_{jk} \leq \hat{B}_{jk} + a \sqrt{\frac{\hat{y}'(I - S(S'S)^{-1}S')\hat{y}(S'S)^{-1}}{n - (p + q(r + 1))}} \right] = 1 - \alpha \tag{7}$$

Dengan menggunakan Persamaan (7) maka diperoleh estimasi interval terpendek dari masing-masing variabel dan parameter-parameternya [6]. Estimasi interval parameter model Spline *Truncated* linier diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Interval Parameter Model Spline *Truncated* Linier

Variabel	Parameter	Batas Bawah	Batas Atas
X_1	λ	0,681	1,546
Z_1	β_{11}	0,023	0,222
	β_{21}	-1,388	-0,191
	β_{31}	0,146	1,275
	β_{41}	-0,059	0,065
Z_2	β_{12}	-0,193	0,291
	β_{22}	-1,072	1,153
	β_{32}	0,138	3,204
	β_{42}	-2,787	-0,923
	β_{13}	4,313	13,940

Z_3	β_{23}	-34,73	-10,59
	β_{33}	8,662	25,615
	β_{43}	-4,333	-2,185
Z_4	β_{14}	-1,670	0,148
	β_{24}	11,542	24,411
	β_{34}	-22,84	-9,798
	β_{44}	-5,026	1,153

Tabel 4, memperlihatkan bahwa dari 17 parameter pada model regresi semiparametrik Spline *Truncated* linier, terdapat 5 parameter yang tidak signifikan yakni parameter $\beta_{41}, \beta_{12}, \beta_{22}, \beta_{14}$ dan β_{44} . Secara keseluruhan semua variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap IPM.

3.7. Pengujian Asumsi Residual

Suatu model dengan kriteria terbaik adalah jika residual memenuhi asumsi identik, independen dan berdistribusi normal. Hasil uji identik disajikan pada Tabel 5 dengan hipotesis:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n$$

Tabel 5. Anova Uji Glejser

Sumber Variasi	Df	SS	MS	F	P-Value
Regresi	17	0,532	0,031	3,458	0,167
Error	3	0,027	0,009		
Total	20	0,559			

Nilai *p-value* 0,167 lebih besar dari alpha 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat kasus heteroskedastisitas, sehingga varians residual memenuhi asumsi identik. Selanjutnya pengujian asumsi independen menggunakan *Run Test* dengan hipotesis:

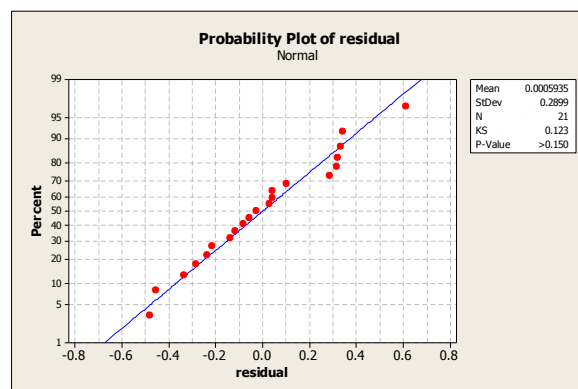
$$H_0 : \text{Residual random}$$

$$H_1 : \text{Residual tidak random}$$

Run Test terhadap residual menghasilkan nilai 1,00 lebih besar dari alpha 0,05 maka gagal tolak H_0 jadi disimpulkan residual bersifat random atau tidak ada korelasi antar residual, maka residual memenuhi asumsi independen. Langkah terakhir pengujian asumsi residual berdistribusi normal dengan hipotesis:

$$H_0 : F_0(x) = F(x) \text{ (Residual berdistribusi normal)}$$

$$H_1 : F_0(x) \neq F(x) \text{ (Residual tidak berdistribusi normal)}$$



Gambar 3. Residual berdistribusi normal

Dari Gambar 3, diatas diperoleh *p-value* >0,150 lebih besar dari 0,05 sehingga asumsi residual berdistribusi normal terpenuhi. Model tersebut adalah model terbaik karena sudah memenuhi uji klasik yakni, residual memenuhi asumsi identik, independen dan berdistribusi normal.

3.8. Interpretasi Model

Berdasarkan pengujian asumsi residual maka diperoleh model terbaik dengan 3 titik knot dengan koefisien determinasi 99,97 persen. Model regresi semiparametrik *Spline Truncated* tersebut dapat menjelaskan variabilitas IPM sebesar 99,97 persen dan terdapat 0,03 persen yang tidak dapat menjelaskan variabilitas IPM.

- a. Hubungan antara kelompok usia sekolah di PT (X_1) terhadap IPM (Y) dengan asumsi variabel lain konstan.

$$\hat{y} = 1,113x_1$$

jika terjadi kenaikan persentase kelompok usia sekolah di PT sebanyak satu persen maka IPM akan naik 1,113 persen.

- b. Hubungan antara jumlah sarana kesehatan (Z_1) terhadap IPM (Y) dengan asumsi variabel lain konstan yaitu

$$\hat{y} = 0.123z_1 - 0.789(z_1 - 121.71)_+ + 0.71(z_1 - 138.2)_+ + 0.003(z_1 - 187.67)_+$$

$$= \begin{cases} 0.123z_1 & , z_1 < 121.71 \\ -0.666z_1 + 96,029 & , 121.71 \leq z_1 < 138.2 \\ 0.044z_1 - 2.093 & , 138.2 \leq z_1 < 187.67 \end{cases}$$

Jika jumlah sarana kesehatan kurang dari 122 sarana, dan jumlah sarana kesehatan naik sebesar satu sarana, IPM akan naik sebesar 0,123 persen. Jika jumlah sarana kesehatan antara 122 dan 138 sarana, dan jumlah sarana kesehatan naik sebesar satu sarana, IPM akan turun sebesar 0,666 persen. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kabupaten Maluku Tenggara Barat, Buru, Buru Selatan, Kota Tual, Halmahera Tengah, Kepulauan Sula, Halmahera Timur, Pulau Morotai dan Pulau Taliabu. Jika jumlah sarana kesehatan antara 138 dan 187 sarana, dan jumlah sarana kesehatan naik sebesar satu sarana, IPM akan naik sebesar 0,044 persen.

- c. Hubungan sumber air bersih (Z_2) terhadap IPM (Y), dengan asumsi variabel lain konstan yaitu:

$$\hat{y} = 0.049z_2 + 0.04(z_2 - 10.95)_+ + 1.671(z_2 - 14.08)_+ - 1.855(z_2 - 23.45)_+$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 1.711z_2 - 23.966 & , 14.08 \leq z_2 < 23.45 \\ -0.144z_2 + 19.534 & , z_2 \geq 23.45 \end{cases}$$

Jika persentase sumber air bersih terletak pada segmen 14,08 dan 23,45 dan jika persentase sumber air bersih naik sebesar satu persen, IPM akan naik sebesar 1,71 persen. Sedangkan pada segmen persentase sumber air bersih lebih besar atau sama dengan 23,45 persen, dan jika persentase sumber air bersih naik sebesar satu persen, IPM akan turun sebesar 0,14 persen. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kota Ambon, Halmahera Barat, Halmahera Tengah, Kepulauan Sula, Halmahera Selatan, Halmahera Utara, Halmahera Timur, Pulau Morotai, Kota Ternate dan Kota Tidore.

- d. Hubungan antara persentase penduduk miskin (Z_3) terhadap IPM (Y) dengan asumsi variabel lain konstan yaitu:

$$\hat{y} = 9.126z_3 - 22.665(z_3 - 7.07)_+ + 17.138(z_3 - 8.24)_+ - 3.259(z_3 - 11.74)_+$$

$$= \begin{cases} 9.126z_3 & , z_3 < 7.07 \\ -13.539z_3 + 160.242 & , 7.07 \leq z_3 < 8.24 \\ 3.599z_3 + 19.024 & , 8.24 \leq z_3 < 11.74 \\ 0.34z_3 + 57.285 & , z_3 \geq 11.74 \end{cases}$$

Model di atas menggambarkan persentase penduduk miskin terletak pada segmen 7,07 dan 8,24 persen, jika persentase penduduk miskin naik sebesar satu persen, IPM akan turun sebesar 13,54 persen. Selanjutnya jika persentase penduduk miskin terletak pada segmen 8,24 dan 11,74 persen, dan persentase penduduk miskin naik sebesar satu persen, IPM akan naik sebesar 3,59 persen. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kota Ambon, Halmahera Barat, Halmahera Utara, Pulau Morotai, Pulau Taliabu, Kota Ternate dan Kota Tidore. Sedangkan segmen persentase penduduk miskin lebih besar atau sama dengan 11,74, jika persentase penduduk miskin naik sebesar satu persen, IPM akan naik sebesar 0,34 persen. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kabupaten Maluku Tenggara Barat, Maluku Tenggara, Maluku Tengah, Buru, Aru, Seram Bagian Barat, Seram Bagian Timur, Maluku Barat Daya, Buru Selatan, Kota Tual, Halmahera Tengah dan Halmahera Timur.

Hubungan antara TPAK (Z_3) terhadap IPM (Y), dengan asumsi variabel lain konstan yaitu:

$$\hat{y} = -0.761z_4 + 17.976(z_4 - 59.15)_+ - 16.321(z_4 - 59.93)_+ - 1.955(z_4 - 62.3)_+$$

$$= \begin{cases} 17.215z_4 - 196.837 & , 59.15 \leq z_4 < 59.93 \\ 30.894z_4 - 62.352 & , 59.93 \leq z_4 < 62.3 \end{cases}$$

Model tersebut menggambarkan persentase TPAK terletak pada segmen 59,15 hingga 59,93, dan segmen 59,93 hingga 62,3. Jika persentase TPAK naik sebesar satu persen, maka persentase IPM meningkat menjadi 17,21 persen di segmen 59,15 hingga 59,93. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kabupaten Maluku Tengah dan Kota Tual. Jika persentase TPAK naik sebesar satu persen, maka persentase IPM akan naik sebesar 30,89 persen di segmen 59,93 hingga 62,3. Wilayah yang masuk dalam interval ini adalah Kota Ambon dan Kota Ternate.

4. KESIMPULAN

Model terbaik yang diperoleh adalah dengan tiga titik knot. Model tersebut memiliki koefisien determinasi 99,97% dengan nilai GCV minimum 0,346. Pada pemodelan dengan pendekatan estimasi interval parameter model regresi semiparametrik Spline *Truncated* tersebut mampu menjelaskan semua variabel prediktor yakni variabel persentase kelompok usia sekolah di perguruan tinggi, jumlah sarana kesehatan, persentase rumah tangga dengan akses sumber air minum bersih, persentase penduduk miskin dan persentase TPAK berpengaruh terhadap variabel respon (IPM). Adapun ke depannya perlu dikembangkan pemilihan titik knot optimal dengan menggunakan *Unbiased Risk* (UBR) dan *Generalized Maximum Likelihood* (GML) dengan model Spline yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rencher & G.B. Schaalje, "Linear Models in Statistics 2nd Edition", *John Wiley & Sonc Inc, New Jersey:2008*
- [2] Badan Pusat Statistika, "Laporan Tahunan BPS", *BPS RI, Jakarta, 2017*
- [3] Badan Pusat Statistika, "Maluku Dalam Angka Tahun 2016", *BPS, Ambon, 2017.*
- [4] Badan Pusat Statistika, "Maluku Utara Dalam Angka Tahun 2016", *BPS, Ternate, 2017.*
- [5] G. Wahba., & S. A. Wold, "Completely Automatic French Curve: Fitting Spline Functions by Cross-Validation", *Comm. Statist. 1975.*
- [6] I. N. Budiantara, "Metode U, GML, CV dan GCV Dalam Regresi Nonparametrik Spline", *Majalah Ilmiah Himpunan Matematika Indonesia (MIHMI)*, 6, 285-290, 2000
- [7] I. N. Budiantara, "Model Spline dengan Knot Optimal", *Jurnal FMIPA Universitas Jember, Jember, 2006*
- [8] L. Annisah, "Estimasi Kurva Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan Spline Linier Pada Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2012", *Tesis Jurusan Statistika, FMIPA ITS, Surabaya, 2016*
- [9] M. Nafi, "Estimasi Interval Spline Dalam Regresi Nonparametrik", *Tesis Jurusan Statistika, FMIPA ITS, Surabaya, 2010*
- [10] S. B. Loklomin, I. N. Budiantara, & I. Zain, "Estimation of Interval Parameters Semiparametric Regression Models Spline Truncated", *Internasional Conference on Mathematics Science and Education (ICoMSE), UNM Malang, 2017*

PEDOMAN PENULISAN



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

PENGIRIMAN NASKAH

Naskah dikirimkan kepada:

Redaksi Barekeng
Jurusan Matematika
Fakultas MIPA
Universitas Pattimura

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

Email: barekeng.math@yahoo.com

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

Format Naskah:

Format pengetikan menggunakan *Microsoft Word* seperti berikut:

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

Naskah lunak (*soft copy*):

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

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

SUSUNAN NASKAH

- Judul ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- Nama Lengkap Penulis (tanpa gelar).
- Nama Lembaga atau Institusi, disertai Alamat Lengkap dengan nomor kode pos. Untuk korespondensi dilengkapi No. Telp., fax dan *email*.
- Judul Ringkas (*Running Title*) (jika diperlukan).
- Abstrak (*Abstract*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- Kata Kunci (*Keywords*) dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.
- Pendahuluan (*Introduction*) meliputi latar belakang, masalah dan tujuan penelitian.
- Tinjauan Pustaka meliputi ulasan (*Review*) penelitian dari beberapa literatur serta teori-teori dasar yang mendukung penelitian.
- Metode Penelitian (*Methods and Materials*) meliputi bahan, cara, dan analisis dalam penelitian (jika ada).
- Hasil dan Pembahasan (*Results and Discussion*) ditulis secara berkesinambungan dalam satu rangkaian naskah penulisan.
- Kesimpulan (*Conclusion*)
- Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgements*) (Jika diperlukan)
- Daftar Pustaka ditulis memakai sistem indeks sesuai *reference style* IEEE. Di bawah ini beberapa contoh penulisan sumber acuan:
Jurnal:
 - [1] K. R. Gabriel, "The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis," *Biometrika*, vol. 58, pp. 453-467, 1997.**Buku:**
 - [2] D. Rosadi, *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews* (Aplikasi untuk bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan), Yogyakarta: Andi Offset, 2012.**Skripsi/ Tesis/ Disertasi:**
 - [3] M. Apri, "Model Biaya Total Jaringan Pipa Transmisi Gas dan Optimasinya," Departemen Matematika ITB, Bandung, 2002.**Informasi dari Internet:**
 - [4] G. Skye, "Transformation," 8 Desember 2012. [Online]. Available: <http://www.livelove.co.uk/ap/>. [Diakses 4 Oktober 2014].
- Lampiran meliputi Gambar dan Tabel beserta keterangannya (jika diperlukan).

CATATAN (NOTE)

- Naskah harus dikirimkan ke redaksi selambat-lambatnya 3 (tiga) bulan sebelum bulan penerbitan jurnal (Maret dan Desember).
- Naskah akan dinilai oleh tim penilai yang relevan sebelum diterbitkan dan tim redaksi berhak merubah struktur naskah tanpa merubah isi naskah.
- Naskah dapat diterima atau ditolak. Naskah ditolak, jika tidak memenuhi kriteria penulisan, pelanggaran hak cipta, kualitas rendah, dan tidak menanggapi korespondensi redaksi. Pengumuman naskah ditolak atau diterima paling lambat 1 (satu) bulan setelah naskah terkirim.
- Penulis atau penulis pertama memperoleh 1 (satu) eksemplar jurnal yang sudah diterbitkan.
- Info selengkapnya dapat diperoleh pada website OJS: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/>.

Barekeng
jurnal ilmu matematika dan terapan

© Jurusan Matematika FMIPA Unpatti 2019

