

ARTIKEL PENELITIAN

Penentuan Metode Defuzzifikasi Terbaik Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Diagnosa Pre-eklampsia Pada Ibu Hamil

Desriyani Y. Br. Kolo Teti¹, Grandianus Seda Mada^{1,*}, Nugraha K. F. Dethan¹, Leonardus F. Obe¹

¹Program Studi Matematika, Universitas Timor, Kefamenanu-NTT, Indonesia

*Penulis korespondensi: grandianusmada@gmail.com

Diterima: 28 September 2023; Direvisi: 24 Desember 2023; Disetujui: 24 Januari 2024; Dipublikasi: 15 April 2024.

Abstrak: Pre-eklampsia merupakan urutan kedua dari tiga besar penyebab kematian pada ibu hamil setelah pendarahan dan disusul oleh infeksi. Pre-eklampsia merupakan gangguan dengan etiologi yang tidak diketahui secara khusus pada perempuan hamil. Untuk mencegah keterlambatan penanganan pre-eklampsia yang dapat menyebabkan kematian, dibutuhkan sistem diagnosa yang dapat digunakan untuk pengecekan awal gejala pre-eklampsia. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan diagnosa pre-eklampsia adalah *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani. Metode ini didasarkan pada konsep logika *fuzzy*. Proses penentuan keputusan akhir dengan metode ini memiliki beberapa tahap yaitu aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi. Untuk tahap defuzzifikasi, terdapat lima metode yang dapat digunakan yaitu metode *Centroid*, *Bisektor*, *Mean of Maximum* (MOM), *Smallest of Maximum* (SOM) dan *Largest of Maximum* (LOM). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan diagnosa pre-eklampsia (keracunan kehamilan) pada ibu hamil berdasarkan FIS Mamdani dengan sebelumnya ditentukan metode defuzzifikasi FIS Mamdani terbaik. Dalam penentuan metode defuzzifikasi terbaik digunakan ukuran *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Square Error* (MSE) dan *Sum Square Error* (SSE). Berdasarkan hasil perbandingan kesalahan prediksi, metode *Bisektor* memiliki nilai MAPE, MAE, MSE dan SSE yang paling kecil dibandingkan empat metode defuzzifikasi lainnya. Selanjutnya, berdasarkan nilai MAPE, diperoleh besar ketelitian prediksi FIS Mamdani dengan metode defuzzifikasi *Bisektor* adalah 95,48%. Hal ini menunjukkan metode *Bisektor* merupakan metode defuzzifikasi terbaik untuk mendiagnosa status pre-eklampsia.

Kata Kunci: Pre-eklampsia, Defuzzifikasi, Fuzzy Inference System, *Bisektor*

Abstract: Pre-eclampsia is the second of the three major causes of death in pregnant women after bleeding followed by infection. Pre-eclampsia is a disorder of unknown etiology specifically in pregnant women. To prevent pre-eclampsia from becoming increasingly severely diagnosed systems that can be used for pre-eclampsia premises syconome. One method that can be used to determine the pre-eclampsia diagnosis is the Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani this method is based on the concept of fuzzy logic. The process of determining the final decision by this method has several stages, the application of implications, rules, and defuzzification composition. For defuzzification stages, there are four methods that can be used the method *Centroid*, *Bisector*, *Mean*

of Maximum (MOM), Smallest of Maximum (SOM), and Largest of Maximum (LOM). This study aims to determine the diagnosis of pre-eclampsia (pregnancy poisoning) in pregnant women based on FIS Mamdani by previously determining the best FIS Mamdani defuzzification method. In determining the best defuzzification method, the measures Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE), and Sum Square Error (SSE) are used. Based on the comparison of prediction errors, the Bisector method has the smallest MAPE, MAE, MSE and SSE values compared to other four defuzzification methods. Furthermore, based on the MAPE value, the accuracy of FIS Mamdani predictions using the Bisector defuzzification method is 95,48%. This shows that the Bisector method is the best defuzzification method for diagnosing pre-eclampsia status.

Keywords: Pre-eclampsia, Defuzzification, Fuzzy Inference System, and Bisector

1. Pendahuluan

Kematian Ibu dan Angka Kematian Perinatal di Indonesia masih sangat tinggi. Menurut hasil Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) yang dilakukan Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2015, angka kematian ibu adalah 305 per 100.000 kelahiran hidup. Jika dibandingkan dengan target yang ingin dicapai oleh pemerintah pada tahun 2010 sebesar 125/100.000 kelahiran hidup, angka tersebut masih tergolong tinggi [1]. Kematian ibu di Nusa Tenggara Timur tahun 2017 adalah 163 per 100.000 kelahiran hidup [2], Angka Kematian Ibu (AKI) di Kabupaten Timor-Tengah Utara tahun 2014 adalah 137 orang. Penyebab langsung kematian diantaranya pre-eklampsia/ eklampsia sebanyak 5%, perdarahan sebanyak 50%, infeksi sebanyak 17%, penyebab lainnya sebanyak 28% [3]. Sementara di Kabupaten Belu, *trend* mortalitas kejadian pre-eklampsia dari tahun 2010 sampai 2014 mengalami penurunan sebesar 0,79% sedangkan *trend* morbiditas ibu dengan pre-eklampsia dari tahun 2010 sampai 2014 mengalami peningkatan secara signifikan sebesar 1,4%.

Pre-eklampsia merupakan gangguan dengan etiologi yang tidak diketahui secara khusus pada perempuan hamil. Bentuk sindrom ini ditandai oleh hipertensi, dan proteinuria yang terjadi setelah minggu ke-20 kehamilan. Eklampsia adalah pre-eklampsia yang ditandai dengan adanya kejang [4]. Pre-eklampsia berat dan eklampsia merupakan risiko yang membahayakan ibu di samping membahayakan janin melalui placenta. Setiap tahun sekitar 50.000 ibu meninggal di dunia karena eklampsia. Insiden eklampsia di negara berkembang berkisar dari 1:100 sampai 1:1700 [5]. Kejadian pre-eklampsia dan eklampsia berkisar 5 – 10% dari seluruh kehamilan [4]. Menurut data Dinkes Kabupaten Timor Tengah Utara, data ruang Poli KIA RSUD Kefamenanu tahun 2021 dari 600 ibu hamil yang diperiksa, ibu yang hamil dengan pre-eklampsia sebanyak 35 orang [3].

Dampak yang dapat ditimbulkan dari preeklampsia pada ibu yaitu kelahiran prematur, oliguria, kematian, sedangkan dampak pada bayi yaitu pertumbuhan janin terhambat, oligohidramion, dapat pula meningkatkan morbiditas dan mortalitas [3]. Pre-eklampsia dengan kejang, atau disebut dengan eklampsia, yang tidak dikendalikan dengan baik akan dapat mengakibatkan kecacatan menetap atau bahkan dapat menyebabkan kematian ibu dan bayi. Jika eklampsia tidak ditangani secara cepat akan terjadi kehilangan kesadaran dan kematian karena kegagalan jantung, kegagalan ginjal, kegagalan hati atau perdarahan otak. Oleh karena itu kejadian kejang pada penderita eklampsia harus dihindari [5]. Faktor resiko untuk terjadinya pre-eklampsia adalah usia ibu (kurang dari 16 tahun atau lebih dari 45 tahun), primigravida, adanya hipertensi sebelum kehamilan, kehamilan ganda, kehamilan mola, obesitas, riwayat pre-eklampsia pada kehamilan sebelumnya [4]. Dengan mengetahui faktor-faktor resikonya, deteksi pre-eklampsia secara dini pada ibu hamil perlu dilakukan sehingga nantinya dapat ditangani dengan lebih cepat sebagai pencegahan adanya komplikasi yang lebih lanjut.

Beberapa pemeriksaan yang akan dilakukan untuk mendeteksi apakah seorang ibu hamil mengidap pre-eklampsia yaitu tekanan darah, urinalisis, beberapa tes skrining opsional lainnya untuk mengukur kadar protein (PAPP-A) dan untuk mengukur kadar alpha-fetoprotein (AFP) janin, serta pemantauan perkembangan bayi [5]. Pemeriksaan ini selalu dilakukan dirumah sakit, puskesmas ataupun klinik kesehatan lainnya. Dengan adanya suatu aplikasi praktis yang dapat diterapkan secara efisien dan efektif untuk pendiagnosaan awal pre-eklampsia maka masyarakat awam dapat melakukan diagnosa secara dini dan dapat segera melakukan pengobatan [6].

Terdapat beberapa sistem pengambilan keputusan yang dipakai dalam mendiagnosa suatu penyakit, salah satunya yaitu sistem pengambilan keputusan *fuzzy* atau sering disebut dengan *Fuzzy Inference System* (FIS). Terdapat 3 metode FIS yang dapat digunakan dalam memproses keputusan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno [7]. Pada umumnya proses penentuan keputusan akhir dengan FIS memiliki beberapa tahap yaitu aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi. Untuk tahap defuzzifikasi pada FIS Mamdani, terdapat lima metode yang dapat digunakan yaitu metode *Centroid*, *Bisektor*, *Mean of Maximum* (MOM), *Smallest of Maximum* (SOM) dan *Largest of Maximum* (LOM). Terdapat banyak peneliti yang telah menerapkan FIS dalam proses diagnosa penyakit, diantaranya diagnosa penyakit-penyakit demam panas pada balita [8], diagnosa penyakit jantung koroner [9], diagnosa penyakit diabetes melitus [6], diagnosa penyakit Telinga, Hidung dan Mata atau THT [10], deteksi penyakit kelenjar getah bening [11], diagnosa penyakit mata [12], diagnosa resiko penyakit jantung [13], diagnosa beberapa penyakit tropis seperti demam berdarah, tipas dan malaria [14], diagnosa penyakit gigi [15], diagnosa penyakit COVID-19 [16], diagnosa penyakit Vitiligo [17], diagnosa penyakit kanker serviks [18], diagnosa penyakit Tuberculosis (TBC) [19], diagnosa virus penyebab penyakit pada kucing [20], serta diagnosa berbagai penyakit lainnya [21]. Untuk diagnosa pre-eklampsia, [22] telah mengembangkan sistem diagnosa berdasarkan FIS Mamdani dengan metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode *Centroid*. Pada tulisan [22], sistem diagnosa yang dikembangkan masih secara matematis dan menggunakan *software Matlab*. Selanjutnya, [23] mengembangkan sistem tersebut menjadi lebih efektif dan efisien dengan menggunakan bahasa pemrograman *visual basic* dan aplikasi pengembang *visual studio*. Di lain sisi, [24] membandingkan kelima metode defuzzifikasi dalam penentuan jumlah produksi batu batako dan memperoleh metode defuzzifikasi terbaik adalah metode *centroid* sementara [25] membandingkan kelima metode defuzzifikasi dalam penentuan jumlah produksi Tua Kolo (Sopi Timor) dan memperoleh metode defuzzifikasi terbaik adalah metode MOM. Hal ini menunjukkan bahwa metode defuzzifikasi terbaik bergantung pada jenis kasusnya sehingga dalam mendesain sistem diagnosa dengan FIS Mamdani, terlebih dahulu perlu disedilki metode defuzzifikasi mana yang cocok untuk digunakan sesuai dengan data historis yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem pengambil keputusan diagnosa pre-eklampsia pada ibu hamil dengan FIS Mamdani berdasarkan tekanan darah dan proteinuria dengan sebelumnya dilakukan penyelelidikan metode defuzzifikasi mana yang terbaik dari kelima metode yang ada. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian ini digunakan keempat metode defuzzifikasi yang lain yaitu metode *Bisektor*, MOM, SOM, dan LOM. Dalam penentuan metode defuzzifikasi terbaik digunakan ukuran *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Square Error* (MSE) dan *Sum Square Error* (SSE).

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur dan terapan. Studi literatur dilakukan untuk mencari teori mengenai FIS Mamdani serta pre-eklampsia dan indikator-indikator pemeriksaannya yang nantinya akan menjadi dasar dalam pembuatan sistem diagnosa. Data penelitian merupakan data sekunder berupa data rekam medis pengukuran tekanan darah, pengecekan proteinuria serta diagnosis dokter dari pasien pre-eklampsia RSUD Atambua dan RSUD Kefamenanu sejak 2021

hingga 2022 yang diambil dari [22]. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode FIS Mamdani dengan langkah-langkah sebagai berikut:

2.1. Fuzzifikasi

Proses mengubah variabel input yang bernilai tegas (*crisp*) menjadi variabel linguistik (*fuzzy*) menggunakan fungsi keanggotaan yang telah disusun. Terdapat 3 kurva fungsi keanggotaan yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu fungsi keanggotaan representase linear turun, fungsi keanggotaan representase linear naik, dan fungsi keanggotaan segitiga [26].

2.2. Inferensi

Tahap mengubah input *fuzzy* menjadi output *fuzzy* dengan cara mengikuti aturan-aturan *IF-AND-THEN*. Selanjutnya pada tahap ini pun dilakukan perhitungan untuk pengambilan keputusan *fuzzy*. Metode FIS Mamdani sering disebut dengan metode Min-Maks karena proses penentuan keputusan akhir menggunakan operasi Min dan operasi Maka [25].

2.3. Defuzzifikasi

Proses mengubah kembali dari output yang bernilai *fuzzy* yang diperoleh dari inferensi menjadi input yang bernilai tegas (*crisp*) menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Terdapat lima metode yang dapat digunakan dalam tahap ini yaitu metode *Centroid*, *Bisektor*, *MOM*, *SOM*, dan *LOM* [25].

2.4. Penentuan Metode Defuzzifikasi Terbaik

Pada tahap ini dibandingkan nilai hasil prediksi dengan nilai aktual dengan menggunakan beberapa ukuran kesalahan prediksi sebagai berikut.

- *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE dihitung dengan rumus:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right|}{N} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan N = banyaknya data, x_t = nilai aktual pada periode t dan \hat{x}_t = nilai prediksi pada periode t .

- *Mean Absolute Error* (MAE)

MAE dihitung dengan rumus:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_t|}{N} \quad (2.2)$$

dengan N = banyaknya data dan e_t = *error* prediksi pada periode t .

- *Mean Square Error* (MSE)

MSE dihitung dengan rumus:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_t^2}{N} \quad (2.3)$$

dengan N = banyaknya data dan e_t = *error* prediksi pada periode t .

- *Sum Square Error (SSE)*
SSE dihitung dengan rumus:

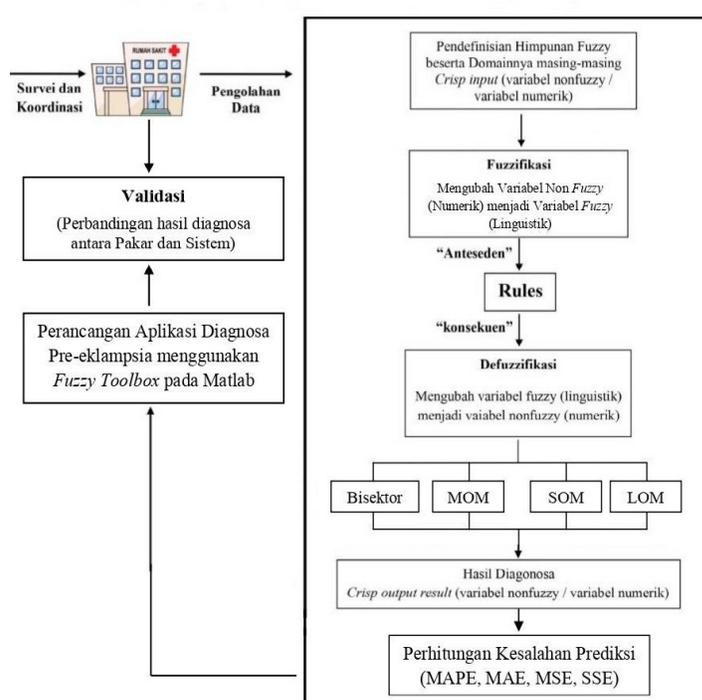
$$SSE = \sum_{i=1}^n e_t^2 \quad (2.4)$$

dengan $e_t = \text{error}$ prediksi pada periode t .

2.5. Validasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosa berdasarkan FIS Mamdani dan hasil diagnosa dokter. Validasi bertujuan untuk mengecek seberapa akurat sistem diagnosa yang telah dibuat.

Secara garis besar, tahapan penelitian disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Tahapan Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian dimulai dengan survei dan koordinasi untuk kepentingan pengumpulan data pasien pre-eklampsia pada RSUD Kefamenanu dan RSUD Atambua. Kemudian, data diolah dengan menggunakan FIS Mamdani yang terdiri dari 3 tahap, yaitu fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi, dengan rinciannya telah dijelaskan pada sub bab 2.1, 2.2 dan 2.3. Selanjutnya, ditentukan metode defuzzifikasi terbaik dengan analisis perbandingan terhadap beberapa ukuran kesalahan prediksi, yaitu MAPE, MAE, MSE, dan SSE, yang rinciannya telah dibahas pada sub bab 2.4. Lebih lanjut, proses matematis perhitungan FIS dirancang menjadi aplikasi diagnosa pre-eklampsia menggunakan *fuzzy toolbox* pada *Matlab* dan pada akhirnya hasil output dari sistem tersebut divalidasi dengan cara membandingkannya dengan hasil diagnosa oleh pakar (dokter).

3. Hasil Penelitian

Tahap fuzzifikasi dan inferensi dari perancangan sistem diagnosa pre-eklampsia dalam penelitian ini masih sama dengan yang dikerjakan oleh [22]. Untuk fuzzifikasi, terdapat tiga variabel dengan dua variabel input yaitu tekanan darah dan proteinuria serta satu variabel output yaitu status pre-eklampsia. Variabel tekanan darah memiliki empat himpunan *fuzzy* yaitu tekanan darah rendah, tekanan darah normal, hipertensi grade-I, hipertensi grade-II. Variabel proteinuria memiliki lima himpunan *fuzzy* yaitu proteinuria negatif (P-), proteinuria positif 1 (P+1), proteinuria positif 2 (P+2), proteinuria positif 3 (P+3), dan proteinuria positif 4 (P+4). Variabel status pre-eklampsia memiliki empat himpunan *fuzzy* yaitu non pre-eklampsia (NPE), pre-eklampsia (PE), pre-eklampsia berat I (PEB-I), pre-eklampsia berat II (PEB-II). Untuk tahap inferensi, terdapat 27 aturan (rinciannya dapat dilihat pada [22]). Pada penelitian [22] pun telah disajikan proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode *centroid*. Selanjutnya pada penelitian ini, disajikan perhitungan defuzzifikasi dengan menggunakan keempat metode defuzzifikasi yang lain yaitu bisektor, MOM, SOM, dan LOM.

3.1. Tahapan Defuzzifikasi Sistem Diagnosa dengan FIS Mamdani

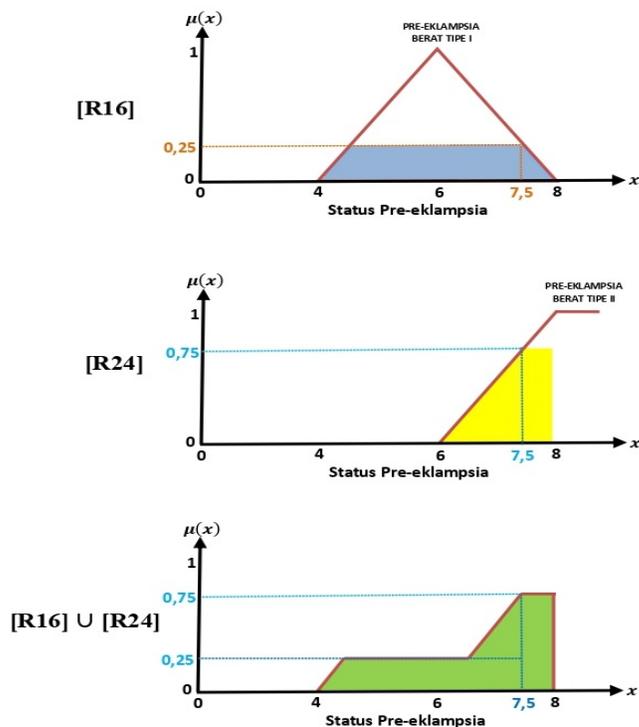
Dalam [22] dijelaskan bahwa kuantifikasi dari status pre-eklampsia menggunakan Skor Poedji-Rochjati (SPR). Pada Tabel 3.1 disajikan data perbandingan diagnosa pre-eklampsia berdasarkan pakar (dokter) dan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan FIS Mamdani dengan metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *centroid*, yang bersumber dari [22].

Tabel 3.1: Perbandingan Hasil Diagnosa Pakar dan Sistem berdasarkan Penggunaan Metode Defuzzifikasi *Centroid*

No.	Pasien	Pemeriksaan		Hasil Diagnosa			
		Tekanan Darah (mmHg)	Proteinuria	Pakar		Sistem	
				SPR	Linguistik	SPR	Linguistik
1	V. D. B.	140/90	+1	4	PE	3,33	PE
2	R.R.	162/80	-	4	PEB II	4,37	PEB II
3	Y. A. N.	155/111	+3	6	PEB I	6,33	PEB I
4	M. B.	183/110	+1	4	PEB II	4,37	PEB II
5	E. M.	150/100	+2	6	PEB I	6,26	PEB I
6	A. F. F.	156/94	+2	6	PEB I	6,34	PEB I
7	Y. A. L.	141/95	+3	6	PEB I	6	PEB I
8	E. L.	200/120	+3	6	PEB II	6,36	PEB II
9	K. T.	143/83	+3	6	PEB I	6,03	PEB I
10	M. W. L.	140/90	+2	6	PEB I	6	PEB I
11	M. T.	156/107	+1	5	PE	4,34	PE
12	K. S.	200/140	+2	6	PEB II	6,36	PEB II
13	O. L. F.	110/70	+2	1	NPE	1,31	NPE
14	L. H.	149/95	+2	6	PEB I	6,21	PEB I
15	M. A. S.	107/74	-	1	NPE	1,31	NPE
16	V. M. A. T.	156/104	+2	6	PEB I	6,34	PEB I
17	G. N. M.	150/100	+2	6	PEB I	6,26	PEB I
18	I. D. S. G.	148/106	+2	6	PEB I	6,17	PEB I
19	M. H.	165/97	+3	6	PEB II	6,36	PEB II
20	M. J. A.	156/95	+2	6	PEB I	6,34	PEB I

dengan NPE = Non Pre-eklampsia, PE = Pre-eklampsia, PEB II = Pre-eklampsia Berat Tipe II.

Dengan mengambil data pasien berinisial Y.A.N dan dengan perhitungan yang sama seperti perhitungan pada penelitian [22] diperoleh daerah gabungan himpunan *fuzzy* konsekuen seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Gabungan Himpunan Fuzzy Konsekuen [R16] dan [R24]

[R16] dan [R24] merupakan aturan-aturan *fuzzy* yang terbentuk untuk data pasien Y.A.N (detailnya dapat dilihat pada [22]).

Berdasarkan perhitungan metode defuzzifikasi bisektor, MOM, SOM, dan LOM yang dijelaskan pada [25], diperoleh rangkuman SPR status pre-eklampsia dari keempat metode tersebut yang disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Perbandingan Hasil Diagnosa Pakar dan Sistem

No.	Pasien	Pemeriksaan		SPR Status Pre-eklampsia			
		Tekanan Darah (mmHg)	Proteinuria	Bisektor	MOM	SOM	LOM
1	V. D. B.	140/90	+1	3,44	4	4	4
2	R.R.	162/80	-	4	6	8	4
3	Y. A. N.	155/111	+3	6,32	6,62	8	5,52
4	M. B.	183/110	+1	4	6	8	4
5	E. M.	150/100	+2	6,26	6,52	8	5,04
6	A. F. F.	156/94	+2	6,32	6,65	8	5,6
7	Y. A. L.	141/95	+3	6	6	6,08	5,92
8	E. L.	200/120	+3	6,32	7	8	6
9	K. T.	143/83	+3	6	6	6,24	5,76
10	M. W. L.	140/90	+2	6	6	6	6
11	M. T.	156/107	+1	4	4,91	8	3,2
12	K. S.	200/140	+2	6,32	7	8	6
13	O. L. F.	110/70	+2	1,12	0	0	0
14	L. H.	149/95	+2	6,24	6	6,88	5,12
15	M. A. S.	107/74	-	1,12	0	0	0
16	V. M. A. T.	156/104	+2	6,32	6,65	8	5,6
17	G. N. M.	150/100	+2	6,24	6,52	8	5,04
18	I. D. S. G.	148/106	+2	6,16	6	6,8	5,2
19	M. H.	165/97	+3	6,32	7	8	6
20	M. J. A.	156/95	+2	6,32	6,65	8	5,6

3.2. Penentuan Metode Defuzzifikasi Terbaik

Penentuan metode defuzzifikasi terbaik dilakukan dengan membandingkan SPR status pre-eklampsia dari pakar (dokter dan perawat) dengan SPR status pre-eklampsia yang diperoleh dari FIS Mamdani berdasarkan kelima metode defuzzifikasi yang ada. Perbandingan menggunakan beberapa ukuran kesalahan prediksi sebagai berikut.

- *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Dengan menggunakan persamaan (2.1) diperoleh hasil perhitungan MAPE untuk setiap metode defuzzifikasi yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Perhitungan Akurasi Prediksi Menggunakan MAPE

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
1	V. D. B.	0,17	0,14	0	0	0
2	R.R.	0,09	0	0,5	1	0
3	Y. A. N.	0,06	0,05	0,1	0,33	0,08
4	M. B.	0,09	0	0,5	1	0
5	E. M.	0,04	0,04	0,09	0,33	0,16
6	A. F. F.	0,06	0,05	0,11	0,33	0,07
7	Y. A. L.	0	0	0	0,01	0,01
8	E. L.	0,06	0,05	0,17	0,33	0
9	K. T.	0,01	0	0	0,04	0,04
10	M. W. L.	0	0	0	0	0
11	M. T.	0,09	0	0,23	1	0,2
12	K. S.	0,06	0,05	0,17	0,33	0
13	O. L. F.	0,31	0,12	1	1	1
14	L. H.	0,04	0,04	0	0,15	0,15
15	M. A. S.	0,31	0,12	1	1	1
16	V. M. A. T.	0,06	0,05	0,11	0,33	0,07
17	G. N. M.	0,04	0,04	0,09	0,33	0,16
18	I. D. S. G.	0,03	0,03	0	0,13	0,13
19	M. H.	0,06	0,05	0,17	0,33	0
20	M. J. A.	0,06	0,05	0,11	0,33	0,07
Jumlah		1,62	0,9	4,33	8,33	3,13
MAPE (%)		8,09	4,52	21,65	41,67	15,67

Berdasarkan Tabel 3.3, metode defuzzifikasi dengan nilai akurasi terkecil adalah metode bisektor dengan nilai *error* prediksi sebesar 4,52%.

- *Mean Absolute Error (MAE)*

Dengan menggunakan persamaan (2.2) diperoleh hasil perhitungan MAE untuk setiap metode defuzzifikasi yang disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Perhitungan Akurasi Prediksi Menggunakan MAE

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
1	V. D. B.	0,03	0,03	0	0	0
2	R.R.	0,02	0	0,1	0,2	0
3	Y. A. N.	0,02	0,02	0,03	0,1	0,02
4	M. B.	0,02	0	0,1	0,2	0
5	E. M.	0,01	0,01	0,03	0,1	0,05
6	A. F. F.	0,02	0,02	0,03	0,1	0,02
7	Y. A. L.	0	0	0	0	0
8	E. L.	0,02	0,02	0,05	0,1	0
9	K. T.	0	0	0	0,01	0,01
10	M. W. L.	0	0	0	0	0
11	M. T.	0,02	0	0,05	0,2	0,04
12	K. S.	0,02	0,02	0,05	0,1	0

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
13	O. L. F.	0,02	0,01	0,05	0,05	0,05
14	L. H.	0,01	0,01	0	0,04	0,04
15	M. A. S.	0,02	0,01	0,05	0,05	0,05
16	V. M. A. T.	0,02	0,02	0,03	0,1	0,02
17	G. N. M.	0,01	0,01	0,03	0,1	0,05
18	I. D. S. G.	0,01	0,01	0	0,04	0,04
19	M. H.	0,02	0,02	0,05	0,1	0
20	M. J. A.	0,02	0,02	0,03	0,1	0,02
MAE		0,29	0,20	0,68	1,70	0,42

Berdasarkan Tabel 3.4, metode defuzzifikasi dengan nilai akurasi terkecil adalah metode bisektor dengan nilai *error* prediksi sebesar 0,20.

- *Mean Square Error* (MSE)

Dengan menggunakan persamaan (2.3) diperoleh hasil perhitungan MAE untuk setiap metode defuzzifikasi yang disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Perhitungan Akurasi Prediksi Menggunakan MSE

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
1	V. D. B.	0,02	0,02	0	0	0
2	R.R.	0,01	0	0,2	0,8	0
3	Y. A. N.	0,01	0,01	0,02	0,2	0,01
4	M. B.	0,01	0	0,2	0,8	0
5	E. M.	0	0	0,01	0,2	0,05
6	A. F. F.	0,01	0,01	0,02	0,2	0,01
7	Y. A. L.	0	0	0	0	0
8	E. L.	0,01	0,01	0,05	0,2	0
9	K. T.	0	0	0	0	0
10	M. W. L.	0	0	0	0	0
11	M. T.	0,01	0	0,04	0,8	0,03
12	K. S.	0,01	0,01	0,05	0,2	0
13	O. L. F.	0	0	0,05	0,05	0,05
14	L. H.	0	0	0	0,04	0,04
15	M. A. S.	0	0	0,05	0,05	0,05
16	V. M. A. T.	0,01	0,01	0,02	0,2	0,01
17	G. N. M.	0	0	0,01	0,2	0,05
18	I. D. S. G.	0	0	0	0,03	0,03
19	M. H.	0,01	0,01	0,05	0,2	0
20	M. J. A.	0,01	0,01	0,02	0,2	0,01
MSE		0,10	0,06	0,80	4,37	0,33

Berdasarkan Tabel 3.5, metode defuzzifikasi dengan nilai akurasi terkecil adalah metode bisektor dengan nilai *error* prediksi sebesar 0,06.

- *Sum Square Error* (SSE)

Dengan menggunakan persamaan (2.4) diperoleh hasil perhitungan SSE untuk setiap metode defuzzifikasi yang disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Perhitungan Akurasi Prediksi Menggunakan SSE

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
1	V. D. B.	0,45	0,31	0	0	0
2	R.R.	0,14	0	4	16	0
3	Y. A. N.	0,11	0,1	0,38	4	0,23
4	M. B.	0,14	0	4	16	0
5	E. M.	0,07	0,07	0,27	4	0,92

No.	Pasien	Defuzzifikasi SPR Status Pre-eklampsia				
		Centroid	Bisektor	MOM	SOM	LOM
6	A. F. F.	0,12	0,1	0,42	4	0,16
7	Y. A. L.	0	0	0	0,01	0,01
8	E. L.	0,13	0,1	1	4	0
9	K. T.	0	0	0	0,06	0,06
10	M. W. L.	0	0	0	0	0
11	M. T.	0,12	0	0,83	16	0,64
12	K. S.	0,13	0,1	1	4	0
13	O. L. F.	0,1	0,01	1	1	1
14	L. H.	0,04	0,06	0	0,77	0,77
15	M. A. S.	0,1	0,01	1	1	1
16	V. M. A. T.	0,12	0,1	0,42	4	0,16
17	G. N. M.	0,07	0,06	0,27	4	0,92
18	I. D. S. G.	0,03	0,03	0	0,64	0,64
19	M. H.	0,13	0,1	1	4	0
20	M. J. A.	0,12	0,1	0,42	4	0,16
SSE		2,08	1,27	16,02	87,48	6,67

Berdasarkan Tabel 3.5, metode defuzzifikasi dengan nilai akurasi terkecil adalah metode bisektor dengan nilai *error* prediksi sebesar 1,27.

Rangkuman perhitungan kesalahan akurasi metode defuzzifikasi disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Rangkuman Perhitungan Akurasi Prediksi

No.	Metode Defuzzifikasi	Perhitungan Akurasi			
		MAPE (%)	MAE	MSE	SSE
1	<i>Centroid</i>	8,09	0,29	0,10	2,08
2	Bisektor	4,52	0,20	0,06	1,27
3	MOM.	21,65	0,68	0,80	16,02
4	SOM	41,67	1,70	4,37	87,48
5	LOM	15,67	0,42	0,33	6,67

Berdasarkan Tabel 3.7, metode defuzzifikasi terbaik dalam mengdiagnosa pre-eklampsia adalah metode Bisektor karena memiliki nilai kesalahan prediksi terendah untuk setiap ukuran prediksi (MAPE, MAE, MSE dan SSE). Selanjutnya diikuti oleh metode *Centroid*, metode LOM, metode MOM dan metode SOM.

3.3. Validasi

Setelah memperoleh metode defuzzifikasi terbaik, sama halnya dengan penelitian [22], didesain sistem diagnosa dengan bantuan *software* Matlab. Selanjutnya hasil diagnosa yang dihasilkan dari FIS Mamdani dengan defuzzifikasi bisektor dibandingkan dengan hasil diagnosa dari pakar (dokter). Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 3.8.

Dalam dunia medis hanya dikenal pre-eklampsia berat saja dan tidak terdapat pembagian pre-eklampsia berat tipe I dan tipe II. Hal ini hanya dibuat untuk kepentingan kombinasi aturan pada tahap inferencing (*rule base*) jadi walaupun pada keputusan diagnosis sistem dituliskan PEB I dan PEB II, namun keduanya tidak memiliki perbedaan, baik pada pemeriksaan lanjutan ataupun pengobatan.

Data pasien nomor urut 2 dengan inisial R.R. memiliki dua kemungkinan diagnosis, yaitu PEB atau NPE. Pasien dengan keadaan seperti ini akan didiagnosis PEB jika selain hasil screening ini, terdapat salah satu gejala seperti nyeri kepala, muntah atau pandangan kabur. Jika pasien tidak memiliki gejala yang dimaksud maka pasien didiagnosa sebagai NPE. Untuk kasus seperti ini sebaiknya perlu dikonsultasikan lebih lanjut dengan dokter. Sementara untuk data pasien nomor urut 13 dan 15 merupakan contoh kasus yang bukan merupakan kasus pre-eklampsia.

Tabel 3.8: Perbandingan Hasil Diagnosa Pakar dan Sistem berdasarkan Penggunaan Metode Defuzzifikasi Bisektor

No.	Pasien	Pemeriksaan		Hasil Diagnosa		Validasi (Sesuai / Tidak Sesuai)
		Tekanan Darah (mmHg)	Proteinuria	Pakar	Sistem	
1	V. D. B.	140/90	+1	PE	PE	Sesuai
2	R.R.	162/80	-	PEB II	PEB II	Sesuai
3	Y. A. N.	155/111	+3	PEB I	PEB I	Sesuai
4	M. B.	183/110	+1	PEB II	PEB II	Sesuai
5	E. M.	150/100	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
6	A. F. F.	156/94	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
7	Y. A. L.	141/95	+3	PEB I	PEB I	Sesuai
8	E. L.	200/120	+3	PEB II	PEB II	Sesuai
9	K. T.	143/83	+3	PEB I	PEB I	Sesuai
10	M. W. L.	140/90	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
11	M. T.	156/107	+1	PE	PE	Sesuai
12	K. S.	200/140	+2	PEB II	PEB II	Sesuai
13	O. L. F.	110/70	+2	NPE	NPE	Sesuai
14	L. H.	149/95	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
15	M. A. S.	107/74	-	NPE	NPE	Sesuai
16	V. M. A. T.	156/104	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
17	G. N. M.	150/100	+2	PEB I	PEB I	Sesuaie
18	I. D. S. G.	148/106	+2	PEB I	PEB I	Sesuai
19	M. H.	165/97	+3	PEB II	PEB II	Sesuai
20	M. J. A.	156/95	+2	PEB I	PEB I	Sesuai

Berdasarkan Tabel 3.8, perbandingan ke-20 data menunjukkan hasil yang sesuai antara keputusan pakar dan keputusan sistem diagnosis dengan FIS Mamdani dengan defuzzifikasi bisektor. Hal ini cukup beralasan karena berdasarkan penelitian [22] yang menggunakan metode defuzzifikasi *centroid* menghasilkan hasil yang serupa. Berdasarkan hasil perbandingan akurasi prediksi terhadap SPR status pre-eklampsia pada Tabel 3.7, diperoleh bahwa ketelitian metode *centroid* sebesar 91,91% yang lebih rendah dari ketelitian metode bisektor sebesar 95,48%. Jika hasil diagnosa dengan metode defuzzifikasi *centroid* sesuai dengan diagnosa pakar maka hasil diagnosa dengan metode defuzzifikasi bisektor yang memiliki ketelitian lebih besar dari metode defuzzifikasi *centroid* juga pasti sesuai dengan diagnosa dokter. Hal ini juga sejalan dengan pernyataan [27] bahwa kemampuan prediksi suatu metode dikatakan sangat baik jika memiliki MAPE kurang dari 10%. Artinya sistem diagnosis tersebut dapat digunakan untuk membantu tim medis ataupun masyarakat awam dalam mendeteksi pre-eklampsia sedini mungkin sehingga dapat mencegah pre-eklampsia berat dan eklampsia yang dapat menyebabkan kematian.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan kesalahan prediksi, metode defuzzifikasi terbaik untuk mendiagnosa status pre-eklampsia adalah metode bisektor dengan ketelitian sebesar 95,48%. Selain metode bisektor, dapat juga digunakan metode *centroid* karena kedua metode memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dari 10%.

Sistem diagnosis pre-eklampsia berdasarkan input tekanan darah dan proteinuria, yang didesain dengan menggunakan FIS Mamdani menunjukkan hasil yang sesuai dengan diagnosis pakar (dokter). Sistem yang dibangun masih menggunakan *toolbox* Matlab sehingga selanjutnya perlu dirancang *Graphical User Interface* (GUI) dari sistem tersebut agar lebih mudah digunakan oleh petugas medis ataupun masyarakat awam.

Ucapan Terimakasih

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Timor yang telah memberikan dukungan pendanaan dengan nomor kontrak: 01/UN60.6/PP/2022 sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan sangat baik, serta bagi pihak RSUD Kefamenanu dan RSUD Atambua yang telah sangat membantu dalam pengumpulan data pasien pre-eklampsia.

Referensi

- [1] S. Bardja, "Faktor Risiko Kejadian Preeklampsia Berat/Eklampsia pada Ibu Hamil," *EMBRIO: Jurnal Kebidanan*, vol. 12, no. 1, pp. 18–30, 2020.
- [2] M. Nassa, "Analisis Program Revolusi Kesehatan Ibu dan Anak dan Dampaknya Terhadap Penurunan Angka Kematian Ibu dan Bayi," *In Prosiding UGM Public Health Symposium*, 2018.
- [3] E. D. Yogi, Hariyanto, and E. Sonbay, "Hubungan Antara Usia dengan Preeklampsia Pada Ibu Hamil di POLI KIA RSUD Kefamenanukabupaten Timor Tengah Utara," *Jurnal Delima Harapan*, vol. 3, no. 2, pp. 10–19, 2014.
- [4] N. Muhani and Besral, "Pre-eklampsia Berat dan Kematian Ibu," *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, vol. 10, no. 2, pp. 80–86, 2015.
- [5] I. K. Lindayani, "Skrining Pre Eklampsia," *Jurnal Ilmiah Kebidanan*, vol. 6, no. 1, pp. 47–52, 2018.
- [6] Z. Niswati, A. Paramita, and F. A. Mustika, "Aplikasi Fuzzy Logic dalam Diagnosa Penyakit Diabetes Mellitus pada PUSKESMAS di Jakarta Timur," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 3, pp. 21–30, 2016.
- [7] H. Nizar, A. S. Shafira, J. Aufaresa, M. A. Awliya, and U. Athiyah, "Perbandingan Metode Logika Fuzzy Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes," *Explore: Jurnal Sistem informasi dan telematika*, vol. 12, no. 1, pp. 37–41, 2021.
- [8] M. I. Ukkas, S. Palupi, and I. Pradiba, "Sistem Pakar Diagnosa Jenis-Jenis Penyakit Demam Panas Pada Balita dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web," *Jurnal SEBATIK*, vol. 12, no. 1, pp. 24–30, 2014.
- [9] R. S. Wardani, "Aplikasi Sistem Fuzzy untuk Diagnosa Penyakit Jantung Koroner (Coronary Heart Disease)," *Skripsi Program Studi Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*, 2014.
- [10] M. Yunus, "Penerapan Fuzzy Expert System untuk Diagnosa Penyakit Telinga, Hidung dan Tenggorokan (THT)," *Jurnal Matrik*, vol. 15, no. 1, pp. 51–53, 2017.
- [11] S. N. Rizki and A. Maulana, "Artificial Intellegence Untuk Mendeteksi Penyakit Kelenjar Getah Bening (Lymphadenopathy) Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) di Kota Batam," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 54–61, 2018.
- [12] P. A. Putra, I. K. A. Purnawan, and D. P. S. Putri, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata dengan Fuzzy Logic dan Naïve Bayes," *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 35–46, 2018.
- [13] U. Athiyah, F. C. D. P. Rosyadi, R. A. Saputra, H. D. Hekmatyar, T. A. Satrio, and A. I. Perdana, "Diagnosa Resiko Penyakit Jantung Menggunakan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto," *Jurnal Ilmiah Rekam Medis dan Informatika Kesehatan*, vol. 11, no. 1, pp. 31–40, 2021.
- [14] I. Kasee and M. I. Hasanuddin, "Diagnosa Penyakit Tropis Berbasis Logika Fuzzy Dengan Metode Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic 6.0," *Jurnal MSA (Matematika dan Statistika serta Aplikasinya)*, vol. 3, no. 1, pp. 61–65, 2015.
- [15] L. S. Setiawati, I. Budiman, and O. Soesanto, "Penerapan Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno-Kang pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi," *Jurnal Ilmiah KLIK (Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2016.

- [16] R. Rusliyawati, A. Wantoro, and E. R. Susanto, "Penerapan Logika Fuzzy dan Metode Profile Matching Pada Sistem Pakar Medis untuk Diagnosis Covid-19 dan Penyakit Lain," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 5, pp. 1075–1082, 2022.
- [17] R. Ricardo, "Sistem Pakar Diagnosa Vitiligo Menerapkan Metode Fuzzy Sugeno," *Jurnal KLIK (Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer)*, vol. 1, no. 6, pp. 253–256, 2021.
- [18] S. Rochana, A. KKW, and Y. R. W. Utami, "Implementasi Fuzzy Logic dalam Sistem Pakar untuk Mendeteksi Penyakit Kanker Serviks," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 15, no. 1, pp. 27–38, 2017.
- [19] N. Novianti, D. Pribadi, and R. A. Saputra, "Sistem Pakar Diagnosa Pulmonary TB Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 228–236, 2018.
- [20] M. Muzarafah and M. Marlina, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Diagnosa Virus Penyebab Penyakit Pada Kucing," *Jurnal Sintaks Logika*, vol. 2, no. 3, pp. 23–30, 2022.
- [21] G. Arji, H. Ahmadi, M. Nilashi, T. A. Rashid, O. H. Ahmed, N. Aljojo, and A. Zainol, "Fuzzy logic approach for infectious disease diagnosis: A methodical evaluation, literature and classification," *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 39, no. 4, pp. 937–955, 2019.
- [22] G. S. Mada, M. J. E. Naibili, S. S. Manek, and E. D. Mau, "Application of Mamdani's Fuzzy Inference System in the Diagnosis of Pre-eclampsia," *Jurnal Varian*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, 2023.
- [23] S. S. Manek, G. S. Mada, and Y. P. Kelen, "Pre-eclampsia Diagnosis Expert System Using Fuzzy Inference System Mamdani," *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, vol. 20, no. 2, pp. 80–88, 2023.
- [24] G. S. Mada, M. Lobo, and R. M. Pangaribuan, "Analisis Perbandingan Fuzzy Inference System Mamdani dan Fuzzy Inference System Tsukamoto dalam Penentuan Jumlah Produksi pada UD. Batako "Cabang Farmasi" Kupang," *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universiats Timor*, pp. 91–100, 2021.
- [25] S. Neonbeni, G. S. Mada, and F. M. A. Blegur, "Analisis Perbandingan Metode Defuzzifikasi Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Penentuan Produksi Tua Kolo (Sopi Timor) 45% Pada Pabrik Sane Up-Ana Kefamenanu," *Jurnal Sainstek Lahan Kering*, vol. 5, pp. 34–39, Jan. 2023.
- [26] G. S. Mada, N. K. F. Dethan, and A. E. S. H. Maharani, "The Defuzzification Methods Comparison of Mamdani Fuzzy Inference System in Predicting Tofu Production," *Jurnal Varian*, vol. 5, no. 2, pp. 137–148, 2022.
- [27] U. Azmi, Z. N. Hadi, and S. Soraya, "ARDL METHOD: Forecasting Data Curah Hujan Harian NTB," *Jurnal Varian*, vol. 3, no. 2, pp. 73–82, 2020.

Format Sitasi IEEE:

D. Y. Br. K. Teti, G. S. Mada, N. K. F. Dethan, L. F. Obe, "Penentuan Metode Defuzzifikasi Terbaik Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Diagnosa Pre-eclampsia Pada Ibu Hamil", *Jurnal Diferensial*, vol. 6(1), pp. 78-90, 2024.

This work is licensed under a [Creative Commons "Attribution-ShareAlike 4.0 International"](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

