

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY MAMDANI PADA PREDIKSI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA
PROVINSI KEP. BANGKA BELITUNG TAHUN 2010-2023

Baiq Desy Aniska Prayanti*

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

Adam Indra Sakti¹, Nikken Halim², Khilma Luthfiyaturrohmah³, Agnes Pramita⁴^{1,2,3,4} Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

*Corresponding author: baiq-desy@ubb.ac.id

Abstrak

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan gambaran komprehensif mengenai tingkat pembangunan manusia di suatu daerah, sebagai dampak dari kegiatan pembangunan yang dilakukan di daerah tersebut. Ada tiga dimensi dasar sebagai acuan untuk mengukur Indeks Pembangunan Manusia yaitu meliputi umur yang panjang dan hidup yang sehat, pengetahuan, dan standar hidup yang layak. Logika fuzzy adalah salah satu sistem pendukung keputusan yang dapat diimplementasikan untuk permasalahan ketidakpastian. Tujuan penelitian ini ialah mengimplementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan memperoleh hasil akurasi dari implementasi tersebut. Variabel penelitian yang digunakan yaitu umur harapan hidup, rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah dan pengeluaran per kapita. Penelitian ini akan dilakukan dengan bantuan *software* Matlab. Berdasarkan hasil implementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi IPM diperoleh nilai MAPE sebesar 1,220379% yang berarti memiliki nilai kebenaran sebesar 98,77962%. Hal ini menunjukkan bahwa logika fuzzy metode Mamdani baik digunakan untuk memprediksi IPM di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Kata Kunci: Logika Fuzzy, Mamdani, IPM.

Abstract

The Human Development Index is a comprehensive picture of the level of human development in a region, as the impact of development activities carried out in that region. There are three basic dimensions as a benchmark for measuring the Human Development Index that covers longevity and healthy living, knowledge, and a decent standard of living. Fuzzy logic is one of the decision support systems that can be implemented for uncertainty issues. The aim of this research is to implement the fuzzy logic of the Mamdani method on the Human Development Index (HDI) prediction and obtain accurate results from such implementation. The research variables used were life expectancy, average school age, school age expectation and per capita expenditure. This research will be done with the help of Matlab software. Based on the implementation of the fuzzy logic of the Mamdani method on the IPM prediction, the MAPE value is obtained with an average of 0.087169912% which means that it has a true value of 99.91283009%. This shows that the Fuzzy Logic of Mamdani's method is well used to predict IPM in the Bangka Belitung Islands Province.

Keywords: Fuzzy Logic, Mamdani, The Human Development Index.

PENDAHULUAN

Dalam upaya peningkatan pembangunan ekonomi suatu negara, pemerintah melakukan peningkatan pembangunan manusia yang mana pembangunan manusia merupakan suatu dasar dalam pembangunan ekonomi sebuah negara (Hal et al., 2022). Pembangunan manusia merupakan salah satu indikator bagi kemajuan suatu wilayah. Pencapaian pembangunan tidak terlepas dari kualitas manusia disuatu wilayah (Arafat et al., 2020). Untuk melihat sejauh mana keberhasilan pembangunan manusia *United Development*

Programme (UNDP) telah mengeluarkan suatu indikator yaitu *Human Development Index* atau Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan gambaran komprehensif mengenai tingkat pembangunan manusia di suatu daerah, sebagai dampak dari kegiatan pembangunan yang dilakukan di daerah tersebut. Perkembangan angka IPM, memberikan indikasi peningkatan atau penurunan kinerja pembangunan manusia pada suatu daerah (Badan Pusat Statistik (BPS), 2017).

IPM Negara Indonesia untuk tahun 2019 adalah 71,92 yang memposisikan Indonesia dalam kategori pembangunan manusia yang tinggi. Peningkatan

IPM Indonesia berada di peringkat 6 ASEAN dan 111 di dunia dari 189 negara. IPM Indonesia mengalami peningkatan dari tahun 2017-2019. Peningkatan IPM juga diikuti seluruh Provinsi di Indonesia. Namun jika dilihat dari 34 Provinsi IPM di Indonesia mengalami perbedaan yang signifikan. Persebaran laju persentase IPM di Indonesia belum merata. DKI Jakarta merupakan satu-satunya Provinsi yang memiliki IPM yang berstatus “sangat tinggi” yaitu sebesar 80,76 persen pada tahun 2019 (BPS, 2022). Sementara terdapat 22 Provinsi yang berada pada status “tinggi”. Sedangkan Provinsi dengan status “sedang” atau berada dibawah indeks 70 berjumlah 11 Provinsi. Dilihat menurut provinsi, IPM tertinggi dicapai oleh Provinsi DKI Jakarta yakni sebesar 81,65. Sementara provinsi dengan capaian IPM terendah adalah Provinsi Papua sebesar 61,39. Meskipun IPM Indonesia mengalami peningkatan, namun masih terdapat perbedaan yang signifikan antar provinsi.

Ada tiga dimensi dasar sebagai acuan untuk mengukur Indeks Pembangunan Manusia yaitu meliputi umur yang panjang dan hidup yang sehat, pengetahuan, dan standar hidup yang layak (Ahmadi, 2024). Dari ketiga dimensi tersebut. Dimensi pengetahuan diukur dengan indikator Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Harapan Lama Sekolah (HLS). Rata-rata Lama Sekolah (RLS) merupakan rata-rata lamanya penduduk usia 25 tahun ke atas dalam menjalani pendidikan formal. Indikator RLS dalam metode baru menggunakan referensi penduduk usia 25 tahun ke atas dengan pertimbangan telah menyelesaikan masa belajar. Sementara Harapan Lama Sekolah (HLS) adalah lamanya sekolah formal yang diharapkan akan dirasakan oleh anak pada umur tertentu di masa mendatang. Angka harapan lama sekolah dihitung untuk penduduk berusia 7 tahun ke atas. Dimensi standar hidup layak diukur menggunakan indikator Produk Nasional Bruto (PNB) per kapita (untuk level daerah menggunakan indikator pengeluaran per kapita disesuaikan. Selain itu, dalam IPM metode baru juga dilakukan penyempurnaan pada metode agregasinya, yang semula menggunakan rata-rata hitung (aritmatik) diubah menjadi rata-rata ukur (geometrik). IPM merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengukur pencapaian pembangunan manusia di suatu wilayah. Menurut UNDP (*United Nation Development Program*), IPM dinilai mampu mengukur dimensi pokok dari pembangunan manusia. Tidak

meratanya IPM antar provinsi menunjukkan bahwa tidak meratanya tingkat kesejahteraan masyarakat. Demikian pula, masih belum naiknya tingkat IPM di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung Rendahnya tingkat kesejahteraan menggambarkan bahwa pembangunan belum tercapai sehingga diperlukan analisis lebih lanjut. Atas dasar tersebut, maka penelitian ini akan menganalisis pengaruh indikator yang digunakan untuk mengukur terhadap IPM di Indonesia yakni umur harapan hidup, harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita.

Penelitian ini menggunakan Logika Fuzzy metode Mamdani sebagai sistem pendukung keputusan yang terkait dengan prediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) kedepannya. Logika berarti penalaran dan fuzzy berarti samar, dapat disimpulkan bahwa logika fuzzy adalah penalaran yang samar yang dikenal sebagai metode Min-Max. Metode Mamdani sering digunakan untuk penelitian sistem pengambilan keputusan. Metode Mamdani ini memiliki keunikan yaitu penilaian didapatkan dari derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan meliputi nilai suatu variabel berdasarkan tingkat linguistiknya (Zulfa et al., 2022). Adapun faktor-faktor yang diperhatikan dalam menentukan IPM di Provinsi Bangka Belitung yaitu umur harapan hidup, harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita (Pratama & Gischa, 2020). umur harapan hidup, harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita diprediksi pada periode berikutnya, dan hasil dari prediksi tersebut digunakan sebagai variabel input untuk proses Fuzzy Mamdani hingga didapatkan hasil prediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai variabel outputnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan Logika Fuzzy metode Mamdani dalam pengambilan keputusan berkaitan dengan prediksi Indeks Pembangunan Manusia yang diharapkan dapat bermanfaat pada pemerintah untuk menaikkan angka Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia khususnya Provinsi Bangka Belitung.

KAJIAN TEORI

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Yusuf Mappede tentang Penentuan Laptop Bekas yang Berkualitas untuk Dunia Pendidikan dengan Metode Fuzzy Mamdani pada tahun 2022 Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan penelitian mengenai Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Menentukan Harga Jual Laptop Bekas dengan bantuan software *matlab*, dengan input kondisi dan harga pasaran, serta output harga jual, setelah dibuat aturan fuzzy dan dilakukan proses *defuzzifikasi*, dapat diambil kesimpulan bahwa metode fuzzy Mamdani dapat diterapkan dalam menentukan harga jual laptop bekas dengan variabel output adalah harga jual laptop bekas, serta variabel inputnya, yaitu kondisi laptop bekas, harga pasaran laptop berdasar merk, dan kelengkapan laptop bekas.

METODE (GUNAKAN STYLE SECTION)

Metode Fuzzy Mamdani, dikembangkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, merupakan suatu teknik dalam logika fuzzy yang digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan. Metode ini melibatkan beberapa poin kunci yang mencakup variabel fuzzy, himpunan fuzzy, aturan fuzzy, fungsi implikasi, fungsi agregasi, dan proses defuzzifikasi (Yulianti & Wijaya, 2014). Variabel fuzzy digunakan dalam metode ini untuk merepresentasikan konsep yang sulit diukur atau didefinisikan dengan tepat, memungkinkan adanya derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy didefinisikan untuk menggambarkan sejauh mana suatu nilai masuk termasuk dalam suatu kategori, seperti "rendah," "sedang," atau "tinggi." Metode Mamdani bergantung pada aturan fuzzy yang menghubungkan kondisi input dengan tindakan output, umumnya dinyatakan dalam bentuk "jika... maka..." dengan implikasi fuzzy yang mendeskripsikan konsekuensi dari kondisi input. Fungsi implikasi digunakan untuk mengonversi derajat keanggotaan input ke derajat keanggotaan output, sering kali menggunakan implikasi minimum (Friska Narulita & Ahmad, 2024).

Prosedur penelitian menggunakan pendekatan statistik yaitu metode fuzzy jenis mamdani sebagai

sistem pendukung keputusannya sebagai berikut (Simanjuntak & Fauzi, 2017):

Membuat himpunan Fuzzy untuk mengubah data input yang berupa data pasti (crisp input) menjadi bentuk fuzzy (fuzzy input).

Fuzzifikasi: melalui himpunan fuzzy, didapatkan α -predikat dari masing-masing linguistik yang merupakan fuzzy input yang selanjutnya akan diproses pada tahap inferensi.

Inferensi: pada tahap ini akan dilakukan evaluasi pada tiap aturan untuk mendapatkan output fuzzy. Pada metode Mamdani, output fuzzy merupakan himpunan fuzzy yang diperoleh dari fungsi implikasi MIN dan MAX.

Defuzzifikasi: output fuzzy akan diubah menjadi output yang bernilai tegas atau pasti (crisp output). Pada metode Mamdani proses defuzzifikasi menggunakan metode Centroid dengan rumus :

$$z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \tag{1}$$

dengan z^* : nilai hasil penegasan;

z : nilai domain ke- i ;

dan $\mu(z)$: derajat keanggotaan titik.

Didapatkan hasil prediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dari proses defuzzifikasi.

MAPE merupakan pengukuran nilai kesalahan (error) yang dihitung menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode. Nilai error didapat dengan mengurangi data aktual dan nilai peramalan. Dalam mengevaluasi peramalan yaitu dengan melakukan perbandingan antara hasil prediksi dan kenyataan yang terjadi (Yulianti & Wijaya, 2014).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%}{n} \tag{2}$$

Keterangan:

X_i = Data aktual pada periode- i

F_i = Nilai peramalan pada periode- i

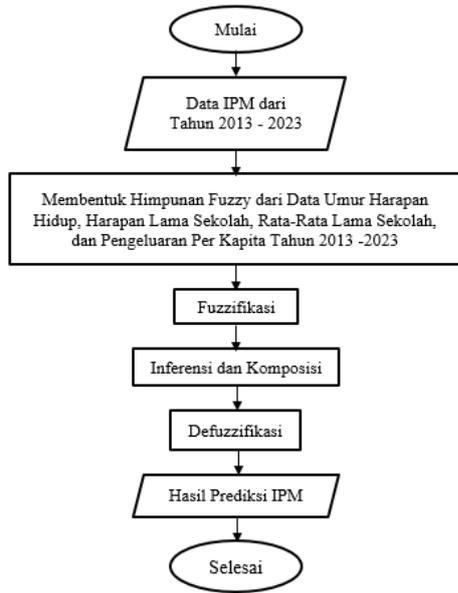
n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

Interpretasi nilai MAPE dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Nilai MAPE

MAPE(%)	Interpretasi
<10	Peramalan yang sangat akurat
10-20	Peramalan yang baik
20-50	Peramalan yang masuk akal
>59	Peramalan tidak akurat

Adapun alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM seperti umur harapan hidup, pendapatan per kapita, harapan lama sekolah, dan rata-rata lama sekolah, tahun 2010 sampai dengan 2023 di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 2. Data IPM

Tahun	Umur Harapan Hidup	Pengeluaran per Kapita	Harapan Lama Sekolah	Rata-rata Lama Sekolah	IPM
2010	69.15	10707	10.48	7.07	66.02
2011	69.31	10808	10.7	7.19	66.59
2012	69.48	11218	10.79	7.25	67.21
2013	69.64	11657	10.96	7.32	67.92
2014	69.72	11691	11.18	7.35	68.27
2015	69.88	11781	11.6	7.46	69.05
2016	69.92	11960	11.71	7.62	69.55
2017	69.95	12006	11.83	7.78	69.99
2018	70.18	12666	11.87	7.84	70.67
2019	70.5	12959	11.94	7.98	71.3
2020	70.64	12794	12.05	8.06	71.47
2021	70.73	12189	12.17	8.08	71.69
2022	70.98	13358	12.18	8.11	72.24
2023	71.23	13589	12.31	8.25	72.85

STATISTIK DESKRIPTIF

Berdasarkan tabel 1 diperoleh hasil perhitungan statistik deskriptif yang disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Statistik deskriptif

	Umur Harapan Hidup	Pengeluaran per Kapita	Harapan Lama Sekolah	Rata-rata Lama Sekolah	IPM
Minimum	69,15	10707	10,48	7,01	66,02
Maksimum	71,23	13589	10,79	8,25	72,85
Mean	700,936	120987,857	878,557	76,686	696,30
Standar Deviasi	0,63706	88703,579	28527,152	0,39473	218,48
Varian	0,406	786832,489	81379,843	0,156	4,774

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat hasil perhitungan statistik deskriptif yang terdiri dari minimum, maksimum, mean, standar deviasi, dan varian dari masing-masing data

PENDEFINISIAN VARIABEL

Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Variabel input terdiri dari variabel umur harapan hidup, pendapatan per kapita, harapan lama sekolah, dan rata-rata lama sekolah.
- Variabel output terdiri dari variabel IPM.

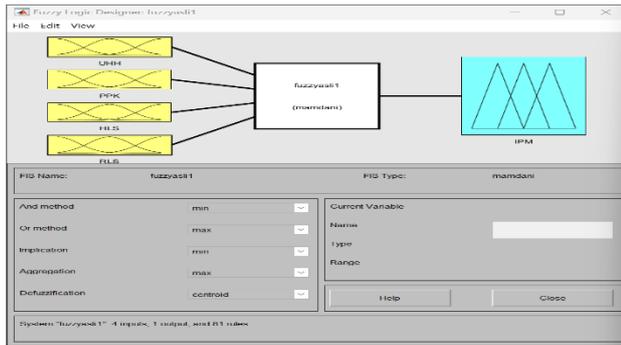
PENENTUAN SEMESTA PEMBICARAAN DAN PEMBENTUKAN HIMPUNAN FUZZY

Semesta pembicaraan pada penelitian ini diperoleh dengan melihat kriteria nasional menurut Badan Pusat Statistik Indonesia. Sedangkan pembentukan himpunan *fuzzy* bertujuan untuk mendefinisikan nilai-nilai input yang tegas menjadi bentuk *fuzzy*. Adapun semesta pembicaraan dan himpunan fuzzy dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Semesta Pembicaraan dari Himpunan Fuzzy

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Umur Harapan Hidup	Rendah	[20 - 85]	[20 - 45]
		Sedang		[40 - 65]
		Tinggi		[60 - 85]
	Pengeluaran Perkapita	Rendah	[1000 - 26000]	[1000-13500]
		Sedang		[7250 -19750]
		Tinggi		[13500-26000]
	Harapan Lama Sekolah	Rendah	[0 - 18]	[0 - 9]
		Sedang		[6 - 12]
		Tinggi		[9- 18]
	Rata-rata Lama Sekolah	Rendah	[0 - 15]	[0 - 5]
		Sedang		[5 - 10]
		Tinggi		[7- 15]
Output	IPM	Rendah	[60 - 80]	[60 - 70]
		Sedang		[65 - 75]
		Tinggi		[70 - 80]

PEMBENTUKAN FUNGSI KEANGGOTAAN



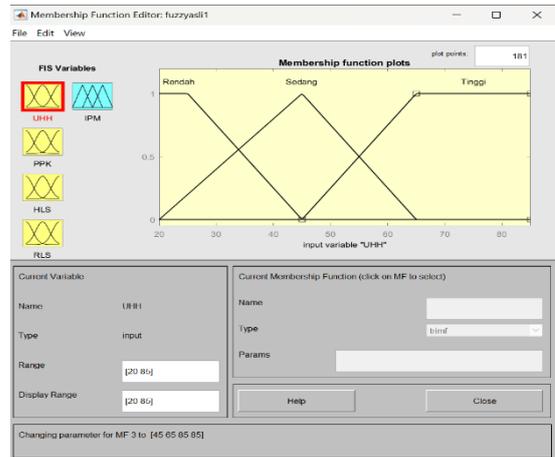
Gambar 2. Tampilan Awal *Membership Function* Input dan Output

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa Sistem Inferensi *Fuzzy* yang digunakan adalah Mamdani. Untuk fungsi Implikasi yang digunakan yaitu fungsi minimum, komposisi aturannya menggunakan fungsi maksimum, sedangkan defuzzifikasinya menggunakan metode *centroid*. Pada penelitian ini terdapat 4 *inputs*, 1 *output*, dan 81 *rules*. Selanjutnya menentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing *input* dan *output fuzzy* yang diperoleh dari tipe dan parameter masing-masing variabel Himpunan *Fuzzy* dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

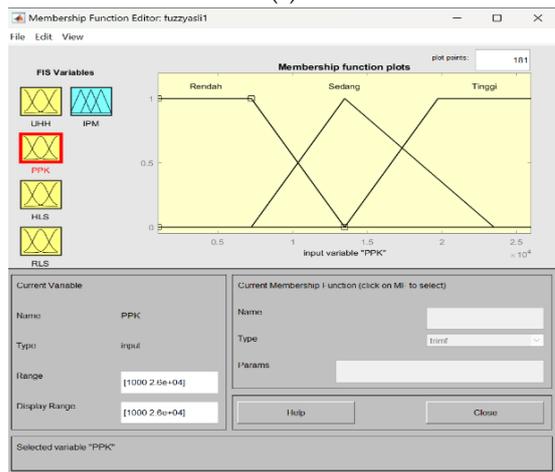
Tabel 5. Tipe dan Parameter Variabel Himpunan *Fuzzy*

Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Tipe	Parameter
Umur Harapan Hidup	Rendah	Trapmf	[0 0 25 40]
	Sedang	Trimf	[20 45 65]
	Tinggi	Trafmf	[45 65 85 85]
Pengeluaran per Kapita	Rendah	Trapmf	[1000 1000 7250 13500]
	Sedang	Trimf	[7250 13500 19750]
	Tinggi	Trafmf	[13500 19750 26000 26000]
Harapan Lama Sekolah	Rendah	Trapmf	[0 0 6 9]
	Sedang	Trimf	[6 9 12]
	Tinggi	Trafmf	[9 12 18 18]
Rata-rata Lama Sekolah	Rendah	Trapmf	[0 0 5 7]
	Sedang	Trimf	[5 7 10]
	Tinggi	Trafmf	[7 10 15 15]
IPM	Rendah	Trapmf	[60 60 65 70]
	Sedang	Trimf	[65 70 75]
	Tinggi	Trafmf	[70 75 80 80]

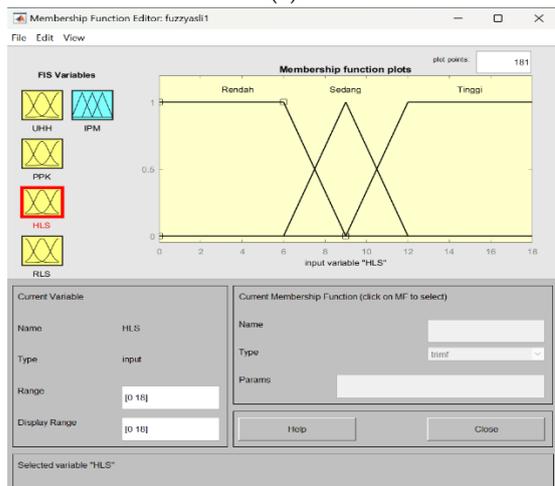
Berdasarkan tipe dan parameter masing-masing variabel himpunan *fuzzy* di tabel 4 akan disajikan *membership functin plots* yang dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



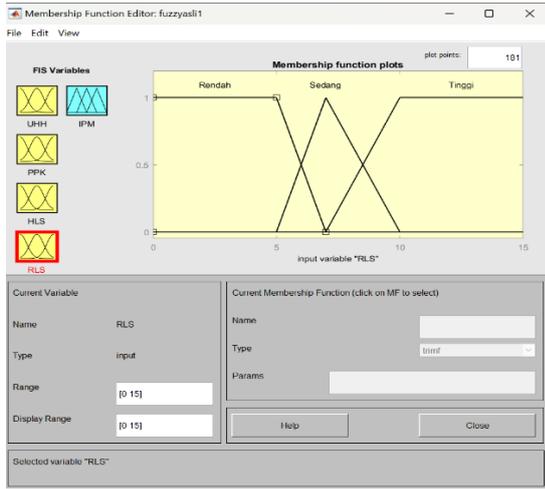
(a)



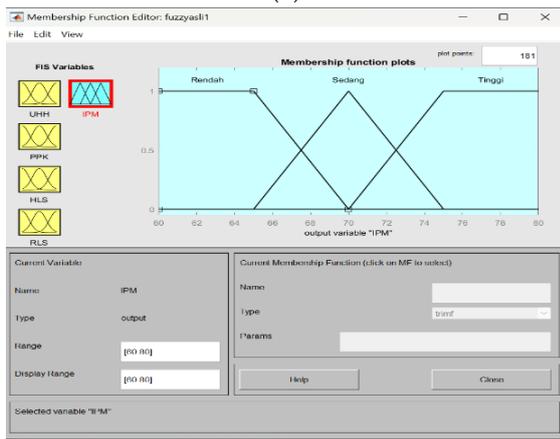
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 3. Membership Function dalam Matlab (a) Umur harapan hidup, (b) Pengeluaran per Kapita, (c) Harapan Lama Hidup, (d) Rata-rata Lama Sekolah, dan (e) IPM

Perhitungan untuk fungsi keanggotaan masing-masing variabel:

1. UMH (Umur Harapan Hidup)

Fungsi keanggotaan UMH sebagai berikut:

$$\mu_{UMH \text{ rendah}}(x) = \begin{cases} 0; x \geq 45 \\ \frac{45-x}{45-25}; 25 \leq x \leq 45 \\ 1; x \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{UMH \text{ sedang}}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 25 \\ x \geq 65 \\ \frac{x-25}{45-25}; 25 \leq x \leq 45 \\ \frac{45-x}{45-25}; 45 \leq x \leq 65 \\ 1; x = 45 \end{cases}$$

$$\mu_{UMH \text{ tinggi}}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 45 \\ \frac{x-45}{65-45}; 45 \leq x \leq 65 \\ 1; x \geq 65 \end{cases}$$

2. HLS (Harapan Lama Sekolah)

Fungsi keanggotaan HLS sebagai berikut:

$$\mu_{HLS \text{ rendah}}(y) = \begin{cases} 0; y \geq 9 \\ \frac{9-y}{9-6}; 6 \leq y \leq 9 \\ 1; y \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{HLS \text{ sedang}}(y) = \begin{cases} 0; y \leq 6 \\ y \geq 9 \\ \frac{y-6}{9-6}; 6 \leq y \leq 9 \\ \frac{12-y}{12-9}; 9 \leq y \leq 12 \\ 1; y = 9 \end{cases}$$

$$\mu_{HLS \text{ tinggi}}(y) = \begin{cases} 0; y \leq 9 \\ \frac{y-9}{12-9}; 9 \leq y \leq 12 \\ 1; y \geq 12 \end{cases}$$

3. RLS (Rata-Rata Lama Sekolah)

Fungsi keanggotaan RLS sebagai berikut:

$$\mu_{RLS \text{ rendah}}(z) = \begin{cases} 0; z \geq 7 \\ \frac{7-z}{7-5}; 5 \leq z \leq 7 \\ 1; z \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{RLS \text{ sedang}}(z) = \begin{cases} 0; z \leq 5 \\ z \geq 10 \\ \frac{z-5}{7-5}; 5 \leq z \leq 7 \\ \frac{10-z}{10-7}; 7 \leq z \leq 10 \\ 1; z = 7 \end{cases}$$

$$\mu_{RLS \text{ tinggi}}(z) = \begin{cases} 0; z \leq 7 \\ \frac{z-7}{10-7}; 7 \leq z \leq 10 \\ 1; z \geq 10 \end{cases}$$

4. PPK (Pengeluaran per Kapita)

Fungsi keanggotaan PPK sebagai berikut:

$$\mu_{PPK \text{ rendah}}(w) = \begin{cases} 0; w \geq 13500 \\ \frac{13500-w}{13500-7250}; 7250 \leq w \leq 13500 \\ 1; w \leq 7250 \end{cases}$$

$$\mu_{PPK \text{ sedang}}(w) = \begin{cases} 0; w \leq 7250 \\ w \geq 13500 \\ \frac{w-7250}{13500-7250}; 7250 \leq w \leq 13500 \\ \frac{20000-w}{20000-13500}; 13500 \leq w \leq 20000 \\ 1; w = 13500 \end{cases}$$

$$\mu_{PPK \text{ tinggi}}(w) = \begin{cases} 0; w \leq 13500 \\ \frac{w-20000}{20000-13500}; 13500 \leq w \leq 20000 \\ 1; w \geq 20000 \end{cases}$$

5. IPM (Indeks Pembangunan Manusia)

Fungsi keanggotaan IPM sebagai berikut:

$$\mu_{IPM \text{ rendah}}(v) = \begin{cases} 0; v \geq 70 \\ \frac{70-v}{70-65}; 65 \leq v \leq 70 \\ 1; v \leq 65 \end{cases}$$

$$\mu_{IPM \text{ sedang}}(v) = \begin{cases} 0; v \leq 65 \\ v \geq 75 \\ \frac{v-70}{70-65}; 65 \leq v \leq 70 \\ \frac{75-v}{75-70}; 70 \leq v \leq 75 \\ 1; v = 13500 \end{cases}$$

$$\mu_{IPM \text{ tinggi}}(v) = \begin{cases} 0; v \leq 70 \\ \frac{v-70}{75-70}; 70 \leq v \leq 75 \\ 1; v \geq 75 \end{cases}$$

PEMBENTUKAN ATURAN DASAR FUZZY PADA RULE EDITOR

Pada tahap ini akan dilakukan pembentukan aturan logika fuzzy dengan menggunakan model sebagai berikut:

IF (X₁ is A₁) o (X₂ is A₂) o (X₃ is A₃) o... o (X_{an} is A_{an}) THEN y is B

Berdasarkan empat variabel input masing-masing memiliki tiga himpunan fuzzy, sehingga diperoleh 81 komposisi aturan yang mencakup kombinasi Umur Harapan Hidup, Harapan Lama Sekolah, Rata-rata Lama Sekolah, dan Pengeluaran per Kapita. Setiap aturan dibentuk dengan menggunakan fungsi minimum pada aplikasi fungsi implikasinya dan pada komposisi aturannya menggunakan fungsi maksimum seperti yang diperlihatkan sebagai berikut.

[R1] IF UHH RENDAH and PPK RENDAH and HLS RENDAH and RLS RENDAH then IPM RENDAH

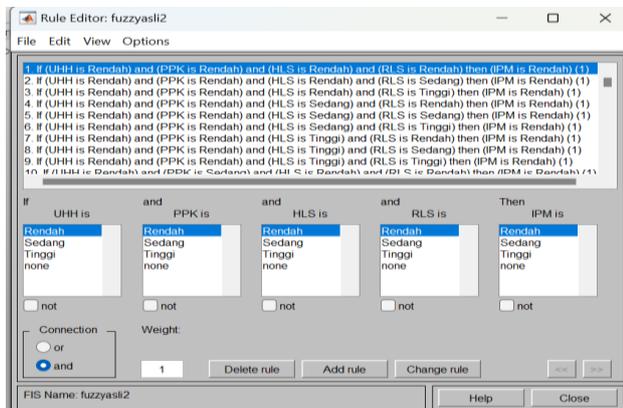
[R2] IF UHH RENDAH and PPK RENDAH and HLS RENDAH and RLS SEDANG then IPM RENDAH

[R3] IF UHH RENDAH and PPK RENDAH and HLS RENDAH and RLS TINGGI then IPM RENDAH
⋮

[R80] IF UHH TINGGI and PPK TINGGI and HLS TINGGI and RLS SEDANG then IPM TINGGI

[R81] IF UHH TINGGI and PPK TINGGI and HLS TINGGI and RLS TINGGI then IPM TINGGI

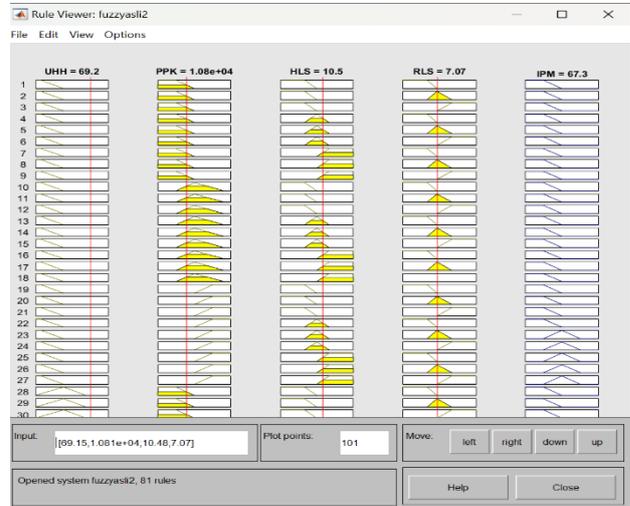
Berdasarkan 81 aturan tersebut, adapun tampilan rule editor yang disajikan pada gambar 7 berikut.



Gambar 4. Tampilan Rule Editor

DEFUZZYFIKASI PADA RULE VIEWERS

Pada tahap ini akan dilakukan penegasan (defuzzyfikasi) menggunakan metode centroid, dengan memasukkan masing-masing variabel input pertahun akan diperoleh hasil prediksi Nilai IPM pertahunnya. Adapun tampilan the rule viewers dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Tampilan Hasil Prediksi IPM

Berdasarkan gambar 8 diperoleh nilai fuzzy yaitu 67,3 yang artinya nilai fuzzy tersebut menunjukkan bahwa hasil prediksi IPM pada tahun 2010 berkategori sedang.

Adapun hasil prediksi IPM seluruh untuk tahun 2010 sampai dengan 2023 dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 6. Validasi Hasil Prediksi IPM

Tahun	IPM Aktual	IPM Prediksi	Error	Error Prediksi
2010	66,02	67,3	1,28	1,938806
2011	66,59	67,7	1,11	1,666917
2012	67,21	68,2	0,99	1,472995
2013	67,92	68,8	0,88	1,295642
2014	68,27	69	0,73	1,069284
2015	69,05	70,1	1,05	1,520637
2016	69,55	70,7	1,15	1,653487
2017	69,99	71,3	1,31	1,871696
2018	70,67	71,5	0,83	1,174473
2019	71,3	72	0,7	0,981767
2020	71,47	72,3	0,83	1,161326
2021	71,69	72,3	0,61	0,850886
2022	72,24	72,4	0,16	0,221484
2023	72,85	72,7	0,15	0,205903
MAPE				1,220379

Berdasarkan tabel 4 diperoleh bahwa nilai MAPE terkecil terdapat dalam perbandingan IPM Aktual dan IPM Prediksi tahun 2023 yakni 0,205903. Sedangkan nilai MAPE terbesar terdapat dalam perbandingan IPM Aktual dan IPM Prediksi pada

tahun 2010 sebesar 1,938806. adapun nilai MAPE sebesar 1,220379. Maka dapat kita simpulkan bahwa keakuratan hasil prediksi sebesar 98,77962.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kepada Dosen Pengampu mata kuliah Logika Fuzzy Jurusan Matematika tahun akademik 2023/2024. Terima Kasih untuk pihak penyedia data dalam penelitian ini yakni pihak BPS Provinsi Kepulauan Bangka Belitung serta kepada pihak-pihak lainnya yang sudah membantu dalam penulisan artikel ini.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi IPM di Provinsi bangka Belitung pada tahun 2010-2023, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa implementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi tersebut menggunakan bantuan software Matlab dengan 4 tahapan yaitu pembentukan himpunan fuzzy dengan membagi setiap variabel menjadi 3 himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi minimum, komposisi aturan menggunakan metode maximum, dan defuzzifikasi menggunakan metode centroid of area. Serta, diperoleh nilai MAPE sebesar 1,220379 dengan nilai kebenaran sebesar 98,77962. Hal ini menunjukkan bahwa metode Mamdani sangat baik digunakan untuk memprediksi IPM.

SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yakni bisa ditambahkan variabel input lain yang berkaitan dengan hasil output, menggunakan metode logika fuzzy lain yang kemudian dapat dibandingkan untuk memperoleh metode yang lebih efektif, serta mampu mengembangkan perancangan aplikasi yang memanfaatkan sistem logika fuzzy metode Mamdani.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi. (2024). *Pemkab Bangka Selatan targetkan IPM mencapai 70,25*. Antara BABEL.

<https://babel.antaraneews.com/berita/395457/pemkab-bangka-selatan-targetkan-ipm-mencapai-7025>

- Arafat, L., Wiwiek Rindayati, & Sahara. (2020). Faktor-Faktor yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Pembangunan*, 7(2), 140–158. <https://doi.org/10.29244/jekp.7.2.2018.140-158>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2017). *Indeks pembangunan manusia kabupaten Tanjung Jabung Timur tahun 2016*. 25, 3. <https://papua.bps.go.id/pressrelease/2017/05/02/238/indeks-pembangunan-manusia-provinsi-papua-2016.html>
- BPS. (2022). Indeks Pembangunan Manusia. *Badan Pusat Statistik*, 73, <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>.
- Chau, M., & Reith, R. (2020). *IDC - Smartphone Market Share - Vendor*. Smartphone Market Share.
- Friska Narulita, L., & Ahmad, I. (2024). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Prediksi Produksi Barang. *Luvia Friska Narulita Dan Ququh Imanuddin Ahmad MULTIPLE: Journal of Global and Multidisciplinary*, 2(1), 1016–1026. <https://journal.institercom-edu.org/index.php/multiple>
- Hal, J., Marizal, M., & Atiqah, H. (2022). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia dengan Geographically Weighted Regression (GWR). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 8(2), 133–145.
- Masitoh, S. (2018). Blended Learning Berwawasan Literasi Digital Suatu Upaya Meningkatkan Kualitas Pembelajaran dan Membangun Generasi Emas 2045. *Proceedings of the ICECRS*, 1(3), 13–34. <https://doi.org/10.21070/picecrs.v1i3.1377>
- Pratama, C. D., & Gischa, S. (2020). *Indeks Pembangunan Manusia: Konsep dan Dimensinya*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/skola/read/2020/12/08/150314969/indeks-pembangunan-manusia-konsep-dan-dimensinya?page=all>
- Simanjuntak, M., & Fauzi, A. (2017). Penerapan Fuzzy Mamdani Pada Penilaian Kinerja Dosen (Studi Kasus STMIK Kaputama Binjai). *Jurnal ISD*, 2(2), 2528–5114.
- Yulianti, N., & Wijaya, A. (2014). Implementasi Logika Fuzzy Metode Mamdani pada Prediksi Biaya Pemakaian Listrik. *Ujme*, 3(3), 57–65. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/uj>

me

Zulfa, E. I., Ferryan, D. A., & Novitasari, D. C. R. (2022). Analisis Pendekatan Statistik Dan Fuzzy Mamdani Dalam Prediksi Produktivitas Padi. *Majalah Ilmiah Matematika Dan Statistika*, 22(1), 105. <https://doi.org/10.19184/mims.v22i1.30304>