



## Prediksi Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Banten Menggunakan *Fuzzy Inferences System (FIS) Mamdani*

Adhi Susano, M.Kom<sup>1</sup>, Wulan Anggraeni, M.Si<sup>2</sup>, Nunu Kustian, M.Kom<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Indraprasta PGRI

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indraprasta PGRI

<sup>1</sup>[Adhi.susano@gmail.com](mailto:Adhi.susano@gmail.com), <sup>2</sup>[Wulananggraeni41183@gmail.com](mailto:Wulananggraeni41183@gmail.com), <sup>3</sup>[Kustiannunu@gmail.com](mailto:Kustiannunu@gmail.com)

### Info Artikel

### Abstrak

#### Kata kunci:

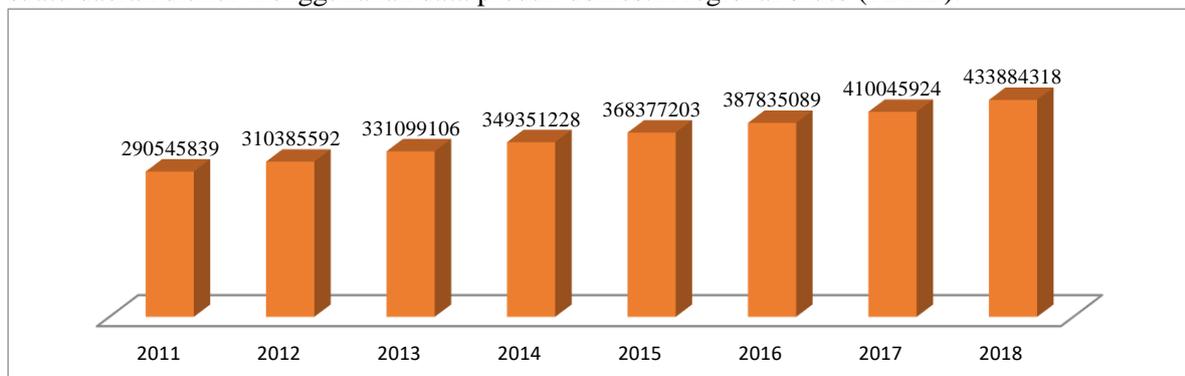
Fuzzy Inferences System  
Pertumbuhan Ekonomi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah metode *Fuzzy Inferences System (FIS) Mamdani* dapat memprediksi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten, berdasarkan infrastruktur ekonomi dan infrastruktur sosial. Pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertumbuhan ekonomi menggunakan harga konstan pada lapangan usaha pada tahun 2011 sampai dengan 2018. Variabel infrastruktur ekonomi yang digunakan dalam penelitian ini adalah panjang jalan dan tenaga listrik. Variabel infrastruktur sosial adalah jumlah rumah sakit, puskesmas dan banyaknya sekolah. Berdasarkan perhitungan menggunakan fuzzy mamdani inferences system (FIS) mamdani, prediksi pertumbuhan ekonomi Povinsi Banten dapat dikatakan baik dikarenakan nilai MAPE yang diperoleh sebesar 6.31 % (tingkat akurasinya sebesar 93.69%).

**How to Cite:** Susano, A., Anggraeni, W., Kustian, N. (2020). Prediksi Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Banten Menggunakan *Fuzzy Inferences System (FIS) Mamdani*. Prosiding Seminar Nasional Sains 2020, 1 (1): 681-695.

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi adalah perkembangan kegiatan dalam perekonomian yang menyebabkan barang dan jasa yang diproduksi dalam masyarakat bertambah dan kemakmuran masyarakat meningkat Rofi dan Ardyan (2017:303). Hal yang serupa dinyatakan oleh Astutiningsih (2017:3) yakni pertumbuhan ekonomi didefinisikan sebagai peningkatan dalam kemampuan dari suatu perekonomian dalam memproduksi barang dan jasa. Pertumbuhan ekonomi suatu negara biasanya diukur menggunakan data produk domestik bruto (PDB), sedangkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah diukur menggunakan data produk domestik regional bruto (PDRB).



Gambar 1. PDRB Provinsi Banten

PDRB di provinsi Banten setiap tahunnya mengalami peningkatan. Hal ini terkait dengan keberadaan infrastruktur yang dibangun. Data PDRB Provinsi Banten disajikan pada gambar 1. Beberapa hasil studi terdahulu menyebutkan bahwa pembangunan infrastruktur memiliki peran sebagai katalisator yang berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. Hasil penelitian Warsilan dan Noor pada tahun 2015 menyatakan bahwa infrastruktur kesehatan, pelayanan air dan jalan berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi di Kota Samarinda (Warsilan dan Noor, 2015: 365). Penelitian lainnya juga yakni penelitian yang dilakukan oleh Radiansyah, memperoleh hasil bahwa infrastruktur jalan, listrik dan telepon berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap PDRB perkapita. Apabila terjadi penambahan pada masing-masing infrastruktur jalan, listrik, telepon maka akan meningkatkan PDRB perkapita dengan asumsi *ceteris paribus* (Radiansyah, 2012:71). Selain itu, Maryaningsih dkk mendapatkan hasil penelitian bahwa kondisi infrastruktur jalan dan listrik berdampak signifikan terhadap pertumbuhan pendapatan per kapita, namun tidak demikian dengan pelabuhan (Maryaningsih dkk, 2014: 94). Berdasarkan penelitian terdahulu maka dapat disimpulkan bahwa PDRB dapat dipengaruhi oleh infrastruktur.

Mankiw (2001: 38) menjelaskan bahwa Infrastruktur dalam ilmu ekonomi merupakan wujud dari *public capital* (modal publik) dibentuk dari investasi yang dilakukan oleh pemerintah yang meliputi: jalan, jembatan, dan sistem saluran pembuangan. Melengkapi pendapat di atas, The World Bank (Radiansyah, 2012: 2) telah memberikan batasan pada infrastruktur. Infrastruktur terbagi atas tiga bagian.

- a. Infrastruktur ekonomi berupa *public utilities* (tenaga listrik, telekomunikasi, air, sanitasi dan gas), *public work* (jalan, bendungan, jembatan, kanal, Irigasi dan drainase), dan sektor transportasi (rel kereta api, terminal bus, pelabuhan, dan Bandar udara).
- b. Infrastruktur sosial seperti pendidikan, kesehatan, perumahan dan rekreasi.
- c. Infrastruktur administrasi berupa penegakan hukum, kontrol administrasi dan koordinasi.

Ketika telah diketahui formula yang tepat dari kombinasi infrastruktur, maka dengan mudah kita mengetahui prediksi dari PDRB. Pada penelitian ini akan dilakukan prediksi laju pertumbuhan ekonomi berdasarkan infrastruktur ekonomi dan infrastruktur sosial di Provinsi Banten. Hasil dari prediksi pertumbuhan ekonomi diharapkan dapat membantu pembuatan kebijakan pemerintah di Provinsi Banten, agar penduduk di Provinsi Banten dapat mencapai kemakmuran dan kesejahteraan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy inferences system* mamdani.

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode Max\_Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mandani pada tahun 1975. Cara kerja aturan mamdani adalah membentuk himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan penegasan. Pada metode mamdani, variabel input atau output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Komposisi aturan tidak seperti penalaran monoton. Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Proses *defuzzifikasi* diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy yang diperoleh pada langkah sebelumnya

Berdasarkan uraian di atas maka akan dilakukan penelitian dengan judul **“Prediksi Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Banten Menggunakan Fuzzy Inferences System (FIS) Mamdani”**

## METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data pertumbuhan ekonomi, data infrastruktur ekonomi yakni panjang jalan dan tenaga listrik. Sedangkan data infrastruktur sosial adalah banyaknya rumah sakit, banyaknya puskesmas dan banyaknya sekolah pada periode 2011 sampai dengan 2018 yang diterbitkan oleh BPS.go.id.

Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *fuzzy inferences system* (FIS) Mamdani menggunakan bantuan.

### A. Teknik Analisis

Berikut ini adalah tlangkah-langkah yang dilakukan dalam aturan FIS Mamdani.

#### 1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

## 2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

## 3. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan, ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

### a. Metode Max

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator or. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

Dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*.

### b. Metode Additive

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

Dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*.

### c. Metode Probabilistik OR

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i] - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]))$$

Dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$  : Nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*.

## 4. Penegasan

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil satu nilai crisp tertentu sebagai output. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani, antara lain:

### a. Metode Centroid

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat  $z^*$  daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z\mu_z dz}{\int_z \mu_z dz}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

### b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$z_p = \text{sedemikian hingga } \int_{R_1}^p \mu_z dz = \int_{\rho}^{R_n} \mu_z dz$$

c. **Metode *mean of maximum***

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. **Metode *largest of Maximum***

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. **Metode *Smallest of Maximum***

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

## B. Perhitungan Kesalahan Prediksi

Pengukuran kesalahan peramalan menggunakan nilai MAPE (*mean absolute percentage error*) Rumus yang digunakan adalah:

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Dalam memprediksi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten, data yang dibutuhkan adalah pendapatan domestik regional bruto (pdrb) Provinsi Banten, panjang jalan, tenaga listrik, banyaknya rumah sakit, banyaknya puskesmas, dan banyaknya sekolah pada periode 2011 sampai dengan 2018. Berikut adalah data masing-masing setiap variabel.

Tabel 1. Data Pertumbuhan Ekonomi Menggunakan Harga Konstan Provinsi Banten

No	Tahun	Pertumbuhan Ekonomi (Juta Rupiah)
1.	2011	290.545.839
2.	2012	310.385.592
3.	2013	331.099.106
4.	2014	349.351.228
5.	2015	368.377.203
6.	2016	387.835.089
7.	2017	410.045.924
8.	2018	433.884.318

Sumber: bps.go.id (diolah)

Data rata-rata pertumbuhan ekonomi Provinsi Banten diperoleh dari data survey BPS pada periode 2011 sampai dengan 2018. Data yang diambil adalah data pertumbuhan ekonomi menggunakan harga konstan. Rata-rata kenaikan pertumbuhan ekonomi sebesar 5,9 persen. Setiap tahunnya pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten mengalami peningkatan. Pada tahun 2012 mengalami peningkatan sebesar 6,83% (Rp. 19.839.753), pada tahun 2013 sampai dengan 2018 secara berturut-turut peningkatannya adalah sebagai berikut: 6,67%; 5,51%; 5,45%; 5,28%; 5,73%; 5,81%; 5,73%; 5,81%. Kenaikan tertinggi di tahun 2012 dan terendah terjadi pada tahun 2016.

Tabel 2. Data Panjang Jalan Provinsi Banten

No	Tahun	Panjang Jalan (km)			
		Baik	Sedang	Rusak	Rusak Berat
1.	2011	354,51	253,32	162,26	-
2.	2012	429,42	215,54	128,55	79,38
3.	2013	229,65	380,21	174,39	68,64
4.	2014	384,79	194,32	60,31	213,47
5.	2015	384,79	194,32	60,31	213,47
6.	2016	384,79	194,32	60,31	213,47

7.	2017	423,07	178,77	75,58	83,62
8.	2018	423,07	178,77	75,58	83,62

Sumber: bps.go.id (diolah)

Data panjang jalan di Provinsi Banten tidak lengkap di web BPS. Yakni pada tahun 2016 tidak tertera panjang jalan, sehingga peneliti mengasumsikan bahwa panjang jalan di tahun tersebut sama dengan tahun sebelumnya. Panjang jalan yang memiliki kategori rusak berat semakin lama meningkat, meningkatkan kerusakan jalan terjadi pada tahun 2014. Hal ini harus diperhatikan oleh pemerintah setempat. Sedangkan untuk jalan dengan kategori rusak setiap tahunnya bisa bertambah panjang kerusakannya atau bertambah pendek. Hal ini dikarenakan oleh pemerintah melakukan perbaikan jalan. Sedangkan untuk jalan yang kondisinya sedang setiap tahunnya berkurang. Berbeda dengan kondisi jalanan yang baik setiap tahunnya makin lama semakin bertambah panjang.

Tabel 3. Data Tenaga Listrik yang dibangkitkan

No	Tahun	Tenaga Listrik (Gwh)
1.	2011	39459.85
2.	2012	46317.37
3.	2013	52860.36
4.	2014	63695.13
5.	2015	70279.07
6.	2016	70279.07
7.	2017	46111.5
8.	2018	46111.5

Sumber: bps.go.id (diolah)

Pada data tenaga listrik dibangkitkan yang diolah oleh BPS tidak lengkap, oleh karena itu peneliti mengasumsikan bahwa data pada tahun 2016 sama dengan data pada tahun 2015. Begitu pula pada data tahun 2018, penulis mengasumsikan data yang ada sama dengan data pada tahun 2017. Kenaikan tenaga listrik dibangkitkan secara berturut-turut pada tahun 2011 sampai dengan 2018 adalah: 17,38 %; 14,13 %; 20,5 %; 10,34 %. Sedangkan pada tahun 2017 mengalami penurunan sebesar 34%.

Tabel 4. Data Jumlah Rumah Sakit Provinsi Banten

No	Tahun	Jumlah rumah sakit
1.	2011	52
2.	2012	52
3.	2013	52
4.	2014	60
5.	2015	60
6.	2016	60
7.	2017	60
8.	2018	87

Sumber: bps.go.id (diolah)

Tabel 5. Data jumlah Puskesmas Provinsi Banten

No	Tahun	Jumlah Puskesmas
1.	2011	218
2.	2012	218
3.	2013	218
4.	2014	233
5.	2015	233
6.	2016	233
7.	2017	233
8.	2018	267

Sumber: bps.go.id (diolah)

Jumlah rumah sakit dan puskesmas pada tahun 2011, 2012, dan 2013 memiliki jumlah yang sama, yakni 52 buah rumah sakit dan 218 puskesmas. Sedangkan pada tahun 2014 sampai dengan 2017 sama yakni sebesar 60 rumah sakit dan 233 puskesmas. Hal ini dikarenakan BPS hanya mencantumkan jumlah rumah sakit dan puskesmas pada tahun 2011 dan 2014, oleh karena itu jumlah rumah sakit dan puskesmas pada tahun setelahnya diasumsikan sama.

Tabel 6. Data Jumlah Sekolah Provinsi Banten

No	Tahun	Jumlah Sekolah
1.	2011	6.614

2.	2012	6.858
3.	2013	6.902
4.	2014	6.935
5.	2015	6.975
6.	2016	7.272
7.	2017	7.403
8.	2018	7.441

Sumber: bps.go.id (diolah)

Data jumlah sekolah di Provinsi Banten setiap tahunnya mengalami peningkatan. Rata-rata peningkatan jumlah sekolah setiap tahunnya adalah 0,02 %. Secara berurut kenaikan peningkatan persentase jumlah sekolah pada periode 2012 sampai dengan 2018 adalah 0,04%; 0.01%; 0.005%; 0.01%; 0.04%; 0.02%; 0.01% dan 0.02%. Kenaikan tertinggi terjadi pada tahun 2012 dan 2016 sebesar 0.04 %, sedangkan terendah terjadi pada tahun 2014 sebesar 0,005%.

Berikut ini adalah langkah-langkah prediksi pertumbuhan ekonomi menggunakan *fuzzy inferences System* (FIS) mamdani:

#### 1. Kebutuhan Input

Pertumbuhan ekonomi dipengaruhi infrastruktur ekonomi dan sosial, ada 8 variabel yang dibutuhkan. Variabel yang dibutuhkan disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Variabel Input

Nama Variabel	Keterangan
PJB	Panjang jalan dengan kondisi baik
PJS	Panjang jalan dengan kondisi sedang
PJR	Panjang jalan dengan kondisi rusak
PJRB	Panjang jalan dengan kondisi rusak berat
TL	Jumlah tenaga listrik yang dibangkitkan
JRS	Jumlah rumah sakit
JP	Jumlah puskesmas
JS	Jumlah sekolah

Pengolahan data dilakukan dengan menentukan variabel input maupun variabel output serta menentukan semesta pembicaraan. Langkah selanjutnya adalah membentuk himpunan *fuzzy*. Penentuan variabel, semesta pembicaraan, dan himpunan *fuzzy* dari hasil dapat diperoleh pada tabel 8.

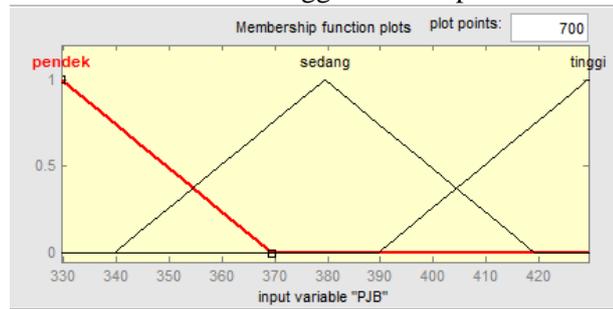
Tabel 8. Penentuan Variabel, Semesta Pembicaraan, dan Himpunan *Fuzzy*.

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	PJB	[0-700]	Pendek	[229,65-329,535]
			Sedang	[229,65-429,42]
			Panjang	[329,535-429,42]
	PJS	[0-700]	Pendek	[178,77-279,49]
			Sedang	[178,77-380,21]
			Panjang	[279,49-380,21]
	PJR	[0-700]	Pendek	[60,31-117,35]
			Sedang	[60,31-174,39]
			Panjang	[117,35-174,39]
	PJRB	[0-700]	Pendek	[0 106.735]
			Sedang	[0 213.47]
			Panjang	[106.735 213.47]
	TL	[0-10.000]	Sedikt	[39459,85-54869,46]
			Sedang	[39459,85-70279,07]
			Banyak	[54869,46-70279,07]
	JRS	[0-100]	Sedikt	[52-69,5]
			Sedang	[52-87]
			Banyak	[69,5-87]
JP	[0-300]	Sedikt	[218-242,5]	
		Sedang	[218-267]	

			Banyak	[242,5-267]
	JS	[0-8000]	Sedikit	[6614-7027,5]
			Sedang	[6614-7441]
			Banyak	[7027,5-7441]
Output			PE	[0-~]
	Sedang	[290545839-433884318]		
	Tinggi	[362215097-433884318]		

**2. Menentukan Fungsi Keanggotaan**

Langkah selanjutnya adalah membuat fungsi keanggotaan untuk tiap variabel. Fungsi keanggotaan variabel. Berikut ini adalah keanggotaan setiap variabel

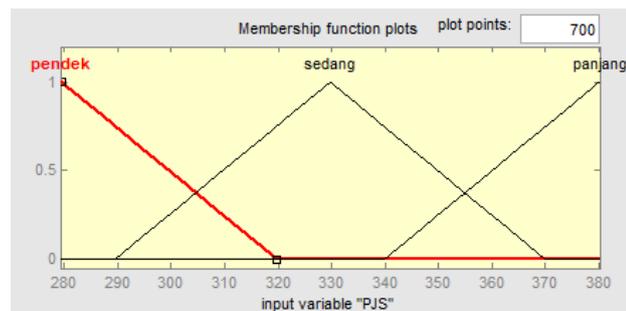


Gambar 2. Fungsi keanggotaan PJB

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{329,535 - x}{99,885} & 229,65 \leq x \leq 329,535 \\ 0 & x \geq 329,535 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 229,65 \text{ atau } x \geq 429,42 \\ \frac{x - 229,65}{99,885} & 229,65 \leq x \leq 329,535 \\ \frac{429,42 - x}{99,885} & 329,535 \leq x \leq 429,42 \end{cases}$$

$$\mu_{panjang} = \begin{cases} 0 & x \leq 329,535 \\ \frac{x - 329,535}{99,885} & 329,535 \leq x \leq 429,42 \\ 0 & x \geq 429,42 \end{cases}$$

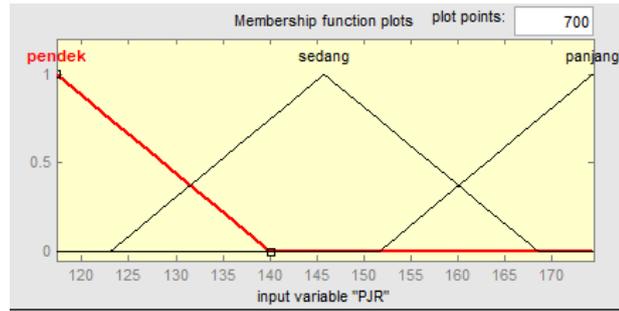


Gambar 3. Fungsi Keanggotaan PJS

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{279,49 - x}{100,72} & 178,77 \leq x \leq 279,49 \\ 0 & x \geq 279,49 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 178,77 \text{ atau } x \geq 380,21 \\ \frac{x - 178,77}{100,72} & 178,77 \leq x \leq 279,49 \\ \frac{380,21 - x}{100,72} & 279,49 \leq x \leq 380,21 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 279,49 \\ \frac{x - 279,49}{100,72} & 279,49 \leq x \leq 380,21 \\ 1 & x \geq 380,21 \end{cases}$$

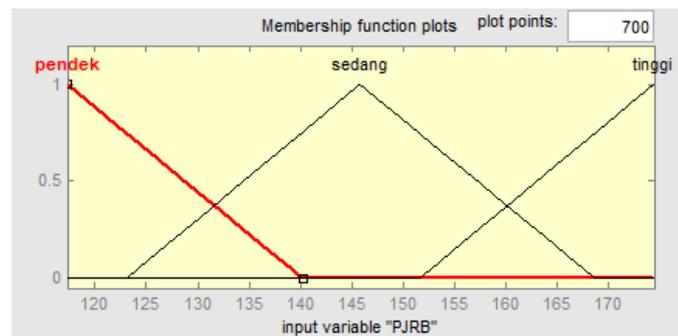


Gambar 4. Fungsi Keanggotaan PJR

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{60,31 - x}{57,04} & 60,31 \leq x \leq 117,35 \\ 0 & x \leq 60,31 \text{ atau } x \geq 174,39 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} \frac{x - 60,31}{57,04} & 60,31 \leq x \leq 117,35 \\ \frac{174,39 - x}{57,04} & 117,35 \leq x \leq 174,39 \\ 0 & x \leq 60,31 \text{ atau } x \geq 174,39 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 117,35 \\ \frac{x - 117,35}{57,04} & 117,35 \leq x \leq 174,39 \\ 1 & x \geq 174,39 \end{cases}$$

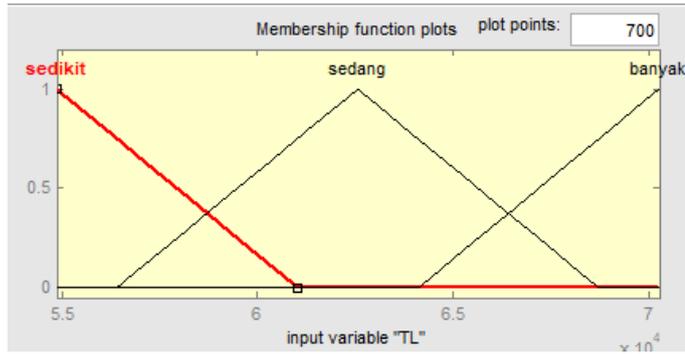


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan PJRB

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{106,735 - x}{106,735} & 0 \leq x \leq 106,375 \\ 0 & x \geq 106,375 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 106,735 \\ \frac{x - 0}{106,735} & 0 \leq x \leq 106,735 \\ \frac{213,46 - x}{106,735} & 106,735 \leq x \leq 213,47 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 106,735 \\ \frac{x - 106,735}{106,735} & 106,735 \leq x \leq 213,47 \\ 1 & x \geq 213,47 \end{cases}$$

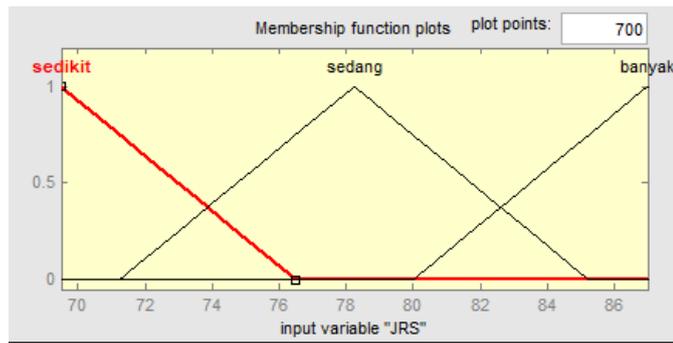


Gambar 6. Fungsi Keanggotaan TL

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{54869,46 - x}{15409,61} & 39449,85 \leq x \leq 54869,46 \\ 0 & x \geq 54869,46 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 39449,85 \text{ atau } x \geq 70279,07 \\ \frac{x - 39449,85}{15409,61} & 39449,85 \leq x \leq 54869,46 \\ \frac{70279,07 - x}{15409,61} & 54869,46 \leq x \leq 70279,07 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 54869,46 \\ \frac{x - 54869,46}{15409,61} & 54869,46 \leq x \leq 70279,07 \\ 1 & x \geq 70279,07 \end{cases}$$

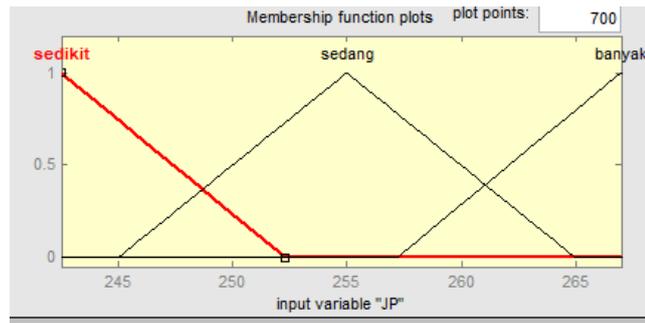


Gambar 7. Fungsi keanggotaan JRS

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{69,5 - x}{17,5} & 52 \leq x \leq 69,5 \\ 0 & x \geq 69,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 52 \text{ atau } x \geq 87 \\ \frac{x - 52}{17,5} & 52 \leq x \leq 69,5 \\ \frac{87 - x}{17,5} & 69,5 \leq x \leq 87 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 69,5 \\ \frac{x - 69,5}{17,5} & 69,5 \leq x \leq 87 \\ 1 & x \geq 87 \end{cases}$$

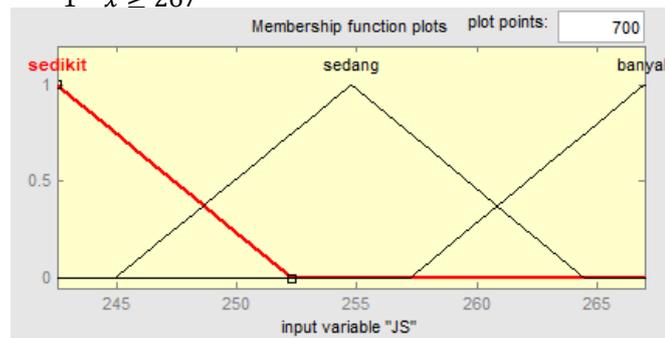


Gambar 8. Fungsi Keanggotaan JP

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{242,5 - x}{24,5} & 218 \leq x \leq 242,5 \\ 0 & x \geq 242,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 242,5 \text{ atau } x \geq 267 \\ \frac{x - 242,5}{24,5} & 242,5 \leq x \leq 255 \\ \frac{267 - x}{24,5} & 255 \leq x \leq 267 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 260 \\ \frac{x - 260}{7,5} & 260 \leq x \leq 267 \\ 1 & x \geq 267 \end{cases}$$

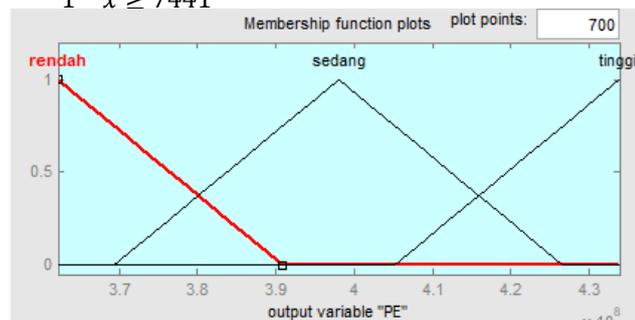


Gambar 9. Fungsi Keanggotaan JS

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{7027,5 - x}{413,5} & 6614 \leq x \leq 7027,5 \\ 0 & x \geq 7027,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 6614 \text{ atau } x \geq 7441 \\ \frac{x - 6614}{413,5} & 6614 \leq x \leq 7027,5 \\ \frac{7441 - x}{413,5} & 7027,5 \leq x \leq 7441 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 7027,5 \\ \frac{x - 7027,5}{413,5} & 7027,5 \leq x \leq 7441 \\ 1 & x \geq 7441 \end{cases}$$



Gambar 10. Pertumbuhan Ekonomi

$$\mu_{rendah} = \begin{cases} \frac{362215095 - x}{71669239,5} & 290545839 \leq x \leq 362215097 \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 290545839 \text{ atau } x \geq 362215097 \\ \frac{x - 290545839}{71669239,5} & 290545839 \leq x \leq 362215097 \\ \frac{362215097 - x}{71669239,5} & 36221509 \leq x \leq 433884318 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 362215079 \\ \frac{x - 362215079}{71669239,5} & 362215079 \leq x \leq 433884318 \\ 1 & x \geq 433884318 \end{cases}$$

### 3. Menentukan aturan Fuzzy

Untuk menentukan aturan fuzzy dilakukan berdasarkan tabel FAM (*Fuzzy Associative Memory*). FAM merupakan suatu sistem fuzzy yang memetakan himpunan-himpunan fuzzy ke himpunan-himpunan fuzzy lainnya. Salah satu contoh perhitungan untuk membuat aturan fuzzy pada data tahun 2011.

#### a. PJB

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{329,535 - x}{99,885} & 229,65 \leq x \leq 329,535 \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 229,65 \text{ atau } x \geq 429,42 \\ \frac{x - 229,65}{99,885} & 229,65 \leq x \leq 329,535 \\ \frac{429,42 - x}{99,885} & 329,535 \leq x \leq 429,42 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 329,535 \\ \frac{x - 329,535}{99,885} & 329,535 \leq x \leq 429,42 \\ 429,42 & \end{cases}$$

$\mu_{pjb} = \max(0,7; 0,25) \rightarrow 0,7$  (sedang)

#### b. PJS

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{279,49 - x}{100,72} & 178,77 \leq x \leq 279,49 \\ 0 & x \geq 279,49 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 178,77 \text{ atau } x \geq 380,21 \\ \frac{x - 178,77}{100,72} & 178,77 \leq x \leq 279,49 \\ \frac{380,21 - x}{100,72} & 279,49 \leq x \leq 380,21 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 279,49 \\ \frac{x - 279,49}{100,72} & 279,49 \leq x \leq 380,21 \\ 1 & x \geq 380,21 \end{cases}$$

$\mu_{pjs} = \max(0,25; 0,7) \rightarrow \text{sedang}$

#### c. PJR

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{60,31 - x}{57,04} & 60,31 \leq x \leq 117,35 \\ 0 & x \geq 117,35 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 60,31 \text{ atau } x \geq 174,39 \\ \frac{x - 60,31}{57,04} & 60,31 \leq x \leq 117,35 \\ \frac{174,39 - x}{57,04} & 117,35 \leq x \leq 174,39 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 117,35 \\ \frac{x - 117,35}{57,04} & 117,35 \leq x \leq 174,39 \\ 1 & x \geq 174,39 \end{cases}$$

$$\mu_{pjr} = \max(0,21; 0,88) \rightarrow \text{tinggi}$$

**d. PJRB**

$$\mu_{pendek} = \begin{cases} \frac{106,735 - x}{106,735} & 0 \leq x \leq 106,375 \\ 0 & x \geq 106,375 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 106,735 \\ \frac{x - 0}{106,735} & 0 \leq x \leq 106,735 \\ \frac{213,46 - x}{106,735} & 106,735 \leq x \leq 213,47 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 106,735 \\ \frac{x - 106,735}{106,735} & 106,735 \leq x \leq 213,47 \\ 1 & x \geq 213,47 \end{cases}$$

$$\mu_{pjrb} = \max(1; 0) \rightarrow \text{pendek}$$

**e. TL**

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{54869,46 - x}{15409,61} & 39449,85 \leq x \leq 54869,46 \\ 0 & x \geq 54869,46 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 39449,85 \text{ atau } x \geq 70279,07 \\ \frac{x - 39449,85}{15409,61} & 39449,85 \leq x \leq 54869,46 \\ \frac{70279,07 - x}{15409,61} & 54869,46 \leq x \leq 70279,07 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 54869,46 \\ \frac{x - 54869,46}{15409,61} & 54869,46 \leq x \leq 70279,07 \\ 1 & x \geq 70279,07 \end{cases}$$

$$\mu_{tl} = \max(1; 0) \rightarrow \text{sedikit}$$

**f. JRS**

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{69,5 - x}{17,5} & 52 \leq x \leq 69,5 \\ 0 & x \geq 69,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 52 \text{ atau } x \geq 87 \\ \frac{x - 52}{17,5} & 52 \leq x \leq 69,5 \\ \frac{87 - x}{17,5} & 69,5 \leq x \leq 87 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 69,5 \\ \frac{x - 69,5}{17,5} & 69,5 \leq x \leq 87 \\ 1 & x \geq 87 \end{cases}$$

$$\mu_{jrs} = \max(1; 0) \rightarrow \text{sedikit}$$

**g. JP**

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{242,5 - x}{24,5} & 218 \leq x \leq 242,5 \\ 0 & x \geq 242,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 267 \\ \frac{x - 242,5}{24,5} & 0 \leq x \leq 242,5 \\ \frac{267 - x}{24,5} & 242,5 \leq x \leq 267 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 242,5 \\ \frac{x - 242,5}{24,5} & 242,4 \leq x \leq 267 \\ 1 & x \geq 267 \end{cases}$$

$$\mu_{jp} = \max(1; 0) \rightarrow \text{sedikit}$$

**h. JS**

$$\mu_{sedikit} = \begin{cases} \frac{7027,5 - x}{413,5} & 6614 \leq x \leq 7027,5 \\ 0 & x \geq 7027,5 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 6614 \text{ atau } x \geq 7441 \\ \frac{x - 6614}{413,5} & 6614 \leq x \leq 7027,5 \\ \frac{7441 - x}{413,5} & 7027,5 \leq x \leq 7441 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak} = \begin{cases} 0 & x \leq 7027,5 \\ \frac{x - 7027,5}{413,5} & 7027,5 \leq x \leq 7441 \\ 1 & x \geq 7441 \end{cases}$$

$$\mu_{js} = \max(1; 0) \rightarrow \text{sedikit}$$

**i. PE**

$$\mu_{rendah} = \begin{cases} \frac{362215095 - x}{71669239,5} & 290545839 \leq x \leq 362215097 \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & x \leq 290545839 \text{ atau } x \geq 362215097 \\ \frac{x - 290545839}{71669239,5} & 290545839 \leq x \leq 362215097 \\ \frac{362215097 - x}{71669239,5} & 36221509 \leq x \leq 433884318 \end{cases}$$

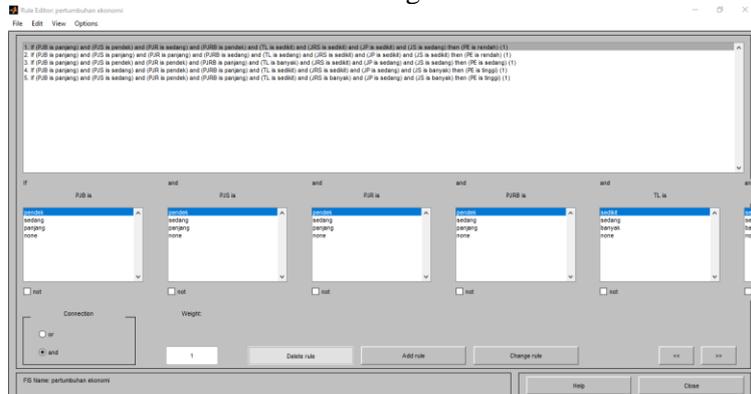
$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & x \leq 362215079 \\ \frac{x - 362215079}{71669239,5} & 362215079 \leq x \leq 433884318 \\ 1 & x \geq 433884318 \end{cases}$$

$$\mu_{PE} = \max(1; 0) \rightarrow \text{rendah}$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode FAM, maka diperoleh aturannya sebagai berikut:

- If PJB(panjang) o PJS (pendek) o PJR(pendek) o PJRB(sedikit) o TL(sedikit) o JRS(sedikit) o JP(sedikit) → PE(Rendah).
- If PJB(panjang) o PJS(panjang) o PJR(panjang) o PJRB(sedang) o TL(sedang) o JRS(sedikit) o JP(sedikit) o JS(sedang) → PE(sedang).
- If PJB(panjang) o PJS(pendek) o PJR(pendek) o PJRB(panjang) o TL(banyak) o JRS(sedikit) o JP(sedang) o JS(sedang) → PE(sedang).
- If PJB(panjang) o PJS(sedang) o PJR(pendek) o PJRB(sedang) o TL(sedikit) o JRS(sedikit) o JP(sedang) o JS(banyak) → PE(tinggi).
- If PJB(panjang) o PJS(sedang) o PJR(pendek) o PJRB(sedang) o TL(sedikit) o JRS(banyak) o JP(banyak) o JS(banyak) → PE(tinggi).

Dengan menggunakan matlab maka hasil aturan sebagai berikut:



Gambar 11. Aturan prediksi pertumbuhan ekonomi

4. Perhitungan prediksi menggunakan matlab

Perhitungan prediksi pertumbuhan ekonomi menggunakan matlab, adapun hasilnya sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan Prediksi Pertumbuhan Ekonomi

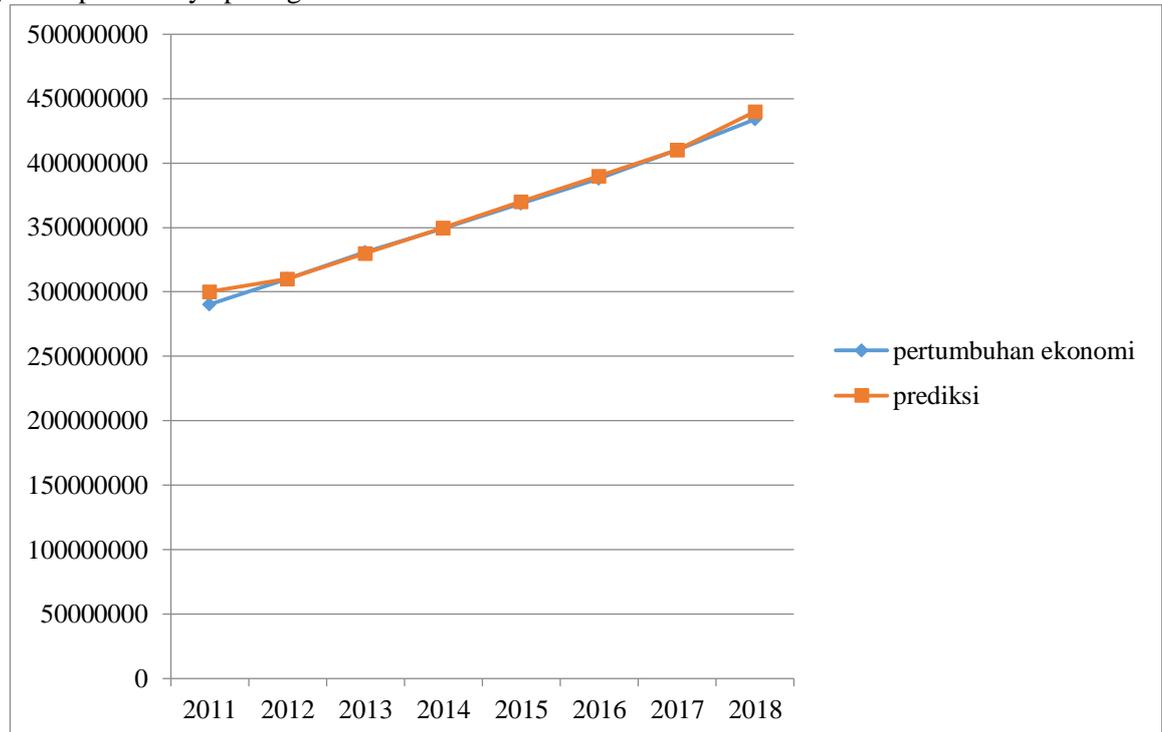
Tahun	PE	prediksi
2011	290545839	300000000
2012	310385592	310000000
2013	331099106	330000000
2014	349351228	350000000
2015	368377203	370000000
2016	387835089	390000000
2017	410045924	410000000
2018	433884318	440000000

### 5. Perhitungan MAPE

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n} \times 100\% = 6,31\%$$

### B. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan perhitungan menggunakan fuzzy mamdani inferences system (FIS) mamdani, prediksi pertumbuhan ekonomi dapat dikatakan baik dikarenakan nilai MAPE yang diperoleh sebesar 6.31 % (tingkat akurasinya sebesar 93.69%). Berikut ini akan disajikan nilai pertumbuhan ekonomi sebenarnya dan prediksinya pada gambar 12.



Gambar 12. Perbandingan nilai pertumbuhan ekonomi sebenarnya dan hasil prediksi

Error terendah terjadi pada tahun tahun 2012 sebesar 0.00012 sedangkan tertinggi terjadi pada tahun 2013.

## PENUTUP

Berdasarkan perhitungan menggunakan fuzzy mamdani inferences system (FIS) mamdani, prediksi pertumbuhan ekonomi Povinsi Banten dapat dikatakan baik dikarenakan nilai MAPE yang diperoleh sebesar 6.31 % (tingkat akurasinya sebesar 93.69%). Hasil penelitian ini dapat dijadikan masukan untuk pemerintah setempat untuk mengetahui formulasi yang tepat guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi di provinsi Banten.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astutiningsih, S. E., & Sari, C. M. (2017). Pemberdayaan Kelompok Agroindustri Dalam Upaya Mempercepat Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur. *Jurnal Ekonomi Terapan*, 2(1), 1-9.
- Mankiw, N, G. (2001). *Teori Makroekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Maryaningsih, N., Hermansyah, O., Savitri, M. (2014). Pengaruh Infrastruktur terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan*, 17(1), 62-97.
- Radiansyah, D. (2012). Analisis Kontribusi Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Regional di Indonesia (Periode Tahun 1996 s.d. 2008). Tesis S-2, Program Magister Perencanaan dan Kebijakan Publik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rofii, A. M., & Ardyan, P. S. (2017). Analisis Pengaruh Inflasi, Penanaman Modal Asing (PMA) dan Tenaga Kerja terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Jawa Timur. *Jurnal Ekonomi & Bisnis*, 2(1), 303-316.
- Warsilan, & Noor. A. (2015). Peranan Infrastruktur terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Implikasi pada Kebijakan Pembangunan di Kota Samarinda. *Mimbar*. 31(2) Desember 2015, 359-366.