

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY* MAMDANI DAN SUGENO DALAM
MENGOPTIMALKAN PRODUKSI TAHU BERBANTU MATLAB**

SKRIPSI



Oleh :

**RAMADIANSYAH
NPM : 201621015**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR**

2022

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY* MAMDANI DAN SUGENO DALAM
MENGOPTIMALKAN PRODUKSI TAHU BERBANTU MATLAB**

SKRIPSI

*Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika
pada Jurusan Matematika Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Kaltara Tanjung Selor*

Disusun dan Diajukan oleh :

**RAMADIANSYAH
NPM : 201621015**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN MATEMATIKA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ramadiansyah
NPM : 201621015
Jurusan : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihkan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau hasil skripsi ini jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Tanjung Selor, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan

Ramadiansyah
NPM. 201621015

PENGESAHAN SKRIPSI.

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan penguji ujian skripsi Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Kaltara Tanjung Selor pada tanggal 3 Agustus 2022.

Dewan Penguji

Penguji I

Penguji II

Ratna Dwi Christyanti, M.Si
NIDN. 11.110388.02
Tanggal: 3 Agustus 2022

St. Syahdan, M.Pd
NIDN. 11.080989.01
Tanggal: 3 Agustus 2022

**Mengesahkan,
Dekan Fakultas MIPA**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika**

Ratna Dwi Christyanti, M.Si
NIDN. 11.110388.02
Tanggal: 3 Agustus 2022

St. Syahdan, M.Pd
NIDN. 11.080989.01
Tanggal: 3 Agustus 2022

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS KALTARA

Kami dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang ditulis oleh

RAMADIANSYAH

NPM. 201621015

Dengan Judul Penelitian:

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY* MAMDANI DAN SUGENO DALAM
MENGOPTIMALKAN PRODUKSI TAHU BERBANTU MATLAB**

Menyetujui,
Pembimbing

Dr. Siti Aisyah, M.Si
NIDN. 11.130684.01

Dekan Fakultas MIPA

Ketua Jurusan Matematika

Ratna Dwi Christyanti, M.Si
NIDN. 11.110388.02

St. Syahdan, M.Pd
NIDN. 11.080989.01

ABSTRAK

RAMADIANSYAH. Perbandingan Metode fuzzy Mamdani dan Sugeno Dalam Mengoptimalkan Produksi Tahu Berbantu MATLAB (dibimbing oleh Siti Aisyah)

Permasalahan yang sering muncul di dunia ini terkadang sering sekali memiliki jawaban yang tidak pasti, logika fuzzy merupakan salah satu metode untuk melakukan analisis sistem yang tidak pasti. Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan produksi tahu dengan cara membandingkan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Sugeno* untuk menentukan jumlah produksi tahu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, tahu yang harus diproduksi menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* sebesar 20.563 cetakan tahu, dan jumlah produksi menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* sebesar 20.982 cetakan tahu, dan menggunakan *Fuzzy Mamdani* pada MATLAB sebesar 19.400 cetakan tahu. Sedangkan produksi pabrik yaitu sebesar 19.780 cetakan tahu. Dari perbandingan kedua metode tersebut, metode *Fuzzy Sugeno* merupakan metode yang paling baik untuk menentukan jumlah produksi.

Kata kunci: produksi tahu, metode *Fuzzy Mamdani*, metode *Fuzzy Sugeno*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Hidayah-Nya kepada seluruh umatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai tugas akhir dengan baik yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, bantuan serta banyak pihak yang telah membantu, karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si. selaku dosen pembimbing saya atas bimbingan, saran dan motivasi yang diberikan.
2. Ibu Ratna Dwi Christyanti, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Kaltara.
3. Ibu St. Syahdan, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Kaltara.
4. Segenap dosen Fakultas MIPA Jurusan Matematika Universitas Kaltara yang telah memberi ilmunya kepada penulis.
5. Keluarga besar Universitas Kaltara, khususnya teman-teman seperjuangan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Matematika atas dukungan, semangat serta kerjasamanya.
6. Kedua orang tua serta saudara-saudara yang telah memberikan dorongan moral dan doa selama ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penulisan ini sehingga dapat

memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat diterapkan di lapangan serta dikembangkan lebih lanjut.

Tanjung Selor, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tahu.....	4
2.2 Permintaan, Persediaan dan Produksi	5
2.3 Integral	8
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.5 Fungsi Keanggotaan.....	12
2.6 Operator Dasar untuk Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	15
2.7 Fuzzy Mamdani.....	17
2.8 Fuzzy Sugeno	20
2.9 MATLAB	22
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Jenis Data	26
3.3 Analisis Data	26
3.4 Perancangan Sistem.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Analisis Deskripsi Data	30
4.2 Penyelesaian Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani	31
4.3 Penyelesaian Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Sugeno.....	45
4.4 Penyelesaian Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani pada MATLAB	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Representasi Linier Naik	13
Gambar 2.2 Representasi Linier Turun	14
Gambar 2.3 Representasi Linier Segitiga	15
Gambar 2.4 Fungsi Implikasi <i>Min</i>	18
Gambar 2.5 Tampilan Utama MATLAB	23
Gambar 2.6 Tampilan Awal GUI MATLAB	24
Gambar 2.7 Tampilan <i>Templates</i> Blank GUI (<i>Defaults</i>).....	24
Gambar 2.8 Tampilan UI Control GUI MATLAB.....	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian <i>Fuzzy</i> Mamdani.....	28
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian <i>Fuzzy</i> Sugeno	29
Gambar 4.1 Hasil Dari Gabungan Himpunan-Himpunan Samar Semua Aturan Untuk Produksi	40
Gambar 4.2 Tampilan Awal MATLAB	52
Gambar 4.3 <i>Fis Editor</i>	52
Gambar 4.4 <i>Membership Function Editor</i>	53
Gambar 4.5 <i>Rule</i> MATLAB	54
Gambar 4.6 <i>Rule Viewer</i>	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penting untuk mempelajari matematika karena tidak lepas perannya dalam kehidupan sehari-hari, mempermudah dalam hal perhitungan maupun bidang lainnya. Menurut (Haeruman, dkk. 2017), perkembangan matematika dapat memberikan kontribusi dalam perkembangan teknologi, informasi dan komunikasi. Pelajaran matematika dapat meningkatkan kemampuan berfikir logis, analitis, sistematis, kritis, kreatif dan kemampuan kerjasama.

Dalam menghadapi persaingan dunia usaha yang semakin ketat, sekarang kita dituntut untuk dapat mengembangkan usaha agar usaha kita dapat maju dan besar serta menjadi pengusaha yang sukses. Pengembangan usaha yang baik di mulai dari diri kita sendiri walaupun banyak menghadapi kendala-kendala dalam dunia usaha. Maka dari itu, dibutuhkan strategi dalam pengembangan usaha agar usaha dapat bertahan lama dan tidak bangkrut. Merintis usaha merupakan pekerjaan yang mudah dan dapat dilakukan oleh siapapun, yang terpenting adalah keyakinan dan tekad yang kuat untuk usaha mandiri. Kemauan yang kuat untuk menjadi wirausaha saja tidak cukup. Kemampuan dan keberanian serta kesempatan merupakan elemen lain yang harus diperkuat agar menjadi wirausaha (Rambe, 2018).

Tahu merupakan suatu produk makanan yang sudah populer dimasyarakat Indonesia. Sejak dulu, masyarakat Indonesia terbiasa mengkonsumsi tahu sebagai lauk pauk pendamping nasi atau sebagai makanan ringan. Tahu menjadi makanan yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia karena rasanya enak dan harganya

juga relatif murah. Tahu mengandung beberapa nilai gizi, seperti protein, lemak, karbohidrat, kalori, mineral, fosfor, dan vitamin B-kompleks. Tahu juga kerap dijadikan menu diet rendah kalori karena kandungan hidrat arang yang rendah (Utami, 2012).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menentukan ketidakpastian dalam logika fuzzy, antara lain metode *fuzzy* Tsukamoto, *fuzzy* Mamdani, dan *fuzzy* Sugeno. Pada dasarnya penentuan jumlah produksi ini direncanakan untuk memenuhi tingkat produksi guna memenuhi tingkat penjualan yang direncanakan atau tingkat permintaan pasar. Dalam proses produksi (*manufacture*), berbagai jenis sumber daya masukan (*input*) diolah untuk menghasilkan keluaran (*output*) yang memiliki nilai tambah (*value added*) dan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Untuk mengawasi kelancaran proses produksi dibutuhkan manager operasi guna mengambil keputusan yang berkenaan dengan suatu fungsi operasi dan sistem transformasi yang digunakan.

Keuntungan yang maksimal diperoleh dari penjualan yang maksimal. Penjualan yang maksimal artinya dapat memenuhi permintaan-permintaan yang ada. Apabila jumlah produk yang diproduksi oleh perusahaan kurang dari jumlah permintaan maka perusahaan akan kehilangan peluang untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal. Sebaliknya apabila jumlah produk yang diproduksi jauh lebih banyak dari jumlah permintaan maka perusahaan akan mengalami kerugian. Oleh karena itu perencanaan jumlah produk dalam suatu perusahaan sangatlah penting agar dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat dan dengan jumlah yang sesuai. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan

jumlah produk, antara lain: sisa persediaan satu periode sebelumnya dan perkiraan jumlah permintaan satu periode selanjutnya (Sitepu, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana cara menyelesaikan perhitungan metode *fuzzy* mamdani dan sugeno dalam mengoptimalkan produksi tahu berbantu MATLAB?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan produksi tahu menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Sugeno* berbantu MATLAB agar keuntungan yang diperoleh lebih maksimal namun tidak memproduksi secara berlebihan agar tidak terjadinya penumpukan persediaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis, melalui penulisan ini dapat menambah penguasaan materi, sebagai pengalaman dalam melakukan penelitian dan menyusun karya ilmiah, serta sarana untuk mengaplikasikan ilmu matematika yang telah diterima dalam bidang keilmuannya.
2. Bagi pembaca, berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan para pembaca atau mahasiswa yang ingin melakukan penelitian dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai referensi saat melakukan penelitian. Baik itu dari segi penulisan maupun hal lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tahu

Tahu merupakan makanan sumber protein yang sangat populer dimasyarakat. Bahan baku pembuatan tahu adalah jenis kacang-kacangan, yaitu kedelai. Komponen terpenting dari tahu yang menentukan kualitas tahu adalah protein. Tahu merupakan makanan tradisional yang populer. Selain rasanya enak, harganya murah dan nilai gizinya pun tinggi. Meskipun harganya murah dan bentuknya sederhana, ternyata tahu mempunyai mutu yang istimewa dilihat dari segi gizi. Hasil studi menunjukkan bahwa tahu kaya akan protein bermutu tinggi, tinggi sifat komplementasi proteinnya, cocok untuk makanan diet karena rendah kandungan lemak jenuh dan bebas kolesterol (Armi, 2014).

Sebagai hasil olahan kacang kedelai, tahu merupakan makanan andalan untuk perbaikan gizi karena tahu mempunyai mutu protein nabati terbaik karena mempunyai komposisi asam amino paling lengkap dan diyakini memiliki daya cerna yang tinggi. Kandungan gizi dalam tahu, memang masih kalah dibandingkan lauk pauk hewani, seperti telur, daging dan ikan. Namun, dengan harga yang lebih murah, tidak sedikit masyarakat cenderung lebih memilih mengkonsumsi tahu sebagai bahan makanan pengganti protein hewani untuk memenuhi kebutuhan gizi. (Rusdi, dkk. 2011)

Tahu berasal dari Cina, dan telah menjadi makanan populer masyarakat Indonesia. Kepopuleran tahu ini tidak terbatas karena rasanya yang enak, tetapi juga

mudah dibuat dan dapat diolah menjadi berbagai macam masakan serta harganya relatif terjangkau (Sudirman, 2012).

2.2 Permintaan, Persediaan dan Produksi

Berikut adalah penjelasan yang dimaksud permintaan, persediaan dan produksi, yaitu sebagai berikut :

1. Permintaan

Secara umum permintaan adalah banyaknya jumlah barang yang diminta pada suatu pasar tertentu dengan tingkat harga tertentu pada tingkat pendapatan tertentu. Besar kecilnya perubahan permintaan ditentukan oleh besar kecilnya perubahan harga. Jika ini terjadi maka berlaku perbandingan terbalik antara harga terhadap harga permintaan dan berbanding lurus dengan penawaran. Hukum permintaan menyatakan “bila harga suatu barang naik, maka permintaan barang tersebut turun, sebaliknya jika harga suatu barang turun maka permintaan terhadap suatu barang tersebut akan naik”. (Putra, dkk. 2018).

Ada beberapa macam permintaan, yaitu sebagai berikut :

- a. Permintaan efektif adalah permintaan masyarakat terhadap suatu barang atau jasa yang disertai dengan daya beli atau kemampuan membayar. Pada permintaan jenis ini, seorang konsumen memang membutuhkan barang itu dan ia mampu membayarnya.
- b. Permintaan potensial adalah permintaan masyarakat terhadap suatu barang dan jasa yang sebenarnya memiliki kemampuan untuk membeli, tetapi belum melaksanakan pembelian barang atau jasa tersebut. Contohnya, Pak Luki

sebenarnya mempunyai uang yang cukup untuk membeli kulkas, namun ia belum mempunyai keinginan untuk membeli kulkas.

- c. Permintaan absolut adalah permintaan konsumen terhadap suatu barang atau jasa yang tidak disertai dengan daya beli. Pada permintaan absolut konsumen tidak mempunyai kemampuan untuk membeli barang yang diinginkan. Contohnya, Hendra ingin membeli sepatu olahraga. Akan tetapi uang yang dimiliki Hendra tidak cukup untuk membeli sepatu olahraga. Oleh karena itu keinginan Hendra untuk membeli sepatu olahraga tidak bisa terpenuhi.

(Febrianti, 2014).

2. Persediaan

Persediaan diartikan sebagai barang-barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada masa atau periode yang akan datang. Manajemen persediaan memiliki tugas untuk mengatur berapa banyak item yang harus disediakan, kapan dan berapa banyak pembelian harus dilakukan. Keputusan yang menyangkut berapa banyak dan kapan harus melakukan pemesanan, merupakan permasalahan yang kompleks dalam masalah persediaan, terlebih lagi bila barang yang harus disediakan terdiri dari beberapa jenis item, dengan pemasok yang bervariasi, waktu penyerahan yang tidak seragam, jumlah pesanan yang berbeda serta anggaran yang terbatas. Salah satu bagian dari manajemen persediaan yang penting dilakukan perusahaan adalah pengawasan persediaan.

Persediaan adalah suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan yang dimaksud untuk dijual dalam satu periode usaha yang normal atau persediaan barang baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi. Tanpa

adanya persediaan, para pengusaha akan dihadapkan pada resiko bahwa perusahaannya pada suatu waktu tidak dapat memenuhi keinginan pelanggan yang memerlukan atau meminta barang atau jasa. Persediaan diadakan apabila keuntungan yang diharapkan dari persediaan tersebut hendaknya lebih besar dari pada biaya-biaya yang ditimbulkannya. Alasan diperlukannya persediaan oleh suatu perusahaan pabrik adalah:

- a. Dibutuhkannya waktu untuk menyelesaikan operasi produksi untuk memindahkan produk dari suatu tingkat ke tingkat proses yang lain, yang disebut persediaan dalam proses pemindahan,
- b. Alasan organisasi, untuk memungkinkan satu unit atau bagian membuat jadwal operasinya secara bebas, tidak tergantung dari yang lainnya.

(Putra, dkk. 2018).

3. Produksi

Menurut Sitepu (2018), produksi adalah kegiatan yang mentransformasikan masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*), tercakup semua aktivitas atau kegiatan yang menghasilkan barang atau jasa, serta kegiatan-kegiatan lain yang mendukung atau menunjang usaha untuk menghasilkan produk tersebut. Produksi dapat dikelompokkan menjadi beberapa bidang, antara lain :

- a. Produksi ekstraktif adalah produksi yang memanggil langsung hasil yang disediakan alam tanpa pengolahan lebih lanjut, seperti: pertambangan, penangkapan ikan, dan lain-lain,
- b. Produksi agraris adalah produksi yang mengolah alam untuk memelihara tanaman dan hewan, seperti: pertanian, perkebunan, peternakan dan lain-lain.

c. Produksi industri, adalah produksi yang mengolah:

- 1) Bahan mentah menjadi barang jadi,
- 2) Bahan mentah menjadi barang setengah jadi,
- 3) Bahan setengah jadi menjadi barang setengah jadi,
- 4) Bahan setengah jadi menjadi barang jadi.

2.3 Integral

Integral adalah sebuah konsep penjumlahan secara berkesinambungan dalam matematika. Integral tentu adalah bentuk integral variabel integrasinya memiliki batasan. Batasan tersebut biasanya disebut batasan atas dan batasan bawah. Batas variabel integrasi pada umumnya ditulis di bagian atas dan bagian bawah notasi integral. Karena variabel integrasinya memiliki batas, maka hasil integral tentu merupakan suatu bilangan yang pasti dan bukan merupakan penyelesaian umum seperti halnya integral tak tentu. Pada notasi integral tentu terdapat batas atas dan batas bawah untuk variabel integrasinya. Batasan tersebut berfungsi untuk membatasi nilai variabel dari fungsi yang akan diintegrasikan. Prinsipnya adalah dengan mensubstitusikan batas atas dan batas bawah pada hasil integrasinya sehingga diperoleh suatu bilangan sebagai hasil integrasi.

Integral tentu dapat dikatakan luas daerah bidang datar, tepatnya luas daerah dibawah kurva $y = f(x)$. Berikut adalah sifat-sifat dari intgral tertentu.

$$\int_a^b f(x)dx = f(x)|_a^b = f(b) - f(a) \quad (2.1)$$

(Wirodikromo & Darmanto, 2020)

2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy*, pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut. Logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* menuju ke ruang *output*. Kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik.

Himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah (Sitepu, 2018).

Menurut (Munoz, dkk. 2017) dalam jurnalnya yang berjudul *A Fuzzy System for Estimating Premium Cost of Option Exchange Using Mamdani Inference: Derivatives Market of Mexico* memaparkan bahwa sistem logika *fuzzy* dapat mendekati masalah pengambilan keputusan dalam arti yang ketat dan pada saat yang sama mendukung ketidakpastian dan ketidakjelasan. Logika *fuzzy*

memperkenalkan kemungkinan menyelesaikan masalah yang diungkapkan dari perspektif manusia dan bahwa kondisi sederhana ini, tidak dapat memiliki solusi tunggal dari "salah" atau "benar," tetapi mungkin diperlukan kondisi menengah untuk memberikan solusi yang memuaskan untuk masalah yang disajikan sehingga teori himpunan *fuzzy* lebih mudah beradaptasi konteks yang berbeda.

Definisi: Himpunan A dalam semesta X dapat dinyatakan dengan fungsi karakteristik : $X \rightarrow \{0,1\}$ yang didefinisikan dengan aturan:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases}; \forall x \in X$$

Teori himpunan yang telah lama dikenal ini selanjutnya disebut sebagai himpunan tegas (*crisp set*). Pada himpunan tegas, nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$ memiliki dua kemungkinan, yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Contoh : Misalkan himpunan $S = \{ \}$

Pada himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik pada *crisp set* sedemikian sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan *real* pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a) Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan suatu lambang atau kata yang menunjukkan kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem *fuzzy*. Contoh: permintaan, persediaan, produksi, dan sebagainya.

b) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. *Linguistik*, yaitu persamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa, seperti: sedikit, standar, banyak.
2. *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 5, 10, 15, dan sebagainya.

c) Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: semesta pembicaraan untuk variabel permintaan: [1: 100]

d) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh:

Temperatur dengan satuan °C yaitu :

1. DINGIN = [0 20]
2. SEJUK = [15 25]
3. NORMAL = [20 30]

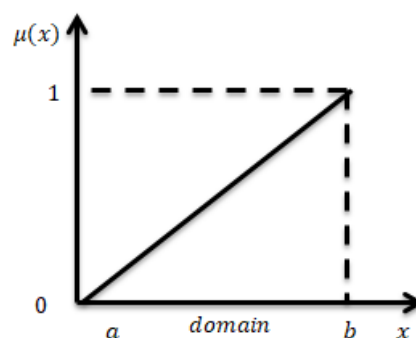
4. HANGAT = [25 35]

5. PANAS = [30 40]

2.5 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki nilai interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan yang biasa digunakan yaitu representasi linier. Pada representasi linier, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, antara lain:

- a. Representasi linier naik, dimana keadaan naik himpunan *fuzzy* dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2.1 Representasi Linier Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x > b \end{cases} \quad (2.2)$$

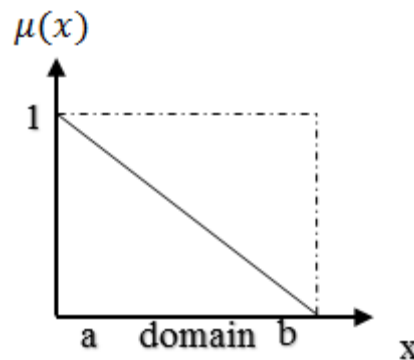
Dengan :

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

- b. Representasi linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2.2 Representasi Linier Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

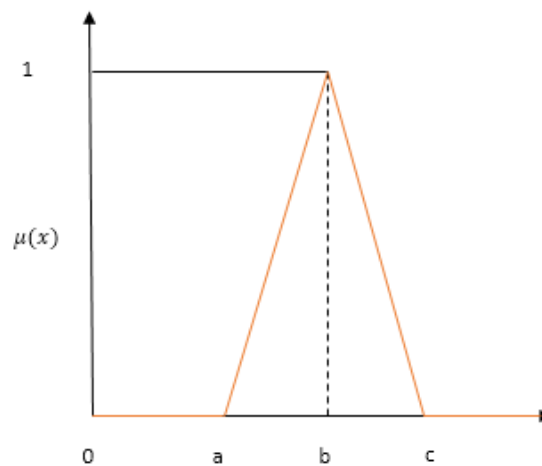
Dengan :

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

- c. Representasi linier segitiga, dimana keadaan himpunan *fuzzy* dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, lalu bergerak menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah.



Gambar 2.3 Representasi Linier Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

Dengan

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

2.5 Operator Dasar untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikanmemodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan yang sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α -predikat. Ada 2 operator yang akan digunakan, yaitu:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND. Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2.5)$$

Dengan

$\mu_{A \cap B}$ = fungsi keanggotaan irisan dari himpunan *fuzzy* A dan
himpunan *fuzzy* B

$\mu_A[x]$ = fungsi keanggotaan x pada himpunan *fuzzy* A

$\mu_B[y]$ = fungsi keanggotaan y pada himpunan *fuzzy* B

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR. Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2.6)$$

Dengan :

$\mu_{A \cup B}$ = fungsi keanggotaan gabungan dari himpunan *fuzzy* A dan himpunan *fuzzy* B

$\mu_A[x]$ = fungsi keanggotaan x pada himpunan *fuzzy* A

$\mu_B[y]$ = fungsi keanggotaan y pada himpunan *fuzzy* B

2.6 Fuzzy Mamdani

Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk metode *fuzzy* Mamdani, setiap aturan yang berbentuk implikasi (“sebab-akibat”) anteseden yang berbentuk konjungsi (*AND*) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (*min*), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (*max*), karena himpunan aturan-aturannya bersifat *independent* (tidak saling bergantung).

Untuk memperoleh keluaran (*output*) diperlukan 4 tahapan, yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* pada metode *Fuzzy* Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*,

2. Aplikasi fungsi implikasi pada metode *Fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*.

$$\min (\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.7)$$

Dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF \ x \text{ is } A \ THEN \ y \text{ is } B$$

Dimana x dan y adalah skalar, serta A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai enteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen. Proposisi dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

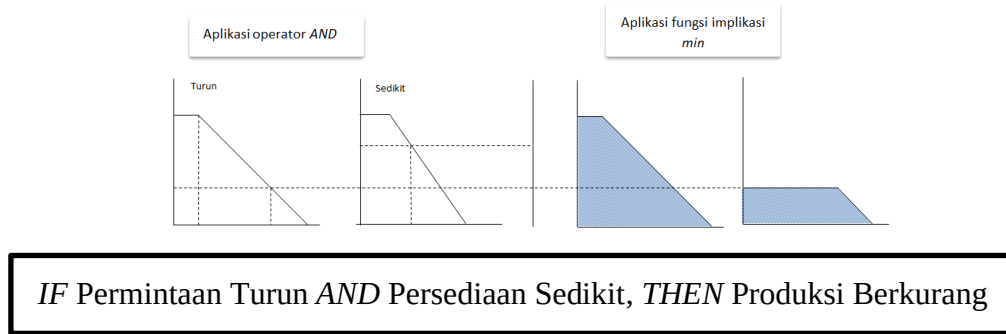
$$IF \ (x_1 \text{ is } A_1) \ AND \ (x_2 \text{ is } A_2) \ THEN \ y \text{ is } B$$

Contoh :

IF Permintaan Turun, *AND* Persediaan Banyak, *THEN* Produksi Barang Berkurang.

Dari contoh diatas, diketahui bahwa bentuk dari fungsi implikasinya x_1 sebagai variabel Permintaan, x_2 sebagai variabel Persediaan, dan y sebagai variabel Produksi. Operator yang digunakan adalah operator *AND*. Untuk himpunan *fuzzy* yang digunakan yaitu A_1 untuk Turun, A_2 untuk Banyak dan B untuk Berkurang.

Secara umum, fungsi implikasi yang dapat digunakan yaitu fungsi *min* (*minimum*). Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.3 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi *min*.



Gambar 2.4 Fungsi Implikasi *min*

3. Komposisi aturan

Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu metode *max* (*maximum*) dimana 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 (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.8)$$

Dimana:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i.

4. Penegasan (*Defuzzyfikasi*)

Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan

suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Metode *defuzzyfikasi* pada komposisi aturan *fuzzy* mamdani yaitu metode *centroid* (*Composite Moment*), dimana pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (Z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum, dirumuskan sebagai berikut:

Untuk variabel diskrit :

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.9)$$

Dimana:

z^* = nilai hasil penegasan (*defuzzyfikasi*)

z_j = nilai keluaran pada aturan ke -j

$\mu(z_j)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke -j

n = banyak aturan yang digunakan

(Sitepu, 2018).

2.6 Fuzzy Sugeno

Penalaran *fuzzy* Metode Sugeno hampir sama dengan penalaran metode Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan *singleton* sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. *Singleton* adalah sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut.

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam implementasi metode *fuzzy* Sugeno, yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (*Fuzzyfikasi*)

Pada metode *fuzzy* Sugeno, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*,

2. Pembentukan Aturan Dasar *Fuzzy*

Sama seperti halnya metode *fuzzy* Mamdani, pada metode *fuzzy* Sugeno tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Pada metode *fuzzy* Sugeno *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linier.

Ada 2 model *Fuzzy* metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

a. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde Nol adalah:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) THEN z = k$$

Dimana :

A_i = himpunan *fuzzy* ke- i sebagai antesenden

x_i = variabel x_1 adalah anggota *fuzzy set* A_1

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

k = suatu konstanta sebagai konsekuen

b. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu adalah:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) THEN z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$$

Dimana:

A_i = himpunan *fuzzy* ke- i sebagai antesenden

x_i = variabel x_1 adalah anggota *fuzzy set* A_1

p_i = suatu konstanta ke- i

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

q = konstanta dalam konsekuen.

Aplikasi fungsi implikasi (aturan) yang digunakan pada metode *fuzzy* Sugeno sama dengan *fuzzy* Mamdani yaitu *min*.

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

3. Defuzzifikasi (*Defuzzification*)

Pada proses penegasan ini *output* berupa bilangan *crisp*. *Defuzzification* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya. Pada metode *fuzzy* Sugeno, *defuzzification* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA), dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \quad (2.10)$$

Dimana:

WA = Nilai rata - rata,

a_n = Nilai predikat aturan ke n ,

z_n = Indeks nilai *output* (konstanta) ke- n .

(Naibaho, 2020).

2.7 *Matrix Laboratory* (MATLAB)

MATLAB merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemograman, analisis, serta komputasi teknis dan matematis berbasis matriks. MATLAB adalah singkatan dari *Matrix Laboratory* karena mampu menyelesaikan masalah perhitungan dalam bentuk matriks. MATLAB versi pertama dirilis pada tahun 1970 oleh Cleve Moley. Pada awalnya MATLAB didesain untuk menyelesaikan

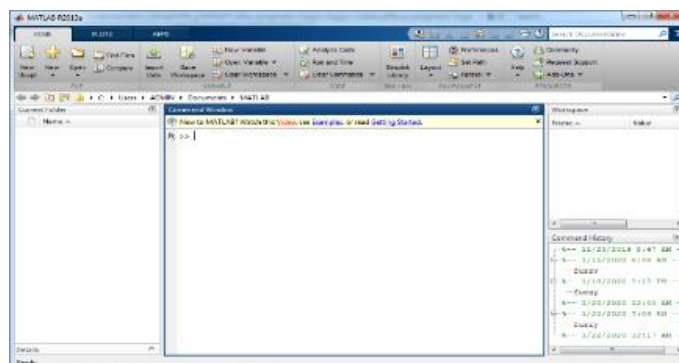
masalah-masalah persamaan aljabar linier. Seiring berjalannya waktu, program ini terus mengalami perkembangan dari segi fungsi dan performa komputasi.

Bahasa pemrograman yang kini dikembangkan oleh *MathWorks Inc.* menggabungkan proses pemrograman, komputasi, dan visualisasi melalui lingkungan kerja yang mudah digunakan. MATLAB juga memiliki keunggulan lainnya, seperti analisis dan eksplorasi data, pengembangan algoritma, pemodelan dan simulasi, visualisasi *plot* dalam bentuk 2D dan 3D, hingga pengembangan aplikasi antar muka grafis. Dalam ruang lingkup perguruan tinggi, MATLAB digunakan sebagai alat pembelajaran pemrograman matematika, teknik, dan sains pada level pengenalan dan lanjutan. Sedangkan dalam dunia industri, MATLAB dipilih sebagai alat penelitian, pengembangan, dan analisis produk industri.

(Tjolleng, 2017).

1. Memulai MATLAB

Perhatikan dekstop pada layar monitor PC, mulailah MATLAB dengan melakukan *double-click* pada *shortcut icon* MATLAB. Selanjutnya akan muncul tampilan awal MATLAB seperti pada Gambar 2.5 berikut ini.



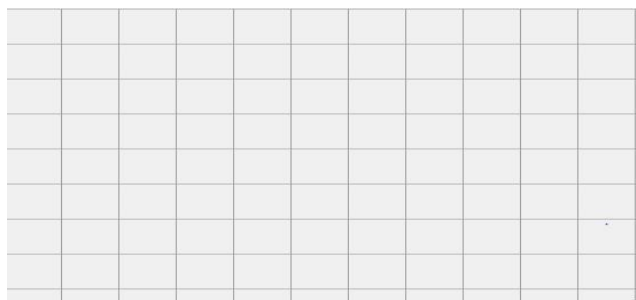
Gambar 2.5 Tampilan Utama MATLAB

2. Graphical User Interfaces (GUI) MATLAB

GUI (*Graphical User Interfaces*) MATLAB merupakan GUI pada MATLAB yang dikenal dengan nama “GUIDE (GUI builDEr)”. GUI MATLAB mempunyai kelebihan tersendiri dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya, diantaranya :

- a) GUI MATLAB banyak digunakan dan cocok untuk aplikasi-aplikasi berorientasi sains, sehingga banyak peneliti dan mahasiswa menggunakan GUI MATLAB untuk menyelesaikan riset atau tugas akhirnya,
- b) GUI MATLAB mempunyai fungsi *build-in* yang siap digunakan dan pemakai tidak perlu repot membuatnya sendiri,
- c) Ukuran file, baik *FIG-file* maupun *M-file*, yang dihasilkan relatif kecil,
- d) Kemampuan grafisnya cukup andal dan tidak kalah dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya (Sari, 2017).

Cara membuka halaman GUI MATLAB cukup mudah, hanya dengan mengetikkan *guide* di *command windows*, maka akan muncul pilihan untuk membuat sebuah GUI MATLAB. Tampilan awal GUI MATLAB dapat dilihat pada Gambar 2.6 sebagai berikut :



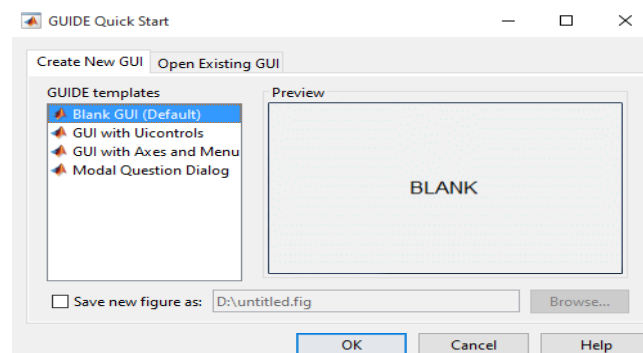
Gambar 2.6 Tampilan Awal GUI MATLAB

Dari gambar diatas dapat dilihat ada beberapa *templates* yang disediakan oleh GUI MATLAB, seperti Blank GUI (*Defaults*), GUI with UI controls, GUI with Axes and Menu, dan Model Question Dialog. Pada umumnya, sebagai pemula jika ingin mendesain tampilan GUI MATLAB sendiri dapat memilih *templates* Blank GUI (*Defaults*), dimana tampilannya seperti Gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Tampilan *Templates* Blank GUI (*Defaults*)

Komponen *palet* pada GUI MATLAB terdiri dari beberapa UIControl (kontrol *user interface*), seperti pada bahasa pemrograman visual lainnya, dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.8 Tampilan UI Control GUI MATLAB

- 1) *Selector*, fungsinya sama seperti kursor,

- 2) *Push button*, biasa digunakan untuk menjalankan fungsi yang akan dieksekusi. Saat GUI dijalankan, *push button* berupa tombol tekan yang akan menghasilkan sebuah tindakan ketika di tekan,
- 3) *Radio button*, digunakan untuk memilih atau menandai 1 pilihan dari beberapa pilihan yang ada,
- 4) *Edit text*, biasa digunakan untuk input data yang dimasukkan ke dalam program, *edit text* merupakan sebuah tempat yang memungkinkan kita memasukkan atau memodifikasi teks,
- 5) *Pop-up menu*, biasa digunakan untuk menu atau pilihan. Biasanya diisi lebih dari 1 pilihan,
- 6) *Toggle button*, memiliki fungsi yang sama dengan *push button*. Perbedaannya adalah saat *push button* ditekan, maka tombol akan kembali pada posisi semula jika tombol *mouse* dilepas, sedangkan pada *toggle button*, tombol tidak akan kembali ke posisi semula, kecuali jika kita menekannya kembali,
- 7) *Axes*, berfungsi menampilkan grafik atau gambar (*image*). *Axes* tidak masuk dalam *UI Control*, tetapi dapat diprogram agar pemakai dapat berinteraksi dengan *Axes* dan obyek grafik yang ditampilkan melalui *Axes*,
- 8) *Button group*, berfungsi untuk menyatukan beberapa *radio button*. Jika salah satu *radio button* dipilih, yang lain otomatis dikosongi,
- 9) *Slider*, berfungsi memberi input nilai tanpa menggunakan *keyboard*, kita dapat mengatur sendiri nilai maksimum, minimum, serta *sliderstep*. Caranya dengan menggeser *slider* secara *vertical* maupun *horizontal* ke nilai yang diinginkan. Nilai *default slider* adalah 0 sampai 1,
- 10) *Check box*, berfungsi menyediakan beberapa pilihan mandiri atau tidak bergantung dengan pilihan-pilihan lainnya,

- 11) *Static text*, biasa digunakan untuk memberi keterangan pada GUI. Bisa juga digunakan untuk menampilkan *output*.
- 12) *Listbox*, mirip dengan *pop-up menu* tetapi daftar menu ditampilkan dalam bentuk daftar,
- 13) *Table*, berfungsi menampilkan tabel di GUI MATLAB,
- 14) *Panel*, digunakan sebagai *background* atau tempat mendesain GUI. Bisa juga untuk mengelompokkan.

(Putri, 2018).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara terstruktur mulai dari tahap mengumpulkan data hingga tahap menganalisis data untuk menarik kesimpulan

3.2 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari jurnal nasional tidak terakreditasi dengan judul Penerapan metode *Fuzzy Tsukamoto* dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu (Basriati. 2020)

3.3 Analisis Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *fuzzy* mamdani dan sugeno, adapun langkah-langkah untuk metode *fuzzy* tersebut adalah :

1. Pengolahan Data Menggunakan *Fuzzy Mamdani*

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data yang diperoleh dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- a) Menentukan variabel dan semesta pembicaraan, dilanjut dengan pembentukan himpunan *fuzzy*,
- b) Pembentukan aplikasi fungsi implikasi yang digunakan adalah aturan *min* menggunakan persamaan (2.15),

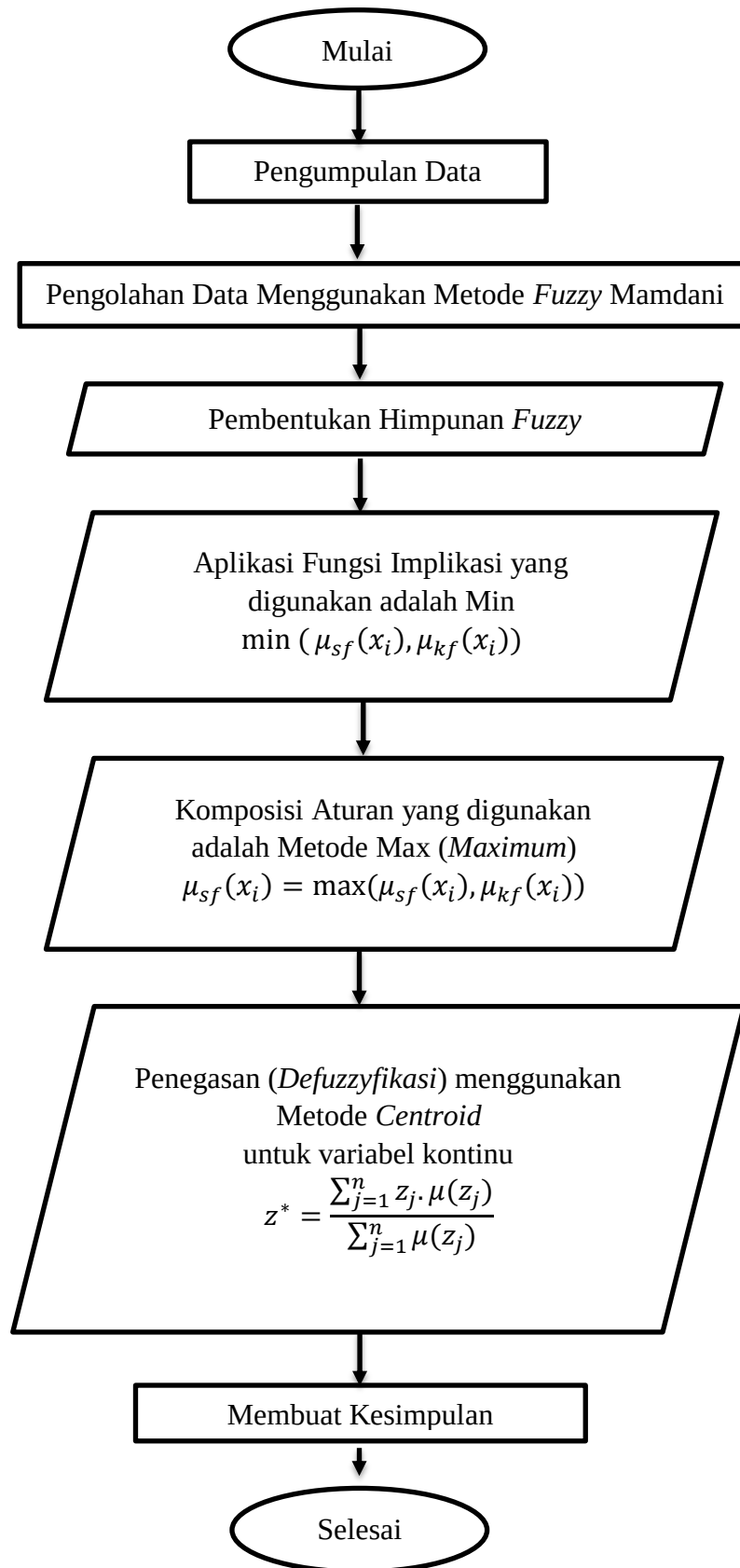
- c) Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode *max* untuk melakukan komposisi antar semua aturan dengan menggunakan persamaan,
 - d) Metode penegasan yang digunakan adalah metode *centroid* untuk variable kontinu dengan menggunakan persamaan.
2. pengolah data menggunakan *fuzzy sugeno*

Pada tahapan ini, pengolah data yang diperoleh dari perusahaan akan diolah dengan tahap-tahap sebagai berikut :

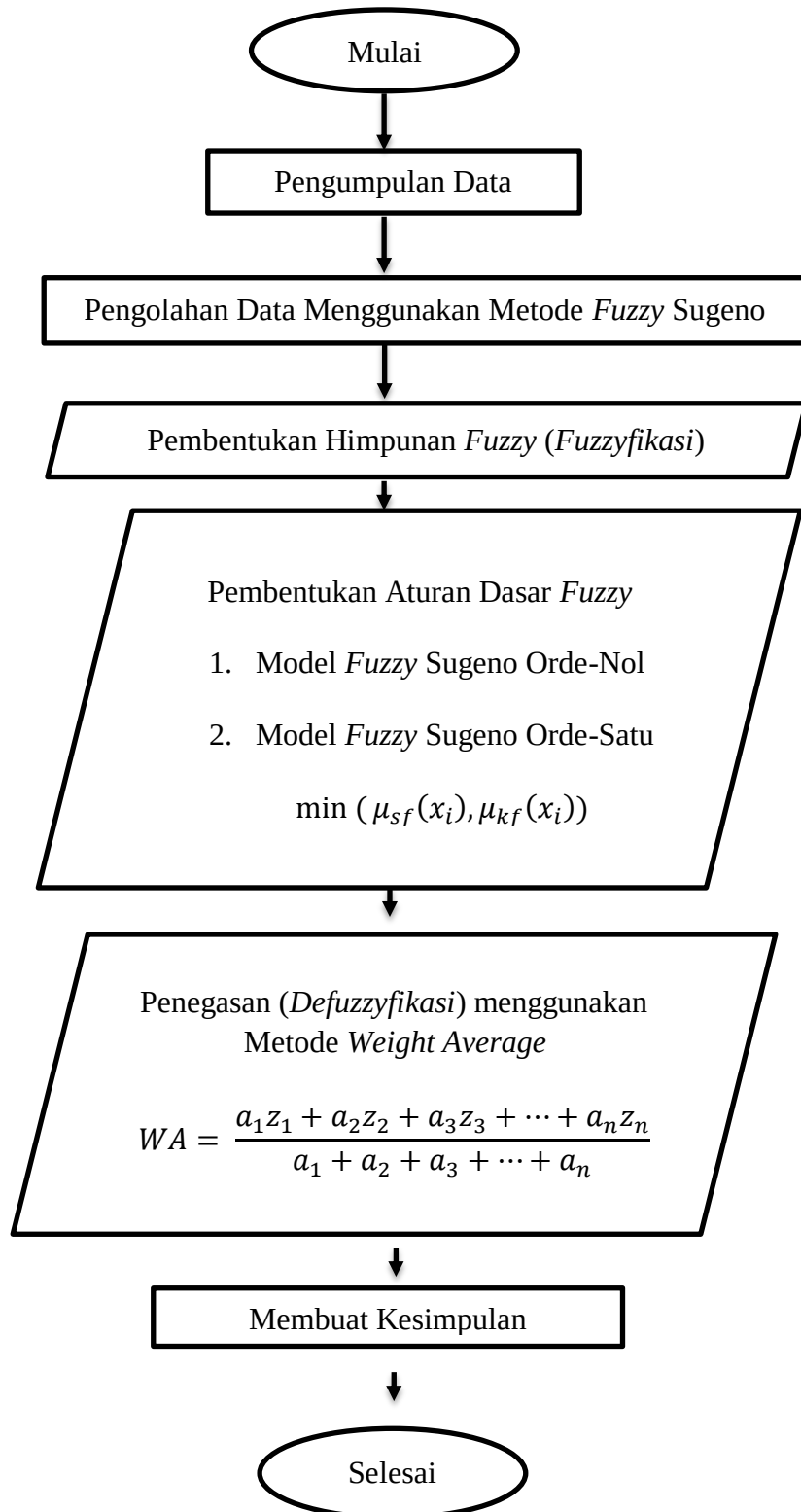
- a) Menentukan variabel dan semesta pembicaraan, dilanjut dengan pembentukan himpunan *fuzzy*,
- b) Pembentukan aturan dasar *fuzzy*
- c) Defuzzyfikasi

3.4 Perancangan Sistem

Berdasarkan data yang telah diperoleh akan dianalisis sesuai dengan kebutuhan dalam sistem yang nantinya akan mempermudah dalam merancang perangkat lunak menjadi suatu program untuk mempermudah proses perhitungan. Model perhitungan dalam memaksimalkan produksi tahu menjadi beberapa bagian dari tiga kriteria atau indikator yaitu permintaan, persediaan dan produksi. Kemudian data inilah yang diteliti menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Sugeno* untuk mengoptimalkan produksi tahu. Kemudian berdasarkan data yang telah diperoleh akan dirancang suatu program untuk melakukan perhitungan agar menjadi lebih mudah dalam mendapatkan hasil akhir dari perhitungan.



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian Fuzzy Mamdani

Gambar 3.2 *Flowchart* Metode Penelitian *Fuzzy Sugeno*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskripsi Data

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari jurnal yang ditulis oleh (Basriati, dkk. 2020) berjudul Penerapan Metode *Fuzzy* Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu. Dari jurnal tersebut diperoleh data yang terbagi menjadi tiga bagian, yaitu permintaan, persediaan dan produksi. Adapun data yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Permintaan, Persediaan dan Produksi

Bulan/Tahun	Permintaan	Persediaan	Produksi
Januari 2017	22.885	2.960	21.285
Februari 2017	20.535	2.880	18.920
Maret 2017	21.925	2.360	20.425
April 2017	20.890	2.445	19.780
Mei 2017	22.550	3.230	21.070
Juni 2017	22.090	2.970	20.210
Juli 2017	21.980	2.600	21.285
Agustus 2017	21.550	2.545	20.640
September 2017	21.455	3.065	19.995
Oktober 2017	23.050	3.350	21.285
November 2017	21.320	2.875	19.780
Desember 2017	21.120	2.560	20.425
Januari 2018	22.380	3.290	21.070
Februari 2018	20.285	2.790	18.920
Maret 2018	22.985	2.925	21.070
April 2018	21.990	2.580	20.425
Mei 2018	22.250	2.670	20.640
Juni 2018	21.780	2.495	20.425
Juli 2018	23.015	3.310	21.285
Agustus 2018	21.460	2.675	20.425
September 2018	21.870	2.450	19.780
Oktober 2018	22.990	2.985	21.070
November 2018	21.150	2.665	20.210
Desember 2018	20.980	2.400	19.780

Sumber : Basriati 202

4.2 Penyelesaian Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*

Data dua tahun pada Januari tahun 2017 sampai Desember tahun 2018 dapat disimpulkan permintaan terbesar mencapai 23.050 tahu perbulan, dan permintaan terkecil 20.285 tahu perbulan. Persediaan terbanyak mencapai 3.350 tahu perbulan dan paling sedikit mencapai 2.360 tahu perbulan.

Dalam kasus ini terdapat 3 variabel, yaitu 2 variabel input, permintaan dan persediaan. Sedangkan output terdapat 1 variabel yaitu produksi. Variabel permintaan memiliki 3 nilai linguistik yaitu naik, standar dan turun. Variabel persediaan memiliki 3 nilai linguistik yaitu banyak, standar dan sedikit. Produksi memiliki 3 nilai linguistik yaitu bertambah, standar dan berkurang.

Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan menggunakan metode *fuzzy mamdani*.

1. Langkah pertama

Menentukan variabel, membentuk himpunan *fuzzy*, menentukan nilai semesta pembicaraan, menentukan nilai domain serta membuat fungsi keanggotaan.

Tabel 4.2 Himpunan *Fuzzy*, Semesta Pembicaraan dan Domain

Fungsi	Variabel	Himpunan fuzzy	Semesta pembicaraan	Domain
Input	Permintaan	Turun		[20.285 – 21.668]
		Standar	20.285 – 23.050	[20.976 – 22.359]
		Naik		[21.667 – 23.050]
	Persediaan	Sedikit		[2.360 – 2.885]
		Standar	2.360 – 3.350	[2.608 – 3.103]
		Banyak		[2.885 – 3.350]
Output	Produksi	Berkurang	18.920 – 21.285	[18.920 – 20.103]

Standar	[19.512 – 20.694]
Bertambah	[20.103 – 21.285]

Setelah menentukan variabel, membentuk himpunan *fuzzy*, menentukan nilai semesta pembicaraan, menentukan nilai domain. Selanjutnya membuat fungsi keanggotaan untuk permintaan, persediaan dan produksi. Berikut fungsi keanggotaan permintaan, persediaan dan produksi.

a. Fungsi keanggotaan permintaan

$$\mu_{pmtTurun}[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 20.976 \\ \frac{(21.666 - x)}{(21.668 - 20.976)} & ; 20.976 \leq x \leq 21.668 \\ 0 & ; x \geq 21.668 \end{cases}$$

$$\mu_{pmtStandar}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 20.976 \text{ atau } x \geq 22.359 \\ \frac{x - 20.976}{21.668 - 20.976} & ; 20.976 \leq x \leq 21.668 \\ \frac{22.359 - x}{22.359 - 21.668} & ; 21.668 \leq x \leq 22.359 \end{cases}$$

$$\mu_{pmtNaik}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 21.668 \\ \frac{(x - 21.668)}{(22.359 - 21.668)} & ; 21.668 \leq x \leq 22.359 \\ 1 & ; x \geq 22.359 \end{cases}$$

b. Fungsi keanggotaan persediaan

$$\mu_{psdSedikit}[y] = \begin{cases} 1 & ; y \leq 2.608 \\ \frac{(2.885 - y)}{(2.885 - 2.608)} & ; 2.608 \leq y \leq 2.885 \\ 0 & ; y \geq 2.885 \end{cases}$$

$$\mu_{psdStandar}[y] = \begin{cases} 0 & ; 2.608 \leq y \text{ atau } y \geq 3.103 \\ \frac{y - 2.608}{2.885 - 2.608} & ; 2.608 \leq y \leq 2.885 \\ \frac{3.103 - y}{3.103 - 2.885} & ; 2.885 \leq y \leq 3.103 \end{cases}$$

$$\mu_{psdBanyak}[y] = \begin{cases} 0 & ; y \leq 2.885 \\ \frac{(y - 2.885)}{(3.103 - 2.885)} & ; 2.885 \leq y \leq 3.103 \\ 1 & ; y \geq 3.103 \end{cases}$$

c. fungsi keanggotaan produksi

$$\mu_{prdBerkurang}[z] = \begin{cases} 1 & ; z \leq 19.512 \\ \frac{(20.103 - z)}{(20.103 - 19.512)} & ; 19.512 \leq z \leq 20.103 \\ 0 & ; z \geq 20.103 \end{cases}$$

$$\mu_{prdStandar}[z] = \begin{cases} 0 & ; 19.512 \leq z \text{ atau } z \geq 20.694 \\ \frac{z - 19.512}{20.103 - 19.512} & ; 19.512 \leq z \leq 20.103 \\ \frac{20.694 - z}{20.694 - 20.103} & ; 20.103 \leq z \leq 20.694 \end{cases}$$

$$\mu_{prdBertambah}[z] = \begin{cases} 0 & ; z \leq 20.103 \\ \frac{(z - 20.103)}{(20.694 - 20.103)} & ; 20.103 \leq z \leq 20.694 \\ 1 & ; z \geq 20.694 \end{cases}$$

2. Langkah kedua menentukan aplikasi fungsi implikasi untuk mencari nilai

$\propto$ *-predikat*

[R1] jika permintaan turun, dan persediaan sedikit, maka produksi berkurang.

[R2] jika permintaan turun, dan persediaan standar, maka produksi berkurang.

[R3] jika permintaan turun, dan persediaan banyak, maka produksi berkurang.

[R4] jika permintaan standar, dan persediaan sedikit, maka produksi standar.

[R5] jika permintaan standar, dan persediaan standar, maka produksi standar.

[R6] jika permintaan standar, dan persediaan banyak, maka produksi standar.

[R7] jika permintaan naik, dan persediaan sedikit, maka produksi bertambah.

[R8] jika permintaan naik, dan persediaan standar, maka produksi bertambah.

[R9] jika permintaan naik, dan persediaan banyak, maka produksi standar.

Berdasarkan tabel diatas, diketahui pada bulan desember 2018 banyaknya permintaan sebesar 20.980 cetakan tahu dan persediaan sebesar 2.400 cetakan tahu. Berikut adalah perhitungan menggunakan fungsi keanggotaan seperti pada fungsi di atas.

Permintaan :

$$\mu_{pmtTurun}[20.980] = \frac{21.668 - 20.980}{21.668 - 20.976} = 0,994$$

$$\mu_{pmtStandar}[20.980] = \frac{20.980 - 20.976}{21.668 - 20.976} = 0,006$$

$$\mu_{pmtNaik}[20.980] = \frac{22.359 - 20.986}{22.359 - 21.668} = 0,000$$

Persediaan :

$$\mu_{psdSedikit}[2.400] = \frac{2.885 - 2.400}{2.885 - 2.608} = 0,000$$

$$\mu_{psdStandar}[2.400] = \frac{3.103 - 2.400}{3.103 - 2.885} = 0,000$$

$$\mu_{psdBanyak}[2.400] = \frac{2.400 - 2.885}{3.103 - 2.885} = 0,000$$

Setelah didapat nilai keluaran berupa nilai fuzzy, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan menggunakan metode *min* untuk mencari nilai $\alpha - predikat$. Berikut adalah Aplikasi fungsi implikasi untuk mencari nilai $\alpha - predikat$.

[R1] jika permintaan turun, dan persediaan sedikit, maka produksi berkurang.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_1 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdSedikit} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \\ &= 0,994 \end{aligned}$$

[R2] jika permintaan turun, dan persediaan standar, maka produksi berkurang.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_2 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdStandar} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \\ &= 0,994 \end{aligned}$$

[R3] jika permintaan turun, dan persediaan banyak, maka produksi berkurang.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_3 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdBanyak} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \end{aligned}$$

$$= 0,994$$

[R4] jika permintaan standar, dan persediaan sedikit, maka produksi standar.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_4 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdSedikit} \\ &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\ &= \min(0,006; 0) \\ &= 0,006\end{aligned}$$

[R5] jika permintaan standar, dan persediaan standar, maka produksi standar.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_5 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdStandar} \\ &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\ &= \min(0,006; 0) \\ &= 0,006\end{aligned}$$

[R6] jika permintaan standar, dan persediaan banyak, maka produksi standar.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_6 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdBanyak} \\ &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\ &= \min(0,006; 0) \\ &= 0,006\end{aligned}$$

[R7] jika permintaan naik, dan persediaan sedikit, maka produksi bertambah.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_7 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdSedikit} \\ &= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\ &= \min(0; 0) \\ &= 0,000\end{aligned}$$

[R8] jika permintaan naik, dan persediaan standar, maka produksi bertambah.

$$\begin{aligned}
\alpha - predikat_8 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdStandar} \\
&= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\
&= \min(0; 0) \\
&= 0,000
\end{aligned}$$

[R9] jika permintaan naik, dan persediaan banyak, maka produksi standar.

$$\begin{aligned}
\alpha - predikat_9 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdBanyak} \\
&= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\
&= \min(0; 0) \\
&= 0,000
\end{aligned}$$

3. Langkah ketiga komposisi antar aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan digunakan metode max untuk melakukan komposisi antar aturan. Penggunaan metode max untuk mencari dua nilai terbesar dari aplikasi fungsi implikasi. Dari komposisi antar aturan ini maka akan diperoleh fungsi keanggotaan produksi yang baru seperti pada gambar grafik berikut :

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai a_1 dan a_2 menggunakan fungsi keanggotaan produksi bertambah.

Mencari nilai dari a_1

$$\mu(z) = \frac{a_1 - 20.103}{591}$$

$$0,006 = \frac{a_1 - 20.103}{591}$$

$$3,546 = a_1 - 20.103$$

$$a_1 = 20.106,546$$

Mencari nilai dari a_2

$$\mu(z) = \frac{a_2 - 20.103}{591}$$

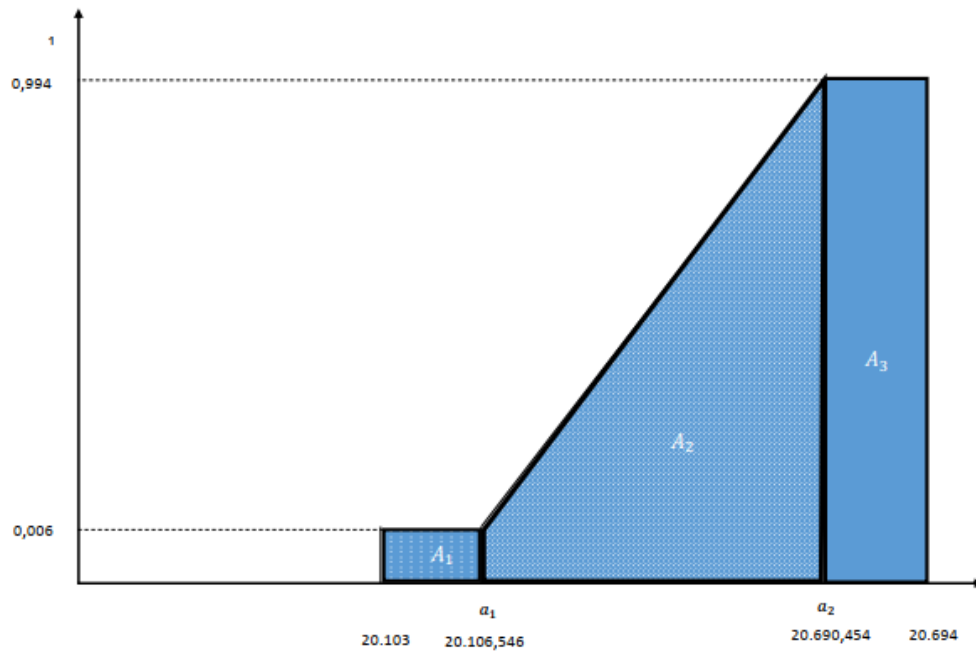
$$0,994 = \frac{a_2 - 20.103}{591}$$

$$587,454 = a_2 - 20.103$$

$$a_2 = 20.690,454$$

Berikut adalah fungsi keanggotaan hasil komposisi antar aturan.

$$\mu(z) = \begin{cases} 0,006 & ; z \leq 20.106,546 \\ \frac{(z - 20.103)}{(591)} & ; 20.106,546 \leq z \leq 20.690,454 \\ 0,994 & ; z \geq 20.690,454 \end{cases}$$



Gambar 4.1 hasil gabungan dari himpunan-himpunan samar semua aturan untuk produksi pada bulan januari

4. Langkah keempat defuzzyfikasi

Metode penegasan yang digunakan adalah centroid. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung momen untuk setiap daerah (M_1, M_2, M_3), kemudian menghitung luas setiap daerah (A_1, A_2, A_3). Berikut adalah metode centroid :

$$\begin{aligned}
 Z^* &= \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \\
 &= \frac{z_1 \cdot \mu(z_1) + z_2 \cdot \mu(z_2) + z_3 \cdot \mu(z_3)}{\mu(z_1) + \mu(z_2) + \mu(z_3)} \\
 &= \frac{(M_1 + M_2 + M_3)}{(A_1 + A_2 + A_3)}
 \end{aligned}$$

Langkah-langkah mencari nilai dari M_1

$$M_1 = \int_a^b z_j \cdot \mu(z_j) dz$$

$$M_1 = \int_{20.103}^{20.106,546} 0,006 \ z \ dz$$

$$M_1 = \frac{0,006}{2} z^2 \Big|_{20.103}^{20.106,454}$$

$$M_1 = 0,003 \ z^2 \Big|_{20.103}^{20.106,546}$$

$$M_1 = 0,003(20.106,546)^2 - 0,003(20.103)^2$$

$$M_1 = 1.212.819,576 - 1212391,827$$

$$M_1 = 427,750$$

Langkah-langkah mencari nilai dari M_2

$$M_2 = \int_a^b z_j \cdot \mu(z_j) dz$$

$$M_2 = \int_{20.106,546}^{20.690,454} \frac{z - 20.103}{591} z \ dz$$

$$M_2 = \int_{20.106,546}^{20.690,454} \frac{z^2 - 20.103z}{591} dz$$

$$M_2 = \frac{z^3}{3(591)} - \frac{20.103 z^2}{2(591)} \Big|_{20.106,546}^{20.690,454}$$

$$M_2 = \frac{z^3}{1773} - \frac{20.103}{1182} z^2 \Big|_{20.106,546}^{20.690,454}$$

$$M_2 = \left(\frac{20.690,454^3}{1.773} - \frac{20.103(20.690,454)^2}{1.182} \right) - \left(\frac{20.106,546^3}{1.773} - \frac{20.103(20.106,546)^2}{2} \right)$$

$$M_2 = 5983495,100$$

Langkah-langkah mencari nilai dari M_3

$$M_3 = \int_a^b z_j \cdot \mu(z_j) dz$$

$$M_3 = \int_{20.690,454}^{60.694} 0,994 z dz$$

$$M_3 = \frac{0,994}{2} z^2 \Big|_{20.609,454}^{20.694}$$

$$M_3 = 0,497 z^2 \Big|_{20.690,454}^{20.694}$$

$$M_3 = 0,497 \cdot (20.694)^2 - 0,497 \cdot (20.690,454)^2$$

$$M_3 = 72.934,389$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung luas setiap daerah (A_1 , A_2 , A_3). Berikut adalah langkah-langkah mencari luas setiap daerah.

Langkah-langkah mencari nilai dari A_1

$$A_1 = P \times L$$

$$A_1 = (a_1 - 20.103) \times 0,006$$

$$A_1 = (20.106,546 - 20.103) \times 0,006$$

$$A_1 = 0,0212$$

Langkah-langkah mencari nilai dari A_2

$$A_2 = \frac{1}{2} \times (a + b) \times t$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \times (0,006 + 0,994) \times (20.690,454 - 20.106,546)$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \times 53,908$$

$$A_2 = 26,954$$

Langkah-langkah mencari nilai dari A_3

$$A_3 = P \times L$$

$$A_3 = (20.694 - a_2) \times 0,994$$

$$A_3 = (20.694 - 20.690,546) \times 0,994$$

$$A_3 = 3,525$$

Setelah diperoleh nilai dari momen (M_1, M_2, M_3) dan luas setiap daerah (A_1, A_2, A_3), langkah selanjutnya adalah *defuzzifikasi* menggunakan rumus centroid. Berikut langkah-langkah *defuzzifikasi*.

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

$$Z^* = \frac{z_1 \cdot \mu(z_1) + z_2 \cdot \mu(z_2) + z_3 \cdot \mu(z_3)}{\mu(z_1) + \mu(z_2) + \mu(z_3)}$$

$$Z^* = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$Z^* = \frac{427,75 + 5.983.495,1 + 72.934,389}{0,0212 + 291,954 + 3,525}$$

$$Z^* = 20.563$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Fuzzy mamdani*, diperoleh keluaran untuk produksi sebesar 20.563 cetakan tahu. Untuk mengetahui jumlah tahu yang harus diproduksi menggunakan fuzzy mamdani lakukan langkah

yang sama seperti penyelesaian pada fuzzy mamdani berdasarkan jumlah persediaan dan permintaan tiap bulan.

4.3 Penyelesaian Menggunakan Metode *Fuzzy Sugeno*

Diketahui pada saat ini banyaknya permintaan yaitu sebesar 20.980 cetakan tahu dan persediaan sebesar 2.400 cetakan tahu pada bulan Desember tahun 2018. Untuk fungsi keanggotaan *fuzzy sugeno* dan *mamdani* sama. Sehingga bisa langsung melakukan perhitungan. berikut adalah langkah-langkah penyelesaian metode *fuzzy sugeno*.

1. Langkah pertama adalah pembentukan himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan dan domain serta membuat fungsi keanggotaan untuk permintaan, persediaan dan produksi.

Tabel 4.3 Himpunan Fuzzy, Semesta Pembicaraan dan Domain

Fungsi	Variabel	Himpunan fuzzy	Semesta pembicaraan	Domain
Input	Permintaan	Turun		[20.285 – 21.668]
		Standar	20.285 – 23.050	[20.976 – 22.359]
		Naik		[21.667 – 23.050]
	Persediaan	Sedikit		[2.360 – 2.885]
		Standar	2.360 – 3.350	[2.608 – 3.103]
		Banyak		[2.885 – 3.350]
Output	Produksi	Berkurang		[18.920 – 20.103]
		Standar	18.920 – 21.285	[19.512 – 20.694]
		Bertambah		[20.103 – 21.285]

Fungsi keanggotaan permintaan

$$\begin{aligned}
 \mu_{pmtTurun}[x] &= \begin{cases} 1 & ; x \leq 20.976 \\ \frac{(21.666 - x)}{(21.668 - 20.976)} & ; 20.976 \leq x \leq 21.668 \\ 0 & ; x \geq 21.668 \end{cases} \\
 \mu_{pmtStandar}[x] &= \begin{cases} 0 & ; x \leq 20.976 \text{ atau } x \geq 22.359 \\ \frac{x - 20.976}{21.668 - 20.976} & ; 20.976 \leq x \leq 21.668 \\ \frac{22.359 - x}{22.359 - 21.668} & ; 21.668 \leq x \leq 22.359 \end{cases} \\
 \mu_{pmtNaik}[x] &= \begin{cases} 0 & ; x \leq 21.668 \\ \frac{(x - 21.668)}{(22.359 - 21.668)} & ; 21.668 \leq x \leq 22.359 \\ 1 & ; x \geq 22.359 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Fungsi keanggotaan persediaan

$$\begin{aligned}
 \mu_{psdSedikit}[y] &= \begin{cases} 1 & ; y \leq 2.608 \\ \frac{(2.885 - y)}{(2.885 - 2.608)} & ; 2.608 \leq y \leq 2.885 \\ 0 & ; y \geq 2.885 \end{cases} \\
 \mu_{psdStandar}[y] &= \begin{cases} 0 & ; 2.608 \leq y \text{ atau } y \geq 3.103 \\ \frac{y - 2.608}{2.885 - 2.608} & ; 2.608 \leq y \leq 2.885 \\ \frac{3.103 - y}{3.103 - 2.885} & ; 2.885 \leq y \leq 3.103 \end{cases} \\
 \mu_{psdBanyak}[y] &= \begin{cases} 0 & ; y \leq 2.885 \\ \frac{(y - 2.885)}{(3.103 - 2.885)} & ; 2.885 \leq y \leq 3.103 \\ 1 & ; y \geq 3.103 \end{cases}
 \end{aligned}$$

2. Langkah kedua menentukan aplikasi fungsi implikasi

[R1] jika permintaan turun, dan persediaan sedikit, maka produksi = permintaan.

[R2] jika permintaan turun, dan persediaan standar, maka produksi = permintaan.

[R3] jika permintaan turun, dan persediaan banyak, maka produksi = permintaan.

[R4] jika permintaan standar, dan persediaan sedikit, maka produksi = $1,2 \times$
Permintaan – Persediaan

[R5] jika permintaan standar, dan persediaan standar, maka produksi = permintaan.

[R6] Jika Permintaan Standar, Dan Persediaan Banyak, Maka Produksi = $1,1 \times$
Permintaan – Persediaan.

[R7] jika permintaan naik, dan persediaan sedikit, maka produksi = $1,2 \times$
permintaan – persediaan.

[R8] jika permintaan naik, dan persediaan standar, maka produksi = $1,1 \times$
permintaan – persediaan.

[R9] jika permintaan naik, dan persediaan banyak, maka produksi = permintaan.

.Selanjutnya mencari nilai dari solusi *Fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan dan aplikasi fungsi implikasi untuk mencari nilai α – *predikat* dan nilai z dari setiap aturan.

Permintaan :

$$\mu_{pmtTurun}[20.980] = \frac{21.668 - 20.980}{21.668 - 20.976} = 0,994$$

$$\mu_{pmtStandar}[20.980] = \frac{20.980 - 20.976}{21.668 - 20.976} = 0,006$$

$$\mu_{pmtNaik}[20.980] = \frac{22.359 - 20.986}{22.359 - 21668} = 0,000$$

Persediaan :

$$\mu_{psdSedikit}[2.400] = \frac{2.885 - 2.400}{2.885 - 2.608} = 0,000$$

$$\mu_{psdStandar}[2.400] = \frac{3.103 - 2.400}{3.103 - 2.885} = 0,000$$

$$\mu_{psdBanyak}[2.400] = \frac{2.400 - 2.885}{3.103 - 2.885} = 0,000$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai dari $\alpha - predikat$ menggunakan rumus *Min*.

[R1] jika permintaan turun, dan persediaan sedikit, maka produksi = permintaan.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_1 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdSedikit} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \\ &= 0,994 \\ Z_1 &= 20.980 \end{aligned}$$

[R2] jika permintaan turun, dan persediaan standar, maka produksi = permintaan.

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_2 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdStandar} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \\ &= 0,994 \end{aligned}$$

$$Z_2 = 20.980$$

[R3] jika permintaan turun, dan persediaan banyak, maka produksi = permintaan.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_3 &= \mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdBanyak} \\ &= \min(\mu_{pmtTurun}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\ &= \min(0,994; 0) \\ &= 0,994\end{aligned}$$

$$Z_3 = 20.980$$

[R4] jika permintaan standar, dan persediaan sedikit, maka produksi = $1,2 \times$

Permintaan – Persediaan

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_4 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdSedikit} \\ &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\ &= \min(0,006; 0) \\ &= 0,006\end{aligned}$$

$$Z_4 = 22.776$$

[R5] jika permintaan standar, dan persediaan standar, maka produksi = permintaan.

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_5 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdStandar} \\ &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\ &= \min(0,006; 0) \\ &= 0,006\end{aligned}$$

$$Z_5 = 20.980$$

[R6] jika permintaan standar, dan persediaan banyak, maka produksi = $1,1 \times$ permintaan – persediaan.

$$\begin{aligned}
 \alpha - predikat_6 &= \mu_{pmtStandar} \cap \mu_{psdBanyak} \\
 &= \min(\mu_{pmtStandar}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\
 &= \min(0,006; 0) \\
 &= 0,006 \\
 Z_6 &= 20.678
 \end{aligned}$$

[R7] jika permintaan naik, dan persediaan sedikit, maka produksi = $1,2 \times$ permintaan – persediaan.

$$\begin{aligned}
 \alpha - predikat_7 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdSedikit} \\
 &= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdSedikit}(2.400)) \\
 &= \min(0; 0) \\
 &= 0 \\
 Z_7 &= 22.776
 \end{aligned}$$

[R8] jika permintaan naik, dan persediaan standar, maka produksi = $1,1 \times$ permintaan – persediaan.

$$\begin{aligned}
 \alpha - predikat_8 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdStandar} \\
 &= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdStandar}(2.400)) \\
 &= \min(0; 0) \\
 &= 0 \\
 Z_8 &= 20.678
 \end{aligned}$$

[R9] jika permintaan naik, dan persediaan banyak, maka produksi = permintaan

$$\begin{aligned}
 \alpha - predikat_9 &= \mu_{pmtNaik} \cap \mu_{psdBanyak} \\
 &= \min(\mu_{pmtNaik}(20.980); \mu_{psdBanyak}(2.400)) \\
 &= \min(0; 0) \\
 &= 0 \\
 Z_9 &= 20.980
 \end{aligned}$$

3. Langkah ketiga adalah defuzzyfikasi

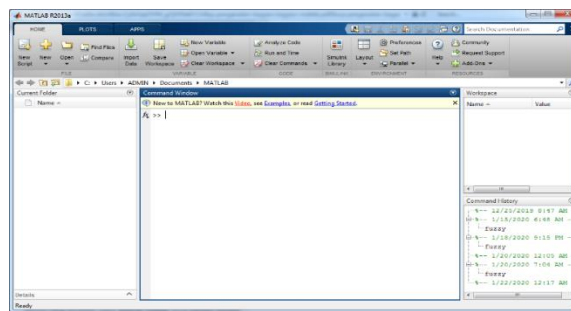
Pada proses penegasan ini *output* berupa bilangan *crisp*. *Defuzzification* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya. Pada metode *fuzzy Sugeno*, *defuzzification* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA), yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\alpha - predikat_1 \cdot z_1 + \alpha - predikat_2 \cdot z_2 + \dots + \alpha - predikat_9 \cdot z_9}{\alpha - predikat_1 + \dots + \alpha - predikat_9} \\
 &= \frac{0,994(20.980) + 0,994(20.980) + 0,994(20.980) + 0,006(22.776) +}{0,994 + 0,994 + 0,994 + 0,006} \\
 &\quad \frac{0,006(20.980) + 0,006(20.678) + 0(22.776) + 0(20.678) + 0(20.980)}{0,006 + 0,006 + 0 + 0 + 0} \\
 &= 20.982
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jumlah tahu yang harus diproduksi menggunakan fuzzy sugeno lakukan langkah yang sama seperti penyelesaian pada fuzzy sugeno berdasarkan jumlah persediaan dan permintaan tiap bulan.

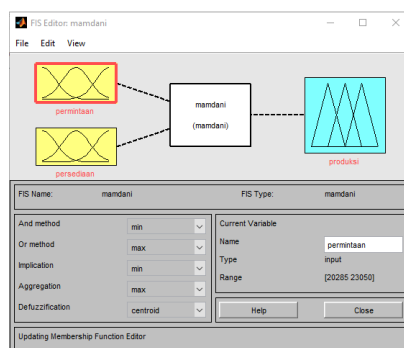
4.4 Penyelesaian Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* pada MATLAB

Diharapkan dengan adanya aplikasi matlab dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan. Langkah pertama dalam melakukan perhitungan fuzzy mamdani pada matlab adalah menentukan himpunan fuzzy, semesta pembicaraan dan domain, dapat dilihat pada tabel 4.3. berikut adalah tampilan awal MATLAB seperti dibawah ini:



Gambar 4.2 gambar tampilan awal MATLAB

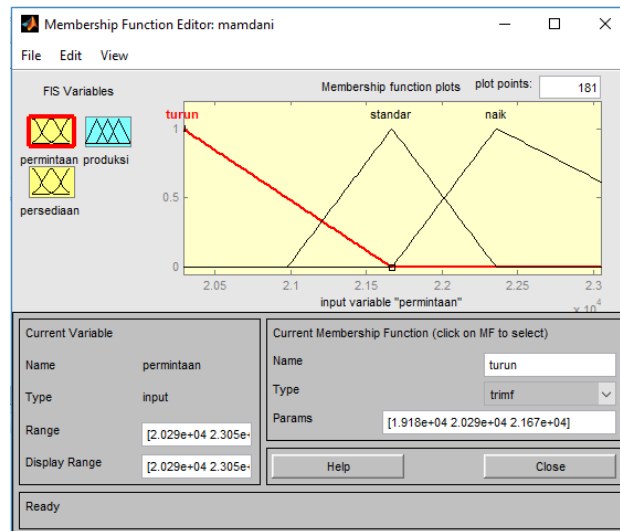
Langkah selanjutnya untuk masuk pada perhitungan fuzzy atau *fis editor*, cukup hanya dengan mengetik “fuzzy” pada *command windows* kemudian tekan tombol *enter* maka masuk pada *fis editor* seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.3 gambar *fis editor*

Langkah selanjutnya merubah nama-nama variabel *input* menjadi permintaan dan persediaan, dan variabel *output* menjadi produksi seperti pada gambar diatas.

Kemudian *double click* pada variabel yang ingin diubah maka akan diarahkan pada *membership function editor* seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.4 gambar *membership function editor*

Langkah selanjutnya memasukkan nilai range, kemudian memasukkan nilai himpunan fuzzy. Untuk range nilai yang dimasukkan adalah batas bawah dan batas atas pada fungsi permintaan. Hal yang sama juga dilakukan untuk persediaan dan produksi. Untuk nilai yang dimasukkan adalah seperti pada tabel berikut:

Variabel	Himpunan fuzzy	Semesta pembicaraan/range	Domain
Permintaan	Turun		[20.976-21.668]
	Standar	20.285-23.050	[20.976-21.668-22.359]
	Naik		[21.668-22.359]
Permintaan	Sedikit		[2.608-2.855]
	Standar	2.360-3.350	[2.608-2.855-3.103]
	Banyak		[2.855-3.103]
Produksi	Berkurang	18.920-21.285	[19.512-20.103]

Standar

[19.512-20.103-20.694]

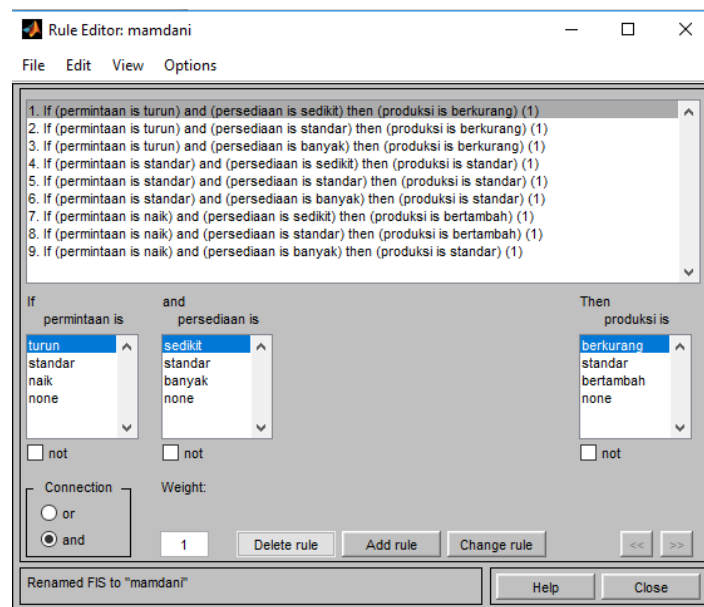
Bertambah

[20.103-20.694]

Langkah selanjutnya adalah pembuatan rule berdasarkan *rule* yang ada pada *fuzzy mamdani* yang telah ada.

Contoh: jika permintaan turun, dan persediaan sedikit, maka produksi berkurang.

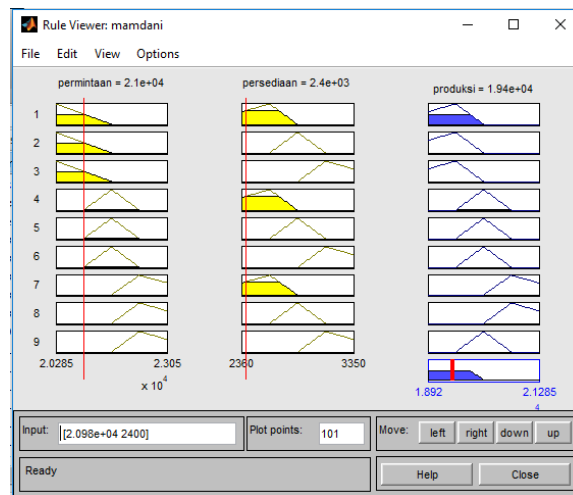
Langkah-langkah pengerjaan pada matlab adalah pilih turun pada permintaan, kemudian pilih sedikit pada persediaan, lalu pilih berkurang pada produksi, lalu klik tombol *add rule* untuk menambahkan *rule*. Langkah-langkah yang sama juga dilakukan hingga *rule* yang ke 9. Untuk lebih jelasnya lihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 gambar *rule* matlab

Setelah pembuatan rule selesai, langkah terakhir adalah melihat *rule viewer* atau hasil dari data yang telah dimasukkan. Dengan *rule viewer* dapat mengetahui jumlah produksi hanya dengan memasukkan jumlah permintaan dan persediaan,

maka akan diperoleh hasil keluaran atau produksi seperti pada Gambar 4.5 berikut ini:



Gambar 4.6 Gambar *rule viewer*

Berdasarkan data pabrik produksi tahu pada bulan desember 2018 sebesar 19.780 cetakan tahu. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy mamdani* dan *sugeno* dan *fuzzy* pada matlab, dengan permintaan sebesar 20.980 dan persediaan sebesar 2.400 diperoleh hasil keluaran, untuk *fuzzy mamdani* yaitu sebesar 20.563 cetakan tahu, dan *fuzzy sugeno* sebesar 20.982 cetakan tahu, dan pada *fuzzy matlab* sebesar 19.400. Maka dapat disimpulkan tahu yang harus diproduksi yaitu sebesar 20.982 cetakan tahu agar bisa menghasilkan keuntungan yang lebih optimal. Berikut adalah tabel produksi setiap bulan setelah dilakukan perhitungan.

Tabel 4.1 data setelah dilakukan perhitungan

Bulan/ Tahun	Permintaan	Persediaan	Produksi	<i>Fuzzy</i>		
				Mamdani	Sugeno	Matlab
Januari 2017	22.885	2.960	21.285	17.273	22.661	20.500
Februari 2017	20.535	2.880	18.920	20.491	20.260	19.400
Maret 2017	21.925	2.360	20.425	20.969	22.544	20.400
April 2017	20.890	2.445	19.780	20.417	21.091	19.400
Mei 2017	22.550	3.230	21.070	20.438	22.416	20.100
Juni 2017	22.090	2.970	20.210	20.431	21.972	20.600
Juli 2017	21.980	2.600	21.285	20.413	22.727	20.400
Agustus 2017	21.550	2.545	20.640	20.050	21.930	20.000
September 2017	21.455	3.065	19.995	20.253	21.477	20.000
Oktober 2017	23.050	3.350	21.285	20.497	22.884	20.100
November 2017	21.320	2.875	19.780	20.399	21.303	19.900
Desember 2017	21.120	2.560	20.425	20.475	21.204	19.600

Januari 2018	22.380	3.290	21.070	20.403	22.433	20.100
Februari 2018	20.285	2.790	18.920	18.576	20.686	19.400
Maret 2018	22.985	2.925	21.070	19.555	22.783	20.600
April 2018	21.990	2.580	20.425	20.408	22.469	20.500
Mei 2018	22.250	2.670	20.640	20.212	21.543	20.700
Juni 2018	21.780	2.495	20.425	20.483	22.294	20.200
Juli 2018	23.015	3.310	21.285	20.497	23.110	20.100
Agustus 2018	21.460	2.675	20.425	20.454	21.967	20.000
September 2018	21.870	2.450	19.780	20.457	22.423	20.300
Oktober 2018	22.990	2.985	21.070	21.454	22.761	20.500
November 2018	21.150	2.655	20.210	20.466	21.181	19.700
Desember 2018	20.980	2.400	19.780	20.563	20.982	19.400

Setelah melakukan perhitungan dengan cara yang sama dari masing-masing metode, maka diperoleh jumlah produksi tahu tiap bulannya dari bulan januari tahun 2017 hingga bulan desember tahun 2018 seperti yang ada pada tabel diatas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yaitu diperoleh produksi tahu pada bulan Desember tahun 2018 menggunakan metode *fuzzy* mamdani sebesar 20.563 dan metode *fuzzy* sugeno sebesar 20.982, dan menggunakan *fuzzy* pada MATLAB sebesar 19.400 sedangkan produksi pabrik sebesar 19.780. Dari hasil perbandingan metode di atas, metode yang terbaik adalah metode *fuzzy* sugeno. Hal ini dikarenakan produksi *fuzzy* sugeno tidak kekurangan atau berlebihan produksi dalam memenuhi permintaan, dan tidak berlebihan dalam produksi sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya penumpukkan atau kekurangan persediaan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini. Diantaranya:

1. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *fuzzy* mamdani dan Sugeno berbantu MATLAB. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya jika menggunakan metode ini, harus teliti dalam mengambil data dan analisis data.
2. Selain menggunakan perhitungan aplikasi *fuzzy* mamdani dan sugeno yang telah disediakan aplikasi MATLAB , peneliti bisa mencoba membuat perhitungan menggunakan GUI MATLAB pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Armi. 2014. *Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Acetobakter Xylinum Menjadi Nata De Soya Dan Masa Inkubasi Terhadap Karakteristik Nata*. Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh.
- Basriati. S., Safitri. E. & Putri. N. 2020. *Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu*. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 18, No. 1
- Febianti. Y.N. 2014. *Permintaan Dalam Ekonomi Mikro*. Pendidikan Ekonomi FKIP Unswagati Edunomic Jurnal Vol.2, No.1.
- Haeruman., Leny. D., Rahayu. W. & Ambarwati. L. 2017. *Pengaruh Model Discovery Learning Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Dan Self-Confidence Ditinjau Dari Kemampuan Awal Matematis Siswa SMA Di Bogor Timur*. Pendidikan Matematika Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta JPPM Vol. 10, No. 2.
- Munoz. M., Miranda. E. & Sanchez. P.J. 2017. *A Fuzzy System for Estimating Premium Cost of Option Exchange Using Mamdani Inference: Derivatives Market of Mexico*. International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol. 10 (2017) : 153–164.
- Naibaho & Lidya. K.L. 2020. *Analisis Perbandingan Kinerja Metode Fuzzy Mamdani Dan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Jumlah Produksi*. Program Studi Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Putra. D.G.E.N., Purnawati. & Ni Ketut. 2018. *Kinerja Manajemen Persediaan Barang Dagangan Pt. Artha Dinamis Sentosa Bali*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana, Bali. E-Journal Manajemen Unud, Vol. 7, No. 10 : 5599-5627.
- Putri. O.R.U. 2018. *Pengembangan Modul Bahasa Pemrograman GUI MATLAB Untuk Mahasiswa Pendidikan Matematika*. Universitas Muhammadiyah, Malang. JP3 Vol 8, No 2.
- Rambe. I. 2018. *Analisis Strategi Pengembangan Usaha Pembuatan Tahu Pada Pengrajin Tahu Bandung Kecamatan Padang Hulu Tebing Tinggi*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan

- Rusdi. B., Maulana. I.T. & Kodir. R.A. 2011. *Analisis Kualitas Tepung Ampas Tahu*. Fakultas Sains, Teknologi, dan Kesehatan Jurusan Farmasi, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Sitepu. E. 2018. *Aplikasi Logika Fuzzy Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Menentukan Jumlah Produksi Optimum Keripik Singkong*. Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Sudirman & Nurlinda. 2012. *Gambaran Penggunaan Pengawet Formalin Pada Tahu Di Pasar Tradisional Pa'baeng-Baeng Kota Makassar*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Jurusan Kesehatan Masyarakat Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta
- Tjolleng. A. 2017. *Pengantar Pemrograman MATLAB: Panduan Praktis Belajar MATLAB*. Jakarta. PT. Elex Media Komputindo.
- Utami .C.P., Sukma. A.F. & Kristinah. H. 2012. “*Pemanfaatan Iles-iles (Amorphophallus oncophylus) sebagai Bahan Pengenyal pada Pembuatan Tahu*”. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1:79-85.
- Wirodikromo. S. & Darmanto. M. 2020. *Matematika (Untuk SMA / MA Kelas X) (Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam)*. Jakarta : Penerbit Erlang

