



**APLIKASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS) UNTUK  
RENCANA PRODUKSI DI PG. PADJARAN  
KABUPATEN PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

Oleh

**Angga Rustam Ahmadi**

**NIM 141710301049**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**APLIKASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS) UNTUK  
RENCANA PRODUKSI DI PG. PADJARAKAN  
KABUPATEN PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk  
meneyelsaikan Program Studi Teknologi Industri Pertanian (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T)

Oleh :

**Angga Rustam Ahmadi**

**NIM 141710301049**

**Dosen Pembimbing Utama : Dr. Yuli Wibowo S.TP., M.Si.**

**Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Herry Purnomo S.TP., M.Si**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohiim, dengan menyebut nama Allah S.W.T Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, serta sholawat atas Nabi Muhammad S.A.W., kupersembahkan sebuah kebahagiaan dalam perjalanan hidupku teriring rasa terima kasihku yang terdalam kepada :

1. Keluargaku tercinta; Ibunda Susiati dan Mbok Siti Dzuraidah, serta Om Hasan Mustopa, S.Pd., Lek Ahmad Hidayat, A.Md, Lek Siti Rahayu, S.Pd., kakakku Mas Arief Lukman Rahmadi, S.E, Rizky Amelia Rachmawaty, serta adikku Akila Billah Izzah dan adikku Marsya Ajeng Rahmaningrum atas doa, kasih sayang tanpa batas, perhatian, segala kebaikan yang telah diberikan, dan restu dalam keadaan hidupku saat senang maupun susah dengan perjuangan dan jasanya yang luar biasa, serta selalu mengiringiku dalam meraih cita-cita ini. Semoga Allah selalu mendekap erat limpahan kasih sayang-Nya;
2. Bapak Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si. dan Bapak Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si. yang selalu sabar dalam membimbing sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan;
3. Guru-guru juga kawan – kawanku sedari masa TK Khodijah 4, SD Islam Al-Khairiyah, SMP Negeri 1 GIRI, SMAN 1 GIRI, hingga perguruan tinggi UNIVERSITAS JEMBER yang telah memberikan banyak ilmunya dengan penuh kesabaran dan keikhlasan serta penuh canda tawa saat senang ataupun susah;
4. Almamater tercinta Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

HALAMAN MOTTO

❖ ***“Sanya Kepada Engkaulah Kami Menyembah Dan Sanya Kepada Engkaulah Kami Mohon Pertolongan”***

(QS. Al – Fatihah : 5)

❖ ***“Ambillah faedah dari orang lain namun jangan bersandar padanya dalam segala hal. Ambil dan terimalah jika itu benar dan baik, namun janganlah taqlid padanya.”***

(Ali bin Abi Thalib r.a)

❖ ***“Untuk Jadi Maju Memang Banyak Sambatan. Kecewa Semenit Dua Menit Boleh, Tetapi Setelah Itu Harus Bangkit Lagi”***

(Presiden RI ke-7 Joko Widodo)

❖ ***“Andaikan dikau ingin melihat indahny fajar, maka dikau harus terlebih dulu melalui gelapnya gulita malam !”***

(Habib Syech bin Abdul Qadir Assegaf)

❖ ***“Sidup ini sejak lahir hingga mati, adalah kuliah tanpa bangku”***

(Alm. KH. Hamim Jazuli Usman – Gus Miek Kediri)

❖ ***Gusti Allah niku mboten pernah sare...***

❖ ***Ilmu tanpa iman akan luntur, begitu juga iman tanpa ilmu akan ngelantur...***

**HALAMAN PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angga Rustam Ahmadi

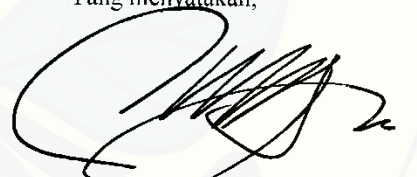
NIM : 141710301049

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) UNTUK RENCANA PRODUKSI DI PG. PADJARAKAN KABUPATEN PROBOLINGGO**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, terkecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 November 2018

Yang menyatakan,



(Angga Rustam Ahmadi)

NIM. 1417101301049

**SKRIPSI**

**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) UNTUK RENCANA  
PRODUKSI DI PG. PADJARAKAN KABUPATEN PROBOLINGGO**

Oleh

Angga Rustam Ahmadi

NIM. 141710301049

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si.

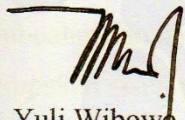
**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) UNTUK RENCANA PRODUKSI DI PG. PADJARAN KABUPATEN PROBOLINGGO**” karya Angga Rustam Ahmadi telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 14 November 2018  
Tempat : Ruang Sidang FTP – Universitas Jember

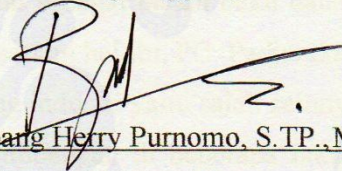
Mengetahui:

Dosen Pembimbing Utama,




Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si  
NIP. 197207301999031001

Dosen Pembimbing Anggota,



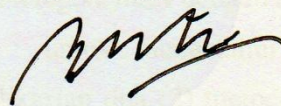
Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si  
NIP. 197505301999031002

Penguji Utama,



Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng  
NIP. 197107311997022000

Penguji Anggota,



Bertung Suryadharma, S.ST., M.Kom.  
NIP. 760018063



Mengesahkan  
Dekan,



Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng  
NIP. 196809231994021009

## RINGKASAN

**Aplikasi *Fuzzy Inference System* (Fis) Untuk Rencana Produksi Di Pabrik Gula Padjarakan Kabupaten Probolinggo;** Angga Rustam Ahmadi, NIM. 141710301049; 141 halaman; Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Indonesia merupakan negara agraris yang berada di wilayah beriklim tropis yang mampu mengembangkan hasil-hasil pertaniannya, salah satunya yaitu tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*). Rata – rata produksi tebu rakyat secara nasional berada di bawah 80 ton per ha dengan tingkat rendemen di bawah 8%. Salah satu pengolahan hasil produksi tebu di Indonesia yaitu dapat diolah menjadi produk gula yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat sebagai bahan baku dalam pembuatan dan industri makanan – minuman. Berdasarkan hal itu, PG. Padjarakan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi gula kristal putih (GKP). Untuk meningkatkan efisiensi produksi GKP kedepan, maka perlu dilakukannya suatu rencana produksi. Dalam menentukan rencana produksi GKP tersebut, terdiri dari beberapa variabel, seperti: permintaan, overall recovery, dan persediaan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan fuzzy inference system (FIS) untuk rencana produksi di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo.

Metode yang digunakan adalah sistem berbasis komputasi salah satunya yaitu peng-aplikasian dua metode : *Fuzzy Inference System “Mamdani”* dan *Forecasting “Moving Average Methode (4 Month)”* berdasarkan data aktual 10 tahun terakhir selama masa giling. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini diawali dari proses identifikasi data, lalu Fuzzifikasi, De-fuzzifikasi, peramalan, validasi, dan analisis. Kesimpulan dari penelitian ini, menghasilkan nilai produksi pada bulan September 2017 menurut FIS Mamdani adalah  $\pm 2.720$  Ton GKP dengan MAPE = 13,445 % (artinya masuk dalam kategori “Baik”). Sedangkan dari hasil peramalan pada 2 tahun (2019 sampai 2020) dengan FIS Mamdani pada bulan Juni 2019 menghasilkan 1.760 Ton GKP.



## SUMMARY

**Application of Fuzzy Inference System (FIS) for Production Plan In PG. Padjarakan Probolinggo Regency;** Angga Rustam Ahmadi, Number ID. 141710301049; 141 pages; faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Indonesia is an agricultural country which located in a tropical climate area and it is able to develop its agricultural products, one of which is sugarcane (*Saccharum officinarium L.*). The average national sugarcane production is below 80 tons per ha by below 8% of a yield level. One of the processing of sugarcane production in Indonesia can be processed into sugar products that are needed by the community as raw materials in manufacturing of the food – beverages industry. Based on that, PG. Padjarakan is a company engaged in the production of white crystal sugar (GKP). To improve the efficiency of GKP production in the future, it needs a production plan. In determining the GKP production plan, it consists of several variables, such as: demand, overall recovery, and stock. The purpose of this study was to apply the fuzzy inference system (FIS) for production plans of PG. Padjarakan in Probolinggo regency.

The method used was a computational based system, one of which was the application of two methods: Fuzzy Inference System "Mamdani" and Forecasting "Moving Average Methode (4 Month)" based on the actual data of the last 10 years during milling. The technique used in this study began from the process of identifying data, then Fuzzification, De-fuzzification, forecasting, validation, and analysis. The conclusion of this study, to get a value of the production in September 2017 according to FIS Mamdani was  $\pm 2.720$  tons of GKP with MAPE = 13,445 % (meaning that it was in the category of "Good"). Meanwhile, based on forecasted two years (2019 to 2020) in June 2019 it produced 1.760 tons of GKP.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul "*Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Untuk Rencana Produksi Di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo*". Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Industri Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan laporan kuliah kerja ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Bapak Andrew Setiawn Rusdianto, S.TP., M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember
3. Bapak Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan bapak Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Ibu Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Bertung Suryadharma, S.ST., M.Kom. selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
5. Bu Winda Amilia, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian;
6. Dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;

7. Ibunda Susiati dan Mbok Siti Dzuraidah, serta Om Hasan Mustopa, S.Pd., Lek Ahmad Hidayat, A.Md, Lek Siti Rahayu, S.Pd., kakakku Mas Arief Luqman Rahmadi, S.E., Rizky Amelia Rachmawaty, serta adikku Akila Billah Izzah dan adikku Marsya Ajeng Rahmaningrum atas doa, kasih sayang tanpa batas, perhatian, segala kebaikan yang telah diberikan, dan restu demi terselesaikan skripsi ini;
8. Kawan-kawan Universitas Jember, FTP, dan khususnya TIP angkatan 2014 yang setia menemani selama saya kuliah disini;
9. Keluarga bapak Teguh Widjanarko dan ibu Nur Fadilah, M.Pd. yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan beberapa program terkait skripsi ini;
10. Sahabat seperjuanganku Haris Setya Budi S.Si., serta teman – teman kost pertamaku di JL. Belitung Raya No. 22, dan teman – teman kost keduaku di JL. Baturaden VI no. 43;
11. Keluarga besar grup hadrah Al-Banjari FATHUL QOLBIE, AN-NAHDLIYAH, AL-MAWA, dan Pondok Pesantren AL-HUSNA : cak Malik, kang Afif, lek Rafian, nak Huda, Arif teknik, Fatih, Arief Maul, Rofiq, Lingkar, Ridlo, Fajeril, Abdillah, Tamam, Bashofi, Imdad, Yudi, mbak Junay, Ila, Desita, Lana, Alfi, Jujuk, Dina, Fajrin, Khusnul, Shelly, Putri, Agustin, dan Ismi serta teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, terima kasih untuk dukungan, ilmu, kebersamaan, kekeluargaan, canda-tawa, proses, dan bantuannya selama ini;
12. Sahabat sahabati Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia seluruhnya dan terutama PMII Rayon FTP sahabat Ipung, sahabati Khotijah, sahabati Ana, sahabat Faqih, dan sahabat Yunus, serta sahabat sahabati bidang Keagamaan, bidang Kaderisasi, dan bidang Gerakan, terima kasih atas segala ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama ini;
13. Kelompok 06 KKN DESBUMI (Desa Peduli Buruh Migran) Ambulu periode I : kordes Lukman, mas Awan, mas Munir, mas Diego, Guna, Novilya, mbak Hanifa, Nita, dan mbak Tatik atas kerja samanya, suka – duka selama 45 hari mewakafkan diri bersama para pekerja migran;

14. Civitas akademika dan semua pihak yang mengenal saya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu demi kelancaran dalam penyusunan skripsi ini.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu (namun juga tidak mengurangi rasa hormat dan rasa sayang dari saya pribadi) yang telah banyak membantu demi kelancaran dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat bermanfaat, amin ya robbal 'alamin.

Jember, 14 November 2018

Penulis

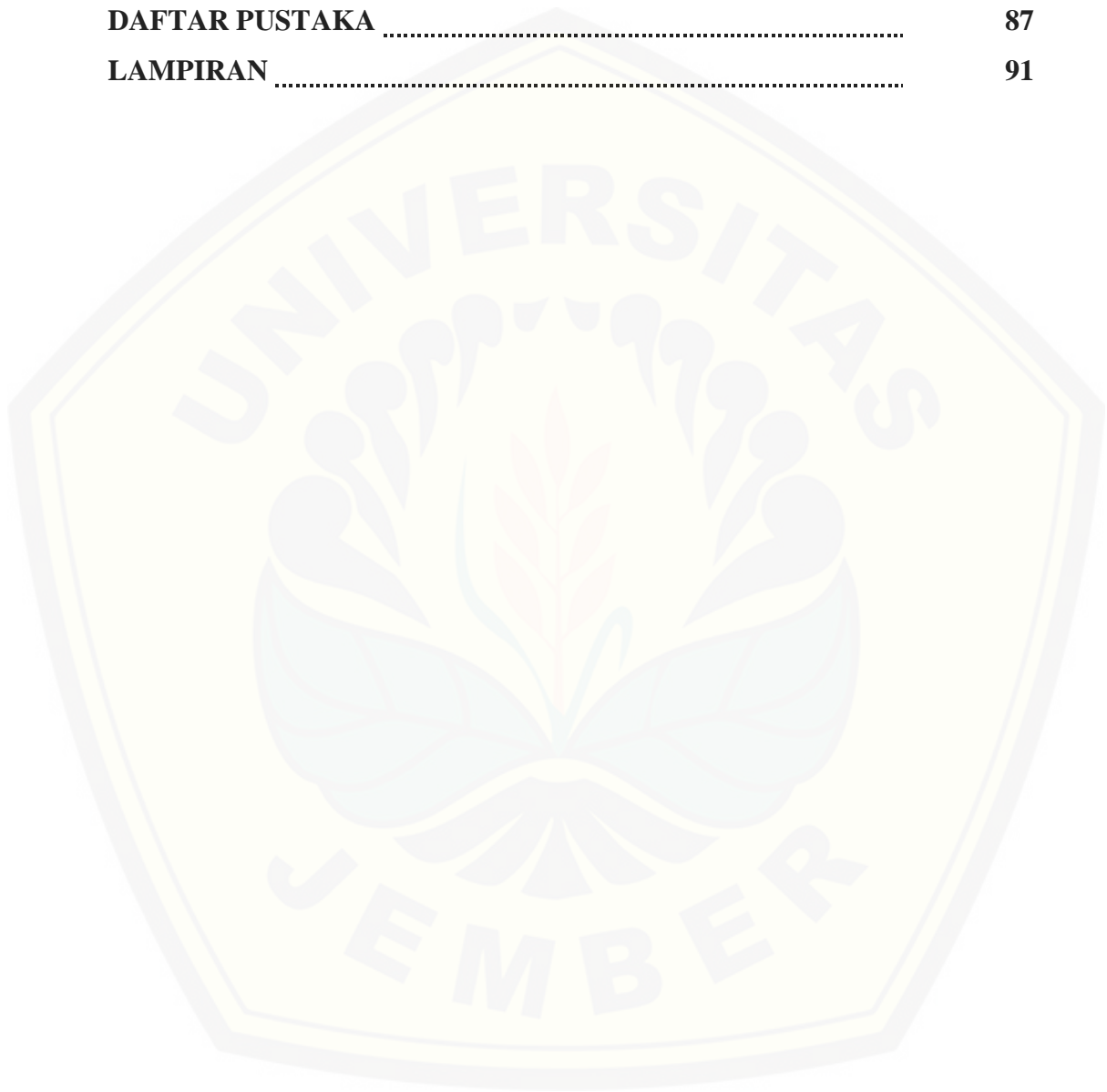
**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>7</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>7</b>
1.5.1 Manfaat Bagi Perusahaan .....	<b>7</b>
1.5.2 Manfaat Bagi Mahasiswa .....	<b>8</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Produksi Gula</b> .....	<b>9</b>
2.1.1 Produksi .....	<b>9</b>
2.1.2 Pengolahan Gula .....	<b>11</b>
<b>2.2 Perencanaan</b> .....	<b>17</b>
2.2.1 Perencanaan Manufaktur .....	<b>17</b>
2.2.2 Perencanaan Kapasitas .....	<b>17</b>
2.2.3 Perencanaan Produksi .....	<b>18</b>
<b>2.3 Teori Logika Fuzzy</b> .....	<b>19</b>
2.3.1 Himpunan Fuzzy .....	<b>19</b>

2.3.2	Semesta Pembicaraan.....	20
2.3.3	Domain.....	20
2.3.4	Fungsi Keanggotaan Fuzzy.....	21
2.3.5	Operator-Operator Fuzzy.....	25
<b>2.4</b>	<b>Fuzzy Inference System (FIS) Metode Mamdani</b> ..	<b>26</b>
2.4.1	Sejarah Fuzzy .....	26
2.4.2	Fuzzifikasi .....	26
2.4.3	Pembentukan Aturan Dasar Fuzzy.....	26
2.4.4	Komposisi Aturan .....	27
2.4.5	Penegasan (De-Fuzzifikasi) .....	28
<b>2.5</b>	<b>MatLab (<i>Matrix Laboratory</i>)</b> .....	<b>29</b>
2.4.1	<i>Fuzzy Inference System Editor</i> .....	30
2.4.2	<i>Membership Function Editor</i> .....	30
2.4.3	<i>Rule Editor</i> .....	30
2.4.4	<i>Rule Viewer</i> .....	30
2.4.5	<i>Surface Viewer</i> .....	30
<b>2.6</b>	<b><i>Demand (Permintaan)</i></b> .....	<b>31</b>
<b>2.7</b>	<b><i>Overall Recovery</i></b> .....	<b>31</b>
2.7.1	<i>Mill Extraction (ME)</i> .....	31
2.7.2	<i>Boilling House Recovery (BHR)</i> .....	31
2.7.3	<i>Overall Recovery (OR)</i> .....	32
<b>2.8</b>	<b><i>Stock (Persediaan)</i></b> .....	<b>32</b>
2.8.1	Definisi <i>Stock</i> (Persedian).....	32
2.8.2	Pengendalian Persediaan .....	33
<b>2.9</b>	<b><i>Forecasting (Peramalan)</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.10</b>	<b><i>Metode Moving Average (MA)</i></b> .....	<b>36</b>
<b>2.11</b>	<b>Ukuran Ketepatan <i>Forecasting</i> (Peramalan)</b> .....	<b>37</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Alat dan Bahan</b> .....	<b>38</b>
3.1.1	Alat .....	38
3.1.2	Bahan .....	38

<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu</b> .....	<b>39</b>
3.2.1	Tempat .....	39
3.2.2	Waktu .....	39
<b>3.3</b>	<b>Kerangka Pemikiran</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Tata Laksana</b> .....	<b>41</b>
3.4.1	Pemilihan Pakar .....	41
3.4.2	Metode Pengumpulan Data .....	41
3.4.3	Metode Pengolahan Data .....	42
<b>3.5</b>	<b>Diagnosis Sistem</b> .....	<b>42</b>
3.5.1	Konfigurasi Pengembangan Sistem .....	42
3.5.2	Pengembangan Aturan (Rule Base) .....	44
<b>3.6</b>	<b>Tahapan Penelitian</b> .....	<b>45</b>
3.6.1	Rancangan Tahapan Penelitian .....	45
3.6.2	Deskripsi Tahapan Pengerjaan .....	46
3.6.3	Analisis Data dengan MAPE .....	50
3.6.4	Peramalan Menggunakan MA Metode .....	51
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>54</b>
<b>4.1</b>	<b>Deskripsi Variabel Fuzzy</b> .....	<b>54</b>
4.1.1	Variabel <i>Demand</i> (Permintaan) .....	55
4.1.2	Variabel <i>Overall Recovery</i> .....	57
4.1.3	Variabel <i>Stock</i> (Persediaan) .....	59
4.1.4	Variabel Jumlah Produksi .....	61
<b>4.2</b>	<b>Proses <i>Fuzzification</i></b> .....	<b>63</b>
4.2.1	Menentukan dan Mendefinisikan Variabel Fuzzy .....	64
4.2.2	Pembentukan Aturan ( <i>Rule</i> ) FIS .....	72
4.2.3	Defuzzification .....	75
4.2.4	Menghitung Nilai Absolute Percentage Error ..	79
<b>4.3</b>	<b><i>Forecasting</i> (Peramalan) tiap Variabel</b> .....	<b>81</b>
4.3.1	Peramalan <i>Demand</i> (Permintaan) .....	81
4.3.2	Peramalan <i>Overall Recovery</i> .....	82

4.3.4 Peramalan <i>Production</i> .....	84
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>85</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	<b>85</b>
<b>5.2 Saran</b> .....	<b>86</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>91</b>





**DAFTAR TABEL**

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Zat Gizi Gula Pasir (tiap 100 gr berat bahan)	16
<b>Tabel 2.2</b> SNI Gula Kristal Putih .....	16
<b>Tabel 3.1</b> Tabel Nilai Linguistik <i>Fuzzy Inference System</i> .....	43
<b>Tabel 3.2</b> Tabel Rentang Skala Numerik Penilaian Indikator pada FIS Mamdani .....	43
<b>Tabel 3.3</b> Konfigurasi Perencanaan Produksi sistem FIS Mamdani	44
<b>Tabel 3.4</b> Contoh Penggunaan Aturan (Rule) <i>Fuzzy Inference System</i>	48
<b>Tabel 3.5</b> Parameter Nilai MAPE .....	51
<b>Tabel 3.6</b> Rancangan Peramalan <i>Moving Average 4P</i> .....	52
<b>Tabel 3.7</b> Rancangan Hasil Aplikasi FIS Mamdani hasil Forecast	53
<b>Tabel 4.1</b> Domain Himpunan Logika Fuzzy.....	65
<b>Tabel 4.2</b> Alasan di setiap Variabel Domain Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	66
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Implikasi dari Hasil Perhitungan Derajat Keanggotaan .....	73
<b>Tabel 4.4</b> Rule – base beserta Hasil Implikasi - nya .....	74
<b>Tabel 4.5</b> Rencana Produksi Metode FIS Mamdani.....	77
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan MAPE $ \check{Y}_{mt} - Y_{mt} $ metode FIS Mamdani....	80
<b>Tabel 4.7</b> Data <i>Production</i> kedepannya dari Hasil FIS Mamdani....	84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Alir Proses Pembuatan Gula secara umum	13
<b>Gambar 2.2</b> SOP Pengolahan Gula PG. Padjarakan .....	14
<b>Gambar 2.3</b> Himpunan <i>fuzzy</i> variabel Temperatur .....	20
<b>Gambar 2.4</b> Representasi linear naik .....	21
<b>Gambar 2.5</b> Representasi linear turun .....	22
<b>Gambar 2.6</b> Representasi Kurva Segitiga .....	22
<b>Gambar 2.7</b> Representasi Kurva Trapesium .....	23
<b>Gambar 2.8</b> Representasi Kurva Bahu Kiri .....	23
<b>Gambar 2.9</b> Representasi Kurva Bahu Kanan .....	24
<b>Gambar 2.10</b> Kurva bentuk bahu (Kusumadewi, 2004) .....	25
<b>Gambar 2.11</b> Komposisi aturan <i>fuzzy</i> Mamdani metode <i>Max</i> .....	27
<b>Gambar 2.12</b> <i>Defuzzyfikasi fuzzy</i> Mamdani .....	28
<b>Gambar 2.13</b> Rancangan Penggunaan Toolbox .....	29
<b>Gambar 2.14</b> Grafik Pola Data Horizontal .....	35
<b>Gambar 2.15</b> Grafik Pola Data Trend .....	35
<b>Gambar 2.16</b> Grafik Pola Data Musiman .....	36
<b>Gambar 2.17</b> Grafik Pola Data Siklis .....	36
<b>Gambar 3.1</b> Kerangka Pemikiran .....	40
<b>Gambar 3.2</b> Rancangan Penggunaan Tool Box Matlab .....	38
<b>Gambar 3.3</b> Rancangan Tahapan Penelitian .....	45
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Data Aktual dan Peramalan Variabel <i>Demand</i>	55
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Data Aktual dan Peramalan Variabel <i>Overall</i> <i>Recovery</i> .....	57
<b>Gambar 4.3</b> Nilai Implikasi dari Hasil Perhitungan Derajat Keanggotaan .....	59

<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Data Aktual dan Peramalan Variabel <i>Production</i>	61
<b>Gambar 4.5</b>	Halaman awal FIS Editor Mamdani .....	63
<b>Gambar 4.6</b>	Himpunan Fuzzy Variabel ( <i>Input</i> ) <i>Demand</i> .....	67
<b>Gambar 4.7</b>	Himpunan Fuzzy Variabel ( <i>Input</i> ) <i>Overall Recovery</i> ..	69
<b>Gambar 4.8</b>	Himpunan Fuzzy Variabel ( <i>Input</i> ) <i>Stock</i> .....	70
<b>Gambar 4.9</b>	Himpunan Fuzzy Variabel ( <i>Output</i> ) <i>Production</i> .....	71
<b>Gambar 4.10</b>	Rule Editor FIS Mamdani Pada Matlab .....	72
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Rule Viewer</i> FIS Mamdani .....	74
<b>Gambar 4.12</b>	Hasil <i>Aggregation</i> FIS Mamdani .....	75
<b>Gambar 4.13</b>	Solusi daerah FIS Mamdani .....	76
<b>Gambar 4.14</b>	Diagram Plot Data Perbandingan Hasil Inferensi .....	78
<b>Gambar 4.15</b>	Nilai <i>Demand</i> Hasil <i>Forecasting</i> .....	81
<b>Gambar 4.16</b>	Nilai <i>Overall Recovery</i> Hasil <i>Forecasting</i> .....	82
<b>Gambar 4.17</b>	Nilai <i>Stock</i> Hasil <i>Forecasting</i> .....	82
<b>Gambar 4.17</b>	<i>Rule Viewer</i> proses FIS Mamdani bulan Juni 2019...	83

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Data Aktual PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo terkait Variabel – Variabel <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i> “ <i>Mamdani</i> ” .....	91
<b>Lampiran 2.</b> <i>FUZZYFICATION</i> FIS Mamdani.....	92
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan FIS Mamdani secara Manual (non – Komputasi) .....	100
<b>Lampiran 4.</b> <i>Defuzzyfication FIS Mamdani</i> secara Manual (non – Komputasi) .....	107
<b>Lampiran 5.</b> <i>Forecasting</i> (Peramalan) terkait Variabel FIS Mamdani	113
<b>Lampiran 6.</b> Glosarium (Nama Istilah yang ada dalam Penulisan)...	115

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan salah satu jenis komoditas hasil pertanian yang memiliki kontribusi dalam menstimulus pertumbuhan sektor pertanian. Terkait hal ini, pemerintah melalui BPS (2017) mencatat total luas tanaman tebu di Indonesia mencapai 450 ribu ha yang terdiri dari luas perkebunan rakyat sebesar 266 ribu ha, perkebunan negara 67 ribu ha dan perkebunan swasta sebesar 118 ribu ha. Rata – rata produksi tebu rakyat secara nasional berada di bawah 80 ton per ha dengan tingkat rendemen di bawah 8%. Sedangkan khusus lahan perkebunan tebu di Provinsi Jawa Timur sendiri tercatat memiliki lahan seluas 203.566 ha yang terdiri dari perkebunan tebu rakyat 184.211 ha ; perkebunan negara 18.950 ha dan perkebunan swasta 656 ha. Jadi, perkebunan tebu di Jawa Timur merupakan yang terluas di Indonesia dan tercatat sebesar 44% dari total perkebunan tebu nasional. Salah satu pengolahan hasil pertanian di Indonesia yaitu tebu yang dapat diolah menjadi gula.

Gula merupakan komoditi utama dan vital yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Selain itu, gula juga banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri makanan dan minuman. Menurut Kementerian Pertanian (Kementan) dalam *Daily Economic and Market* milik Bank Mandiri (2018) menyebutkan bahwa prediksi gula untuk kebutuhan industri telah mencapai angka sekitar 3,6 juta Ton. Proyeksi tersebut lebih tinggi 6 % dari kebutuhan gula di industri tahun 2017 yang mencapai 3,4 juta Ton. Kebutuhan akan gula jumlahnya terus mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan penduduk, peningkatan pendapatan masyarakat, dan semakin banyak persaingan industri makanan minuman yang berbahan baku gula.

Di Indonesia, industri gula berbahan baku tanaman tebu sebenarnya telah ada sejak era penjajahan Belanda. Industri gula tergolong industri yang keberadaannya sudah sangat tua di dunia. Hal ini dapat dilihat dari sejarah industri gula di Thailand yang telah berdiri sejak abad ke-13, di Brasil sejak abad ke-15, dan

di Indonesia diperkirakan telah ada sejak abad ke-16. Indonesia pernah mengalami era kejayaan industri gula pada tahun 1930-an dengan jumlah pabrik gula (PG) yang beroperasi 179 pabrik, produktivitas sekitar 14,80%, dan rendemen 11%-13,80%. Produksi puncak mencapai hingga 3 juta ton dan ekspor gula sebesar 2,40 juta ton. Keberhasilan tersebut didukung oleh kemudahan dalam memperoleh lahan yang subur, tenaga kerja murah, prioritas irigasi, dan disiplin dalam penerapan teknologi (Susila et al., dalam Kementan., 2016). Oleh karena itu perlu ada intervensi dari beberapa pihak terkait adanya suatu lembaga, badan, atau instansi yang mengatur dan menaungi hasil hasil produksi tebu dan gula di Indonesia ini.

Pemerintah mengupayakan hasil-hasil perkebunan secara maksimal melalui PT Perkebunan Nusantara XI (Persero) sebagai badan usaha milik negara yang mengelola industri pertanian khususnya dalam industri pengolahan tebu menjadi gula. PT Perkebunan Nusantara XI (Persero) tidak hanya badan usaha milik negara yang berperan dalam meningkatkan produktivitas hasil pertanian yaitu tebu yang diolah menjadi gula, tetapi juga dapat memberikan pengetahuan dan *skill* bagi sumber daya manusia dan diharapkan dapat meningkatkan SDM di Indonesia. Selain itu, menurut Hariyono, D. (2012) dalam Patmawati, Y. (2014) menjelaskan bahwa PT. Perkebunan Nusantara XI. (Persero) adalah salah satu perusahaan BUMN yang menaungi  $\pm$  16 pabrik pengolahan gula kristal putih khususnya yang berada di Jawa Timur, antara lain yaitu : PG. Djatiroto, PG. Semboro, PG. Asembagoes, PG. Panji, PG. Olean, PG. Prajekan, PG. Gending, PG. Wonolangan, PG. Gending, dan tentunya PG. Padjarakan serta pabrik gula yang lainnya.

PG. Padjarakan merupakan salah satu diantara PG yang dinaungi oleh Direksi Pusat PT Perkebunan Nusantara XI. (Persero). Pada PG. Padjarakan sendiri, dalam rencana produksinya juga banyak sekali faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan produksi yang harus dihasilkan pertahunnya yang akan dijadikan target dalam memulai sebuah usaha. Untuk itu, perencanaan produksi dalam rangka pencapaian tujuan suatu perusahaan produk tergantung pada sejauh mana perusahaan memahami kebutuhan dan produktivitasnya dan sejauh mana pemenuhan tersebut dilakukan dengan cara yang lebih efisien dan efektif. (Wibowo, 2015:16).

Pada saat ini hampir semua perusahaan yang bergerak dibidang industri dihadapkan pada suatu masalah yaitu adanya tingkat persaingan yang semakin kompetitif. Hal ini mengharuskan perusahaan untuk merencanakan atau menentukan jumlah produksi, agar dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat, efisiensi mesin pabrikasi dan bagian pengolahan dengan jumlah yang sesuai. Sehingga diharapkan keuntungan perusahaan akan meningkat. Suatu perkembangan teknologi tidak terlepas dari adanya langkah penerapan metode yang tepat untuk mendukung kemajuan teknologi dan tentunya juga keuntungan perusahaan tersebut. Seperti halnya dalam perencanaan suatu produksi dalam perusahaan merupakan suatu hal yang harus diperhatikan sebelum memulai sebuah proses produksi. Perlu adanya pertimbangan di beberapa faktor dalam menentukan jumlah produksi barang tersebut, nantinya hal ini bertujuan untuk menghindari beberapa resiko produksi di perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan yang matang dalam mengelola produksi barang. Untuk itulah diperlukan sebuah aplikasi untuk memberikan alternatif keputusan dalam perencanaan produksi gula.

Perencanaan produksi gula dalam waktu dan jumlah yang tepat merupakan sesuatu yang diinginkan perusahaan, begitu juga bagi PG. Padjarakan. Namun dalam perencanaan produksi gula di waktu yang akan datang tidak lah mudah. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dan menjadikan kendala dalam mengambil kebijakan untuk dapat menentukan jumlah gula yang akan diproduksi nantinya. PG. Padjarakan sebenarnya telah melakukan berbagai upaya yang sangat erat hubungannya dengan pemanfaatan faktor – faktor produksinya. Adapun upaya yang dilakukan yaitu kurang lebih sama seperti perencanaan produksinya pabrik gula pada umumnya yaitu lebih terkhusus pada Stasiun Pengolahan atau bagian Pabrikasi, seperti : permintaan pasar atau pihak lain yang tidak menentu, tingkat *overall recovery* yang dapat diartikan tingkat efisiensi suatu pabrik dalam *processing* mulai dari tahap awal sampai akhir, dan suatu persediaan yang diadakan untuk mencegah terjadinya kekurangan produk gula ketika permintaan yang begitu fluktuatif (dalam hal ini biasa disebut dengan *Safety Stock*).

Berkaitan dengan tingkat produksinya, saat ini hampir di semua perusahaan yang sedang atau akan beroperasi, selalu dihadapkan dengan masalah tersebut. Hal inilah yang menuntut tiap – tiap perusahaan untuk memperkirakan atau memprediksi seberapa jumlah barang tersebut harus diproduksi. Sama halnya pada PG. Padjarakan yang notabene merupakan salah satu pabrik gula yang masih vakum prosesnya di tahun ini dan akan beroperasi kembali di tahun berikutnya. Hal ini dikarenakan kebijakan dari pimpinan pusat untuk memvakumkan proses produksinya. Berdasarkan permasalahan inilah, penelitian ini dilakukan guna mendapatkan hasil rencana produksi Gula Kristal Putih (GKP) pada masa – masa proses produksi di tahun berikutnya.

Penelitian ini menawarkan salah satu cara alternatif yang bisa digunakan dalam rencana produksi gula, yaitu dengan penerapan logika *fuzzy*, karena terdapat beberapa data yang bisa digunakan dalam melakukan perhitungan guna mendapatkan prediksi jumlah produksi gula. Logika *fuzzy* merupakan suatu metode yang berbasiskan perasaan yang mampu memberikan solusi lebih seimbang. Logika *fuzzy* (logika samar) itu sendiri merupakan logika yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian, dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1). Logika *fuzzy* ini merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output, sifatnya yang fleksibel sehingga dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pengambil keputusan. Kasus rencana produksi gula di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo ini, berdasarkan beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut akan dijadikan suatu masukan kemudian diproses dengan logika *fuzzy* dengan bantuan program komputasi. Hal ini dikarenakan logika *fuzzy* dianggap mampu untuk memetakan suatu input kedalam suatu output tanpa mengabaikan faktor – faktor yang ada.

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Miranda, dkk. (2013), menjelaskan bahwa aplikasi logika *fuzzy* dalam sistem pendukung keputusan diperlukan terkait seperti : permintaan yang begitu *fluktuatif*, persediaan yang tidak diketahui dengan jelas, dan lain sebagainya. Pada jurnal Sukandy, dkk. (2014),



menjelaskan bahwa hasil pengujiannya dalam memprediksi jumlah produksi barang, sebagian besar telah dapat memenuhi jumlah permintaan pasar yang ada.

Pengkajian dilakukan dengan melakukan implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) sebagaimana berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Solikin (2011), yang mana membandingkan antara *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno. Saat menggunakan metode Sugeno didapatkan hasil produksi barangnya masih terlampau jauh dari hasil sebenarnya yang ada di perusahaan tersebut. Hasil daripada analisis data produksi barangnya, dapat disimpulkan bahwa produksi yang mendekati nilai kebenaran adalah produksi yang diperoleh dengan pengolahan data FIS menggunakan metode Mamdani.

FIS (*Fuzzy Inference System*) Mamdani merupakan salah satu metode penalaran (*inference*) yang paling sering digunakan untuk persoalan kendali logika fuzzy. Metode ini dikemukakan oleh Mamdani dan Assilian pada tahun 1975, dimana saat itu metode tersebut digunakan untuk mengendalikan mesin uap dan mendidihkan berdasarkan sintesis himpunan kendali aturan linguistic dengan percobaan operator seorang manusia. Metode sistem penalaran FIS Mamdani berdasarkan pada makalah Prof. Dr. Lofti Astor Zadeh (1973) tentang algoritma fuzzy untuk sistem yang kompleks dan proses pengambilan keputusan (Kusumadewi, 2010).

Kelebihan metode Mamdani dibandingkan metode sistem penalaran fuzzy yang lain, diantaranya adalah karena bersifat intuitif, mencakup bidang yang luas, dan sesuai dengan proses input informasi manusia. Sistem penalaran fuzzy metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode *Min - Max*. Alasan kenapa sistem penalaran FIS Mamdani ini yang diterapkan, karena lebih menyerupai pola pikir manusia karena fungsi implikasi antara *antecedent* dengan *consequent* sama-sama dalam himpunan fuzzy. Mamdani-FIS dalam melakukan komputasi untuk mendapatkan output yang diharapkan (Kusumadewi, 2010).

Logika *fuzzy* yang dikembangkan menjadi FIS Mamdani ini diyakini dapat sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data-data yang ada. Dikarenakan akan menghasilkan suatu model dari suatu sistem yang mampu merencanakan kegiatan produksi GKP tersebut. Alhasil, dengan diterapkannya aplikasi dari FIS

mamdani ini, bisa menjadi salah satu alternatif solusi dalam pengambilan keputusan untuk pemecahan masalah dalam perencanaan produksi yang tepat dan mendekati kevalidan dalam menentukan nilai perencanaan produksi, sehingga diperoleh suatu keluaran yaitu estimasi jumlah produksi gula per tahunnya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang menjadi studi kasus masalah tingkat produksi suatu barang tersebut, khususnya pada produksi GKP milik PG. Padjarakan inilah yang menjadi alasan perlu diterapkannya rencana produksi untuk masa – masa proses produksi GKP di tahun berikutnya. Dengan adanya suatu rencana produksi untuk proses produksi selanjutnya, dapat dijadikan landasan dalam merencanakan jumlah produksi GKP yang tepat dan hasilnya saling berkaitan dengan faktor – faktor dari variabel yang berpengaruh dalam proses produksi GKP - nya. Untuk rencana produksi menggunakan aplikasi *Fuzzy Inference System* tersebut didasarkan pada hasil proses peramalan (*forecasting*). Harapannya adalah dapat dilakukan evaluasi dari revitalisasi produksi gula kristal putih tersebut secara musiman, sehingga dapat meminimalisir resiko – resiko dari sedikit banyaknya jumlah produksi dan dapat mengoptimalisasi hasil produksinya.

### 1.3 Batasan Masalah

Supaya beberapa masalah tersebut tidak semakin meluas pembahasannya, perlu adanya pembatas. Batasan masalah yang terdapat dalam penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Pengambilan dan pengolahan data terkait penelitian ini, bersumber dari PTPN XI. PG. Padjarakan. Semua data adalah hasil kesepakatan (dalam hal ini telah mendapat persetujuan dan tidak menggunakan data yang dilarang oleh pimpinan PG. Padjarakan), dan juga data yang diambil dan diolah ini bersifat legal karena sudah melalui prosedur yang sesuai serta dapat dipertanggungjawabkan.

2. Permasalahan yang terkait dengan rencana produksi di PG. Padjarakan, lebih terfokus pada Stasiun Pengolahan, Pabrikasi, dan Instalasi - Teknika.
3. Kriteria yang digunakan untuk jumlah produksi gula pada PTPN XI. PG. Padjarakan adalah dalam kurun waktu 10 tahun terakhir selama bulan-bulan penggilingan (antara bulan Juni sampai bulan September) dengan tiap bulannya..

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah beberapa tujuan dari penelitian tugas akhir ini, yang antara lain yaitu :

1. Untuk mengidentifikasi variabel – variabel yang terkait dengan rencana produksi di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo.
2. Untuk mengaplikasikan penggunaan *tools* logika fuzzy yakni FIS “Mamdani” untuk rencana produksi GKP, dan mengkaji hasil fuzzyfikasi-nya berdasarkan hasil perhitungan ukuran ketepatannya menggunakan parameter MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*).
3. Untuk memberikan suatu rekomendasi dari hasil pemodelan *fuzzy inference system* (FIS) “mamdani” berdasarkan hasil *forecasting* (peramalan) menggunakan Moving Average 4P terkait rencana produksi gula kristal putih di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada beberapa pihak antara lain :

1. Untuk Perusahaan

Memberikan informasi kepada perusahaan mengenai perencanaan jumlah produksi yang mungkin terjadi pada laju produksi dan pendistribusian produk dan juga dapat memberikan suatu cara untuk menurunkan, mengurangi atau menghilangkan risiko yang ada terkait produksi gula di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo.

## 2 Untuk Mahasiswa / Pembaca

Memberikan informasi mengenai program komputasi dan cara meramal secara ilmiah yang bersifat musiman terutama pada rencana produksi dan mengetahui salah satu metode yang dapat digunakan sebagai analisis perencanaan produksi berbasis *software* komputer dari produk terkait.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Produksi Gula

#### 2.1.1 Produksi

##### a. Definisi Produksi

Secara umum pengertian produksi adalah suatu untuk menghasilkan suatu output keluaran yang berupa produk, diawali dari produk mentah hingga menghasilkan sesuatu yang dapat dipakai dan mempunyai nilai guna. Produksi merupakan suatu kegiatan yang dapat menimbulkan tambahan manfaat atau penciptaan manfaat baru yang terdiri dari faedah bentuk, waktu, tepat, dan kombinasi dari beberapa macam faedah tersebut.

##### b. Sejarah Manajemen Produksi

Managemen produksi merupakan proses kegiatan untuk mengadakan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, pengkoordinasian dari produksi dan proses produksi. Definisi lain menjelaskan bahwa managemen produksi merupakan usaha mengelola dengan cara optimal terhadap faktor-faktor produksi atau sumber seperti manusia, tenaga kerja, mesin dan bahan baku yang ada. Pengembangan sistem produksi terjadi di Barat. Bermula dengan adanya ekspansi negara Eropa ke Amerika dan dikenal dengan zaman kerajinan tangan. Periodenya adalah sekitar 1750 sampai dengan 1800, di mana Watt (1764) menemukan ketel uap sedangkan, Smith (1776) mengemukakan adanya pembagian kerja. Selanjutnya Whitney (1800) memperkenalkan komponen yang distandarisasikan dan dapat saling mengganti serta penting dan perlunya pengawasan kualitas.

Selanjutnya ekspansi finansial ini juga terjadi pada masa ketiga yaitu masa managemen ilmu pengetahuan (1880-1940) di mana Tailor (1881) merupakan bapak managemen ilmu pengetahuan, dia pertama kali mengembangkan metode dan waktu dalam pabrik baja di Midvale. Kemudian pada tahun Erlang (1905), menerapkan teori antrian pada industri telepon untuk pertama kalinya, dan masih banyak penemuan-penemuan lain yang sangat bermanfaat di jaman ini. Namun

masa ini diselingi adanya depresi sekitar tahun 1930 dan pecahnya perang dunia II.

Masa berikutnya adalah masa ekspansi otomasi mulai tahun 1940 sampai sekarang, diwarnai dengan pemanfaatan riset operasi, komputer, pendekatan sistem dan pemakaian robot-robot. George Dantzig memelopori dan menemukan programasi linier pada tahun 1947. Maynard pada tahun 1948 menemukan manajemen waktu metode. Pada tahun 1950 Deming menerapkan sistem pengawasan kualitas untuk pabrik sebagai keseluruhan. Horbison dan Myers pada tahun 1959 menyatakan bahwa manajemen adalah sumber daya ekonomi. Dan masih banyak lagi penemuan yang berpengaruh pada masa itu.

c. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Proses Produksi

Dalam suatu kegiatan produksi ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses produksi, antara lain yaitu :

1. Bahan baku yang digunakan

Jumlah dan jenis bahan baku yang digunakan akan menjadi input dari sistem produksi dalam suatu perusahaan;

2. Tenaga kerja

Banyaknya tenaga kerja dalam memproduksi suatu barang merupakan salah satu input dari sistem produksi;

3. Dana atau modal yang tersedia

Dana ataupun modal yang tersedia untuk pembiayaan model kerja dalam suatu perusahaan merupakan input yang dibutuhkan oleh sistem produksi dalam suatu perusahaan.

d. Fungsi Produksi

Berikut ini adalah beberapa macam fungsi utama dari kegiatan – kegiatan produksi, antara lain yaitu :

1. Proses produksi merupakan metode dan teknik yang digunakan dalam mengolah bahan baku menjadi suatu produk;

2. Perencanaan produksi merupakan tindakan antisipasi di masa mendatang sesuai dengan periode waktu yang telah ditentukan;

3. Pengendalian produksi merupakan tindakan yang menjamin bahwa semua kegiatan yang dilaksanakan dalam perencanaan telah dilakukan sesuai dengan target yang telah ditetapkan (Nasution, 2008 dalam Wibowo, 2015).

#### 2.1.2 Pengolahan Gula

##### a. Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) adalah satu anggota familia rumput-rumputan (*Graminae*) yang merupakan tanaman asli tropika basah, namun masih dapat tumbuh baik dan berkembang di daerah subtropika, pada berbagai jenis tanah dari daratan rendah hingga ketinggian 1.400 m diatas permukaan laut (dpl). Tebu termasuk jenis tanaman rumput yang kokoh dan kuat. Adapun syarat-syarat tumbuh tanaman tebu adalah: (a) Tumbuh di daerah dataran rendah yang kering. Iklim panas yang lembab dengan suhu antara 25°C-28°C, (b) Curah hujan kurang dari 100 mm/tahun, (c) Tanah tidak terlalu masam, pH diatas 6,4. Ketinggian kurang dari 500 mdpl.

Tanaman ini menyebar ke kepulauan Solomon dan Kaledonia Baru. Ekspansi tanaman ini ke arah timur Papua New Guinea berlangsung pada 6000 SM, dimana tebu mulai menyebar ke Indonesia, Filipina dan India. (Kotler et all, 2008 dalam Rahmawati, 2016) Tanaman tebu tergolong tanaman perdu dengan nama latin *Saccharum officinarum*. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Berikut ini merupakan klasifikasi tanaman tebu :

- Divisi : *Spermatophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Monocotyledone*
- Ordo : *Graminales*
- Famili : *Graminae*
- Genus : *Saccharum*
- Species : *Saccarum officinarum L.*

Dalam fotosintesa terjadi reaksi antara CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dibantu tenaga sinar matahari dan zat hijau daun (*chlorofil*) menghasilkan karbohidrat

monosakarida. Reaksi  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{kalori} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$  Contoh hasil analisa batang tebu adalah sebagai berikut :

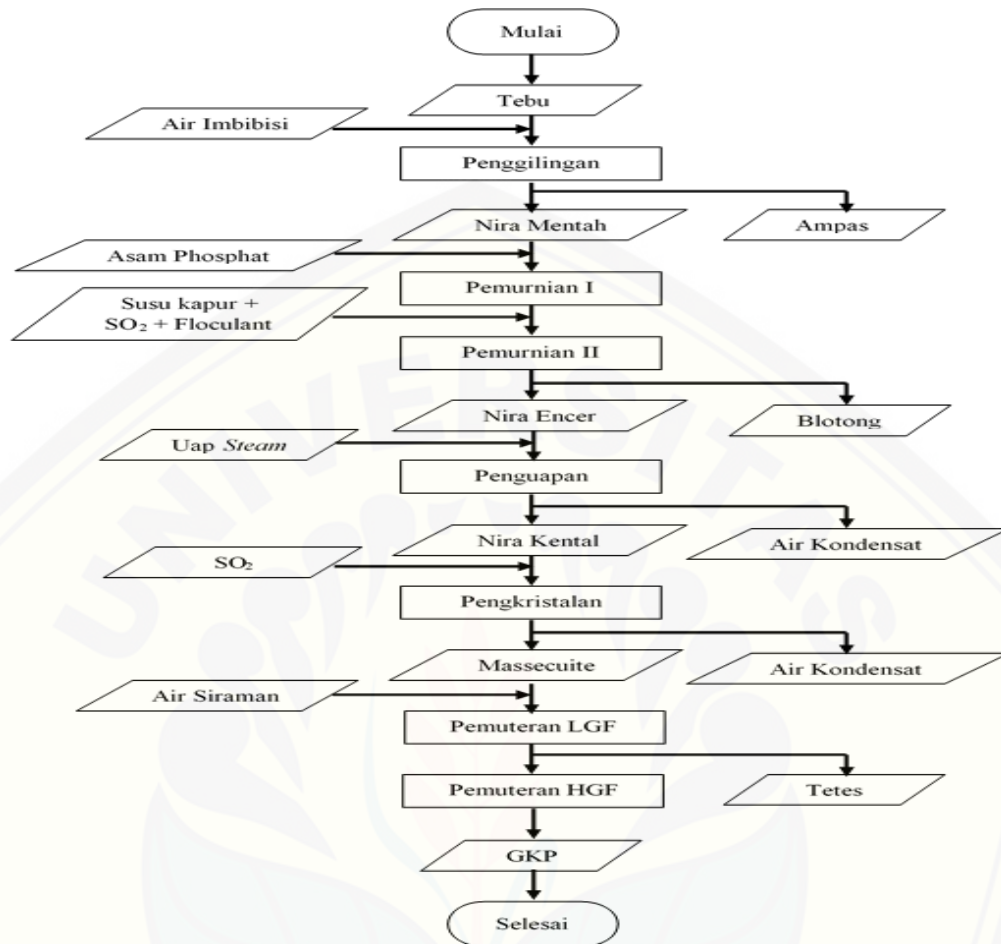
- Monosakarida .....: 0,5 – 1,50 %
- Sakharosa (disakarida ) .....: 1,0 – 19,00%
- Zat organic ( abu ) .....: 0,5 – 1,50 %
- Sabut ( selulosa, pentosa ) .....: 11,0 – 19,00%
- Asam-asam organic .....: 0,15 %
- Bahan lain ( blenok, lilin, zat warna, ikatan N ) .....: 12,00%
- Air .....: 65,0 – 75,00 %

Tebu secara umum adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula dan *vetsin*. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatra. (Ditjenbun (2011). Tebu mulai dikembangkan secara besar-besaran di Indonesia (saat itu namanya masih Hindia Belanda) ketika Gubernur Van der Bosch mencetuskan sistem Tanam Paksa pada tahun 1830.

Tebu ditetapkan menjadi tanaman utama Hindia Belanda bersama kopi, tembakau, kina, karet dan kelapa sawit. Dengan demikian, dibuatlah secara massif perkebunan tebu di Pulau Jawa dan Madura. Perkebunan tebu terbentang dari Cirebon hingga Semarang, selatan Muria hingga Juwana, daerah Mataram, Madiun, Kediri, Besuki, sepanjang Lumajang, Probolinggo hingga ke Malang melalui Pasuruan, dari Surabaya barat daya hingga Jombang (Notosusanto dan Poesponegoro, 2008 dalam Rahmawati, S., 2016).



## b. Proses Pengolahan Tebu Menjadi Gula

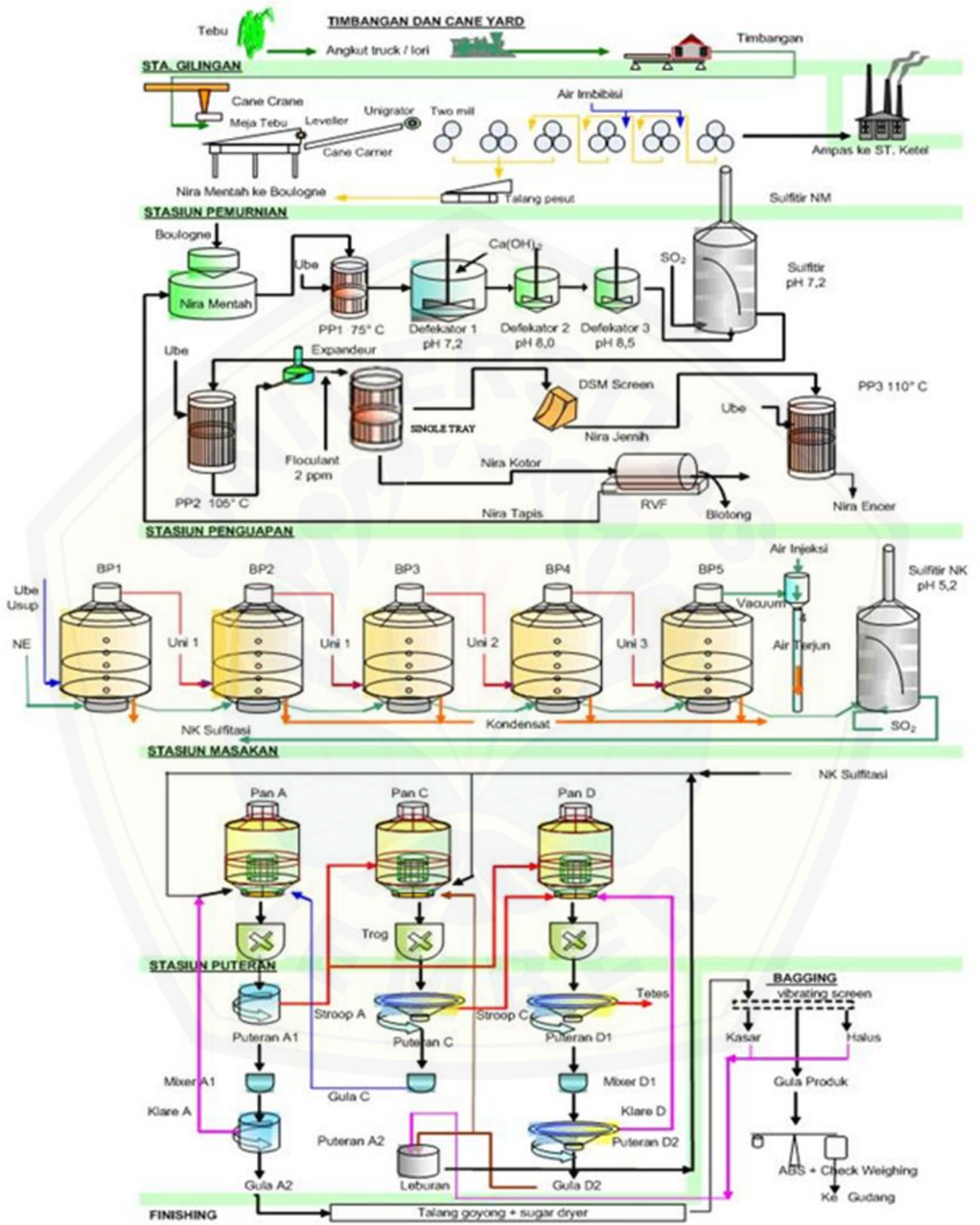


**Gambar 2.1** Diagram Alir Proses Pembuatan Gula secara umum

Pembuatan gula, batang tebu yang sudah dipanen diperas dengan mesin pemeras (mesin *press*) di pabrik gula. Sesudah itu, nira atau air perasan tebu tersebut disaring, dimasak, dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir yang kita kenal. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90% dan sisanya berupa tetes (*molasse*) dan air.

Proses pengolahan bahan baku yaitu tebu menjadi gula di PG. Padjarakan terdiri dari beberapa stasiun pengolahan. Stasiun pengolahan yang saat ini dijalankan adalah stasiun gilingan (ekstraksi), stasiun pemurnian (purifikasi), stasiun penguapan (evaporator), stasiun kristalisasi, stasiun sentrifugasi dan penyelesaian. Berikut ini adalah *Sandard Operational Procedure* (SOP) milik pabrik gula tersebut :

**DIAGRAM PROSES PG PADJARAN**



Gambar 2.2 SOP Pengolahan Gula PG. Padjaran

### c. Gula

Untuk daerah tropis tebu merupakan tanaman utama sebagai penghasil gula, disamping kelapa dan enau. Tebu mengandung hidrokarbon yang terjadi dalam tanaman karena proses fotosintesa. Karbohidrat-karbohidrat ini terdiri dari monosakarida (glukosa, fruktosa), disakarida (sukrosa), dan polisakarida (selulosa). Menurut Darwin (2013), gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Secara umum, gula dibedakan menjadi dua, yaitu:

#### 1. Monosakarida

Sesuai dengan namanya yaitu mono yang berarti satu, ia terbentuk dari satu molekul gula. Yang termasuk monosakarida adalah glukosa, fruktosa, galaktosa.

#### 2. Disakarida

Berbeda dengan monosakarida, disakarida berarti terbentuk dari dua molekul gula. Yang termasuk disakarida adalah sukrosa (gabungan glukosa dan fruktosa), laktosa (gabungan dari glukosa dan galaktosa) dan maltosa (gabungan dari dua glukosa).

Menurut Damogalad, dkk. (2013) menyebutkan bahwa, gula merupakan komoditas yang penting bagi masyarakat Indonesia dan perekonomian pangan Indonesia, baik sebagai kebutuhan pokok maupun sebagai bahan baku pada industri makanan – minuman. Kebutuhan gula saat ini semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia serta semakin beranekaragamnya jenis makanan atau minuman yang hadir di tengah – tengah kita saat ini.

Susunan tebu ini tidak sama untuk semua tebu, tergantung pada keadaan tanah, iklim, pemeliharaan tanaman dan macam tebu. Sakharosa (*sucrose*) merupakan komponen yang akan dibuat menjadi gula, sehingga senyawa inilah yang akan diambil sebanya-banyaknya dari tebu untuk dipisahkan dari bagian-bagian lain dan dikristalkan menjadi gula. Sukrosa pada nira tebu serta selulosa dalam serat merupakan dua komponen utama penyusun tanaman tebu, masing –

masing komponen tersebut tersusun atas bahan – bahan gula sederhana. Sukrosa atau biasa dikenal dengan sebutan gula pasir merupakan gabungan dari : Glukosa dengan Fruktosa (Lahay, 2009). Komponen yang terkandung di gula dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.1** Komposisi Zat Gizi Gula Pasir (tiap 100 gr berat bahan)

Komposisi	Zat Gizi	Satuan
Energi	364	K. kalori
Protein	0	Gram
Lemak	0	Gram
Karbohidrat	94,0	Gram
Kalsium	5	mg
Fosfor	1	mg

Sumber : Darwin (2013).

Gula yang diproduksi harus memenuhi standard agar dapat bersaing dengan produk gula yang serupa lainnya dan terjamin kualitas mutu produknya. Standard gula yang biasanya digunakan di Indonesia yaitu menggunakan Standard Nasional Indonesia (SNI). Berikut ini adalah SNI gula – nya :

**Tabel 2.2** SNI Gula Kristal Putih

No	Parameterr Uji	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
1.	Warna			
	➤ Warna kristal	CT	4,0 – 7,5	7,6 – 10,0
	➤ Warna larutan (ICUMSA)	IU	81 - 200	201 - 300
2.	Besar jenis butir	Mm	0,8 – 1,2	0,8 - 1,2
3.	Susut pengeringan (b/b)	%	Max 0,1	Max 0,1
4.	Polarisasi ( <sup>0</sup> Z, 20 <sup>0</sup> C)	Z	Min 99,6	Min 99,5
5.	Abu konduktiviti (b/b)	%	Max 0,1	Max 0,15
6.	Bahan tambahan pangan			
	➤ Sulfur oxide (SO <sub>2</sub> )	Mg / Kg	Max 30	Max 30
7.	Cemaran logam			
	➤ Timbal (Pb)	Mg / Kg	Max 2	Max 2
	➤ Tembaga (Cu)	Mg / Kg	Max 2	Max 2
	➤ Arsen (As)	Mg / Kg	Max 1	Max 1

Sumber : SNI 3140.3 : 2010

#### d. Sukrosa

Sukrosa adalah karbohidrat yang mempunyai rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , disakarida yang terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa.

Sifat-sifat fisik sakharosa :

- Rumus molekul :  $C_{12}H_{22}O_{11}$
  - Bentuk : kristal dan tak berwarna
  - Mudah larut dalam air (Aldehid) dan tidak larut dalam eter.
  - Berat jenis : 1,6
  - Titik lebur :  $185^{\circ}C$
  - Dalam suasana asam mudah terhidrolisa menjadi gula reduksi, peristiwa ini disebut inverse .
  - Reaksi :  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$
  - Optis aktif ( memutar bidang polarisasi kekanan )
- (Respati, 1980 dalam Santoso, Budi., 2014).

## 2.2 Perencanaan (*Planning*)

### 2.2.1 Perencanaan Manufaktur (*Manufacture Planning*)

Perencanaan ini berkaitan dengan proses pengolahan bahan baku menjadi produk jadi (*manufacture*) atau berkaitan dengan penciptaan kegunaan bentuk (*form utility*). Ada dua jenis barang yang diorder pelanggan yaitu barang konsumsi dan barang teknologi. Ditinjau dari proses perencanaan dan *manufacturing*, barang-barang konsumsi relatif sederhana daripada barang-barang teknologi. Proses perencanaan adalah jembatan yang menghubungkan tahap desain dan tahap *manufacturing*, artinya setelah tahap desain selesai dilakukan, proses perencanaan dilakukan untuk menjelaskan bagaimana masing-masing *part* dan komponen yang dibutuhkan untuk proses pembuatan barang.

### 2.2.2 Perencanaan Kapasitas (*Capacity Planning*)

Kapasitas suatu ukuran yang produktif merupakan suatu fasilitas dalam memproduksi suatu barang per satuan waktu. Manajemen operasi juga menekankan pentingnya satuan waktu kapasitas yang dapat dibedakan menjadi perencanaan kapasitas jangka panjang, perencanaan kapasitas jangka menengah dan

perencanaan kapasitas jangka pendek. Agar dapat menyesuaikan tingkat kebutuhan kapasitas untuk memenuhi fluktuasi permintaan pasar, perlu dilakukan *forecast* penjualan dan merencanakan perubahan-perubahan kapasitas yang dibutuhkan.

### 2.2.3 Perencanaan Produksi (Production Planning)

Perencanaan produksi adalah kegiatan yang berkenaan dengan penentuan barang apa yang harus diproduksi, berapa banyak barang yang akan diproduksi, kapan produksi akan dimulai dan kapan selesai serta jumlah tenaga kerja/buruh, bahan-bahan dan peralatan apa yang dibutuhkan untuk proses produksi. Tujuan perencanaan produksi adalah sebagai tahap pertama untuk menentukan kegiatan produksi, sebagai masukan rencana sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dan dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi serta stabilisasi produksi dan tenaga kerja terhadap perubahan permintaan.

Di samping itu, apabila tujuan perencanaan produksi dapat dicapai maka perusahaan juga mencapai kondisi ideal dalam minimasi biaya produksi, harga jual yang rendah dan bersaing, serta menguasai pangsa pasar secara luas. Perencanaan produksi meliputi, mempersiapkan rencana produksi termasuk perkiraan permintaan pasar dan proyeksi penjualan, merencanakan pengadaan bahan baku yang dibutuhkan dari luar, membuat skedul penyelesaian setiap produk serta menyampaikan skedul penyelesaian kepada pemesan. Ada beberapa macam *scheduling*, yaitu:

#### a. *Forward scheduling*

Proses *scheduling* dimulai dari waktu permulaan operasi pertama sampai operasi terakhir untuk menentukan waktu penyelesaian.

#### b. *Backward Scheduling*

Proses *scheduling* dimulai dari waktu penyelesaian yang ditentukan dan bergerak ke belakang untuk menentukan waktu mulai operasi.

#### c. *Order Scheduling*

*Scheduling* ini menentukan kapan setiap pesanan harus dikerjakan dan diselesaikan. Skedul pesanan menunjukkan kuantitas produk tertentu yang akan dibuat dalam jangka waktu tertentu.

#### d. *Machine Scheduling*

Scheduling ini menentukan pengerjaan pada setiap mesin. Biasanya hanya untuk mesin-mesin kunci atau yang sering menyebabkan kemacetan produksi.

Karena perencanaan produksi berkaitan dengan masa mendatang, maka perencanaan disusun atas dasar perkiraan terhadap masa lalu dengan menggunakan beberapa asumsi. Oleh karena itu, perencanaan tidak selalu memberikan hasil yang diharapkan, sehingga dibutuhkan evaluasi secara berkala melalui pengendalian produksi.

### 2.3 Teori Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* dikembangkan oleh Prof. Lotfi Astor. Zadeh pada tahun 1965, Zadeh memodifikasi teori himpunan, dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan antara 0 sampai 1 yang disebut dengan himpunan kabur. Menurut Chak (1998) menjelaskan bahwa pada dasarnya teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Teori himpunan klasik tersebut mempunyai nilai benar atau salah secara tegas, misalkan keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan A, hanya akan mempunyai 2 kemungkinan keanggotaan yaitu : menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A. Begitu pun sebaliknya, logika *fuzzy* adalah sebuah logika yang mempunyai nilai kekaburan atau ketidak tegasan atau kesamaran antara benar dan salah. Pada logika fuzzy sebuah nilai bisa benar dan salah secara bersamaan namun berupa besar nilai kebenaran kesalahan tergantung pada bobot keanggotaannya.

#### 2.3.1 Himpunan *Fuzzy*

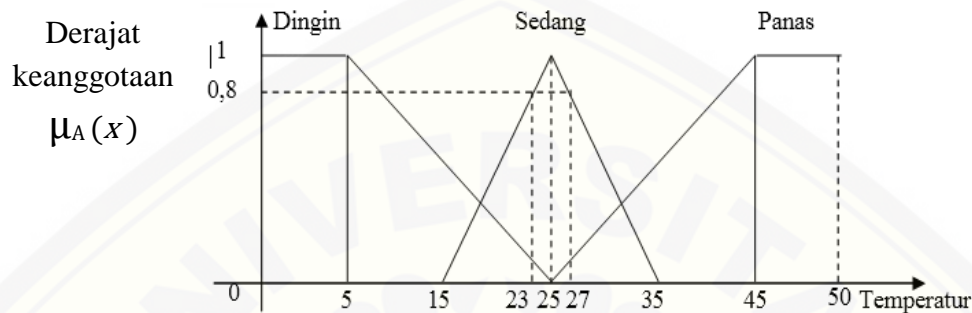
Himpunan *fuzzy* adalah sekumpulan objek dimana masing-masing obyek mempunyai nilai keanggotaan (*membership function*) “ $\mu$ ” atau yang biasa disebut dengan nilai kebenaran. Jika X adalah variabel fuzzy temperatur dan anggotanya dinyatakan dengan  $x$  maka himpunan *fuzzy* dari A dalam X adalah himpunan dengan sepasang anggota atau dapat dinyatakan dengan :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \dots\dots\dots (2.1)$$

Contoh jika A = “himpunan fuzzy untuk temperature Sedang” dengan nilai :

$$\mu_A = \begin{cases} 0; & x < 15 \text{ atau } x > 35 \\ \frac{x-15}{10}; & 15 \leq x < 25 \\ \frac{35-x}{10}; & 25 \leq x \leq 35 \end{cases}$$

Maka,  $A = (15; 0), \dots, (23; 0,8), \dots, (25; 1), \dots, (27; 0,8), \dots, (35; 0)\}$



**Gambar 2.3** Himpunan *fuzzy* variabel Temperatur

### 2.3.2 Semesta Pembahasan

Semesta pembicaraan adalah semua nilai yang dapat dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan adalah himpunan bilangan real yang monoton naik dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Nilai semesta pembicaraan bisa berupa bilangan positif ataupun negatif. Berikut ini contoh semesta pembicaraan:

- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur:  $[0 \ 50]$
- Semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $[0 \ 80]$

### 2.3.3 Domain

Domain himpunan fuzzy adalah semua nilai yang dapat digunakan dan bisa dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain adalah himpunan bilangan real yang monoton naik dari kiri ke kanan. Menurut Kusumadewi (2002) dalam Wibowo (2015) menjelaskan bahwa nilai domain bisa berupa bilangan positif maupun negatif. Berikut ini contoh domain himpunan fuzzy :

- Dingin  $[0 \ 20]$
- Sejuk  $[15 \ 25]$
- Normal  $[20 \ 30]$
- Hangat  $[25 \ 35]$
- Panas  $[30 \ 40]$

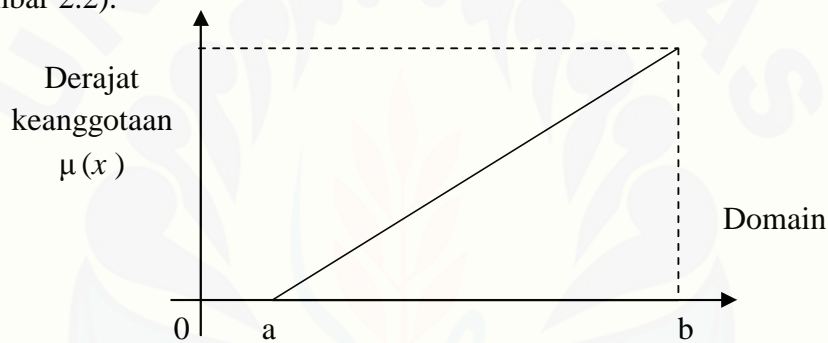


### 2.3.4 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang berupa titik-titik input ke dalam nilai keanggotaanya dengan interval 0 sampai 1. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan yang bisa digunakan, diantaranya :

#### a. Representasi Linier

Pada Representasi Linier, digambarkan dalam suatu bentuk garis lurus. Pada representasi linier terdiri dari dua keadaan yaitu representasi linear naik dan turun. Representasi linear naik menggambarkan kenaikan suatu himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (lihat pada Gambar 2.2).

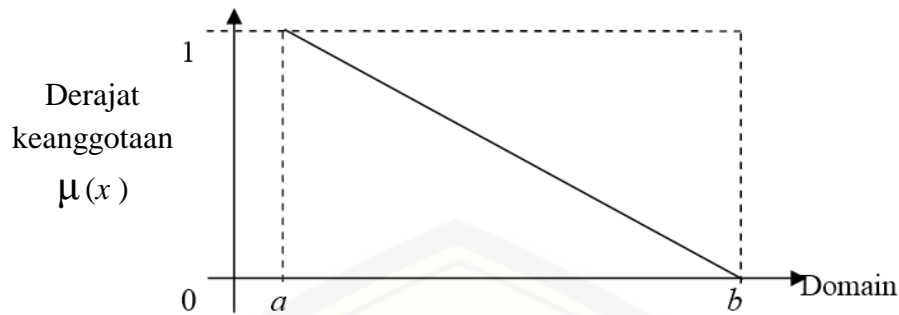


**Gambar 2.4** Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan representasi linear naik dinyatakan menggunakan persamaan (2.1).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > b \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.2)$$

Sedangkan representasi linear turun menggambarkan penurunan suatu himpunan dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah (lihat pada Gambar 2.3)



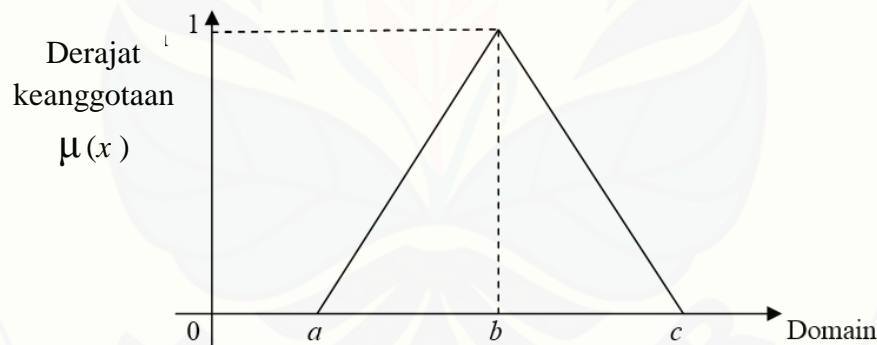
**Gambar 2.5** Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan representasi linear naik dinyatakan menggunakan persamaan (2.2).

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x < a \text{ atau } x > b \end{cases} \quad (2.3)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Representasi Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear naik dan turun (lihat pada Gambar 2.4).



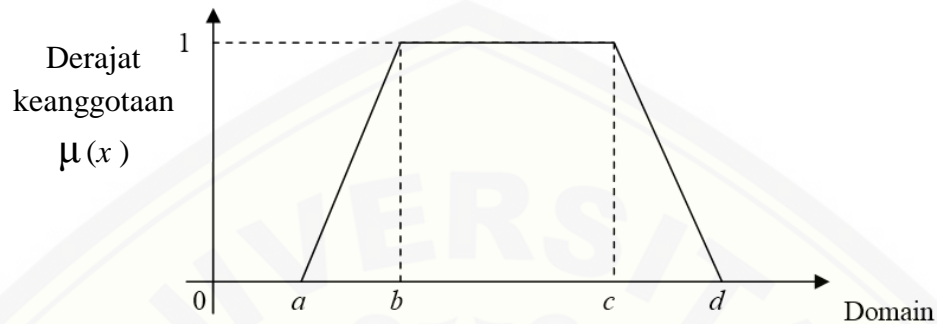
**Gambar 2.6** Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan representasi segitiga dinyatakan menggunakan persamaan (2.3) di bawah ini.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

### c. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium menggambarkan kurva yang berbentuk trapesium yang di dalamnya terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaannya sama dengan 1 (lihat pada Gambar 2.9).



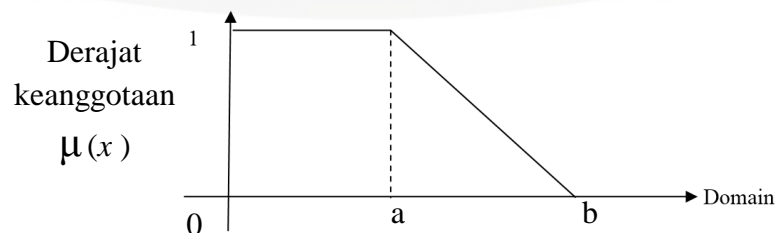
**Gambar 2.7** Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan representasi trapesium dinyatakan menggunakan persamaan (2.4) di bawah ini.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c < x \leq d \end{cases} \quad (2.5)$$

### d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

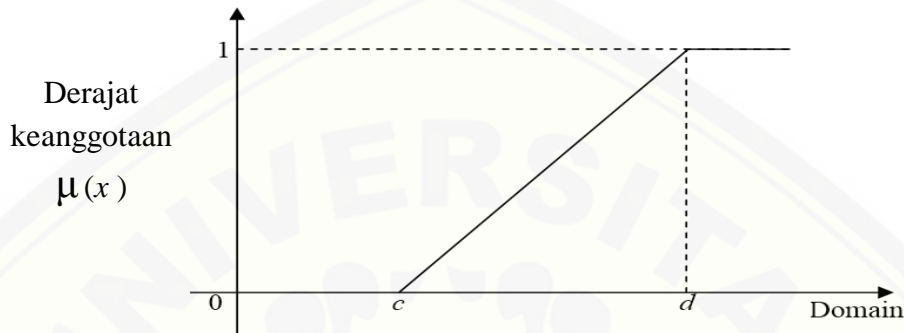
Pada representasi kurva bentuk bahu terdiri dari dua bahu, yaitu bahu kanan dan kiri. Kurva bahu kiri merepresentasikan kondisi konstan dari kiri dengan nilai keanggotaan 1 kemudian turun dengan nilai keanggotaan menuju ke 0 (Lihat Gambar 2.5). Sedangkan kurva bahu kanan merepresentasikan keadaan yang linear naik dari nilai keanggotaan 0 menuju nilai keanggotaan sama dengan 1 secara konstan ke kanan (Lihat pada Gambar 2.6).



**Gambar 2.8** Representasi Kurva Bahu Kiri

Fungsi keanggotaan representasi kurva bahu kiri dinyatakan dengan menggunakan persamaan (2.6).

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} 1; & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x > b \end{cases} \dots\dots\dots (2.6)$$

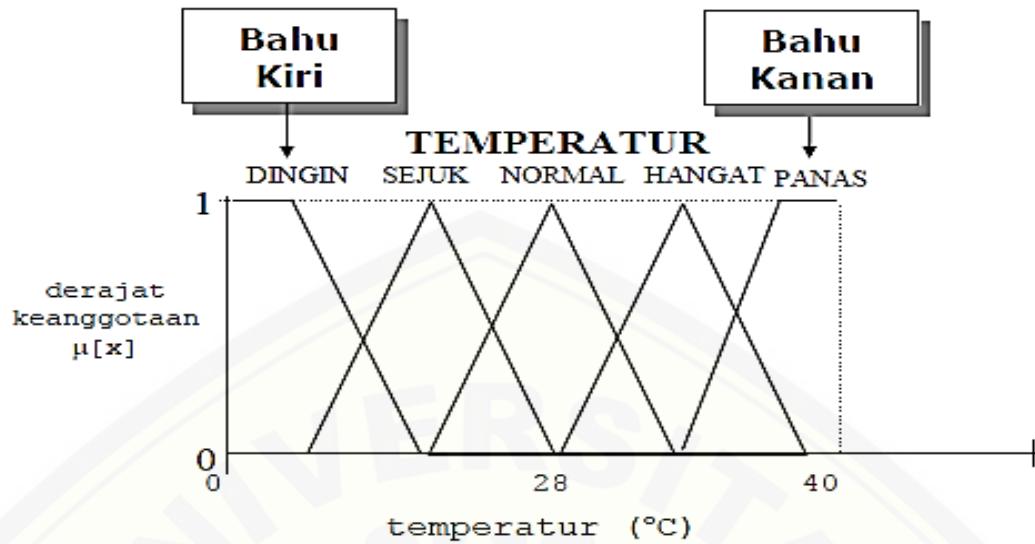


**Gambar 2.9** Representasi Kurva Bahu Kanan

Fungsi keanggotaan representasi kurva bahu kanan dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan (2.7).

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} 0; & x < c \\ \frac{c-x}{d-c}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x > d \end{cases} \dots\dots\dots (2.7)$$

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan : DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperature akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan *fuzzy* “bahu”, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 2.10 Kurva bentuk bahu (Kusumadewi, 2004)

2.3.5 Operator-operator Fuzzy

a. Operator AND

$$\mu_{A \cap B} = \min (\mu_A (x) , \mu_B (y)) \dots\dots\dots (2.8)$$

Hasil dari operasi dengan operator And disebut  $\alpha$  - predikat yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Persamaan (2.8) merupakan rumus operator And berhubungan dan operasi pada himpunan.

b. Operator OR

$$\mu_{A \cup B} = \max (\mu_A (x) , \mu_B (y)) \dots\dots\dots (2.9)$$

Hasil dari operasi dengan operator Or disebut dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan- himpunan yang bersangkutan. Persamaan (2.9) merupakan rumus operator Or berhubungan dengan operasi gabungan (union) pada himpunan.

c. Operator NOT

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A (x) \dots\dots\dots (2.10)$$

Hasil dari operasi dengan operator Not disebut  $\alpha$  - predikat yang diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang

bersangkutan dari 1. Persamaan (2.10) merupakan rumus operator Not (Kusumadewi & Hartati, 2006 dalam Wibowo, 2015).

## 2.4 Fuzzy Inference System (FIS) dengan Metode Mamdani

### 2.4.1 Sejarah Fuzzy

Pada tahun 1965, Profesor Lotfi Asker Zadeh, seorang guru besar *University of California* mempublikasikan karya ilmiah berjudul "*Fuzzy sets*". Dalam karya ilmiah tersebut, Zadeh membuat terobosan baru yang memperluas konsep himpunan tegas (*Crisp Sets*), dalam arti bahwa himpunan tegas merupakan kejadian khusus dari himpunan *fuzzy* (*fuzzy sets*). Himpunan *fuzzy* menggunakan persekitaran untuk menampilkan masalah yang kompleks dalam model yang sederhana.

Dalam perkembangannya, penggunaan teori himpunan *fuzzy* terbagi menjadi tiga periode yaitu fase belajar (1965-1977) yang ditandai dengan perkembangan dan perkiraan penggunaannya. Kemudian fase transisi (1978-1988) yang ditandai dengan perkembangan teori dan banyak sukses dalam praktek penggunaan. Yang terakhir fase ledakan *fuzzy* (*Fuzzy Boom*) (1989-sekarang) yang ditandai dengan peningkatan sukses dalam penggunaan di bidang industri, bisnis, dan penggunaan perangkat lunak (*Soft Computing*) (Klirr dkk, 1997: 215- 216 dalam Abdurrahman, 2011).

### 2.4.2 Fuzzifikasi

Tahapan di mana variabel masukan maupun keluaran terdiri atas satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Selanjutnya derajat keanggotaan masing-masing variabel ditentukan, sehingga akan didapatkan nilai linguistiknya. Dengan cara ini, setiap variabel masukan *difuzzifikasikan*.

### 2.4.3 Pembentukan Aturan Dasar Fuzzy

Menyusun aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan hubungan antara variabel *input* dengan variabel *output*. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

Jika  $a$  adalah  $A_i$  dan  $b$  adalah  $B_i$ , maka  $z$  adalah  $Z_i$  ..... (2.10)

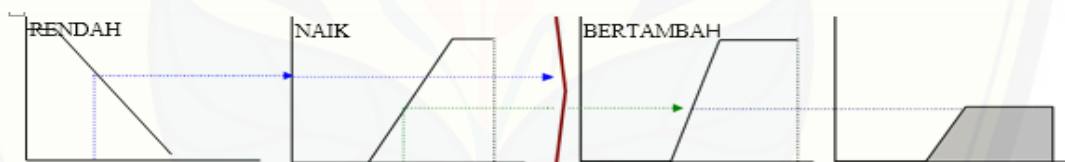
dengan  $A_i$ ,  $B_i$ , dan  $Z_i$  adalah predikat-predikat fuzzy yang merupakan nilai linguistik ke- $i$  dari masing-masing variabel. Banyaknya nilai linguistik variabel input dan output menentukan banyaknya aturan yang dibentuk. Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min yang merupakan aplikasi dari operator AND, seperti pada persamaan (2.7).

#### 2.4.4 Komposisi aturan

Komposisi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan apabila sistem terdiri dari beberapa aturan. Pada logika fuzzy Mamdani, metode yang digunakan yaitu metode *Max* (*maximum*). Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator *Or* (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi.

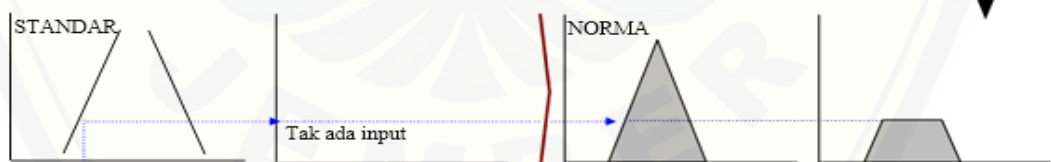
1. Input fuzzy
2. Aplikasi operasi fuzzy
3. Aplikasi metode implikasi (min)

Jika Biaya Produksi RENDAH dan Permintaan NAIK Maka Produksi Barang BERTAMBAH

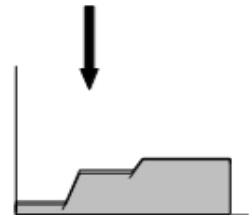
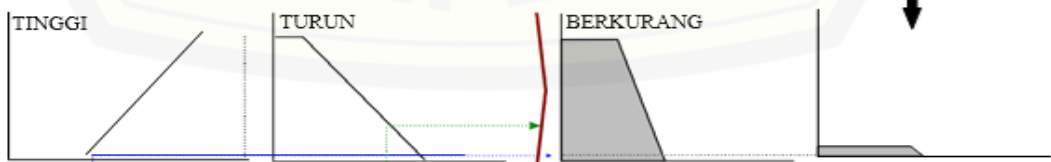


Jika Biaya Produksi STANDAR

Maka Produksi Barang NORMAL



Jika Biaya Produksi TINGGI dan Permintaan TURUN Maka Produksi Barang BERKURANG



**Gambar 2.11** Komposisi aturan fuzzy Mamdani metode *Max*

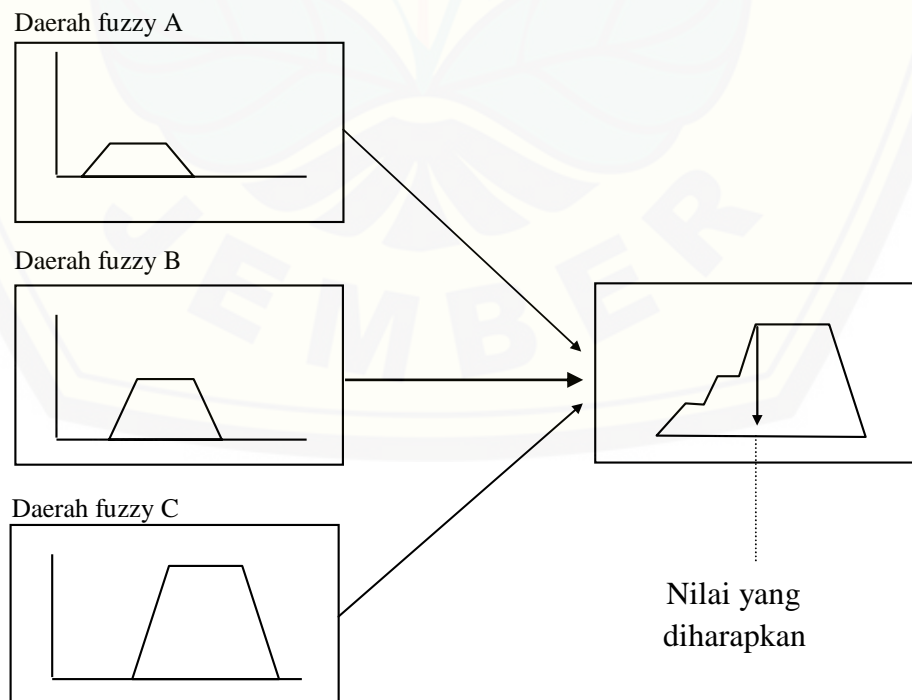
### 2.4.5 Penegasan (*Defuzzyfication*)

Merupakan tahapan di mana besaran *fuzzy* hasil dari sistem inferensi, diubah menjadi besaran tegas. Input dari *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai output.

Metode centroid adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Solusi tegas pada metode ini diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dituliskan menggunakan persamaan 2.11

$$Z : \frac{\int z\mu(z).dz}{\int \mu(z).dz} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan  $z$  adalah variabel *output*,  $Z$  adalah titik pusat daerah output *fuzzy*, adalah fungsi keanggotaan dari variabel *output*.



**Gambar 2.12** *Defuzzifikasi fuzzy Mamdani*

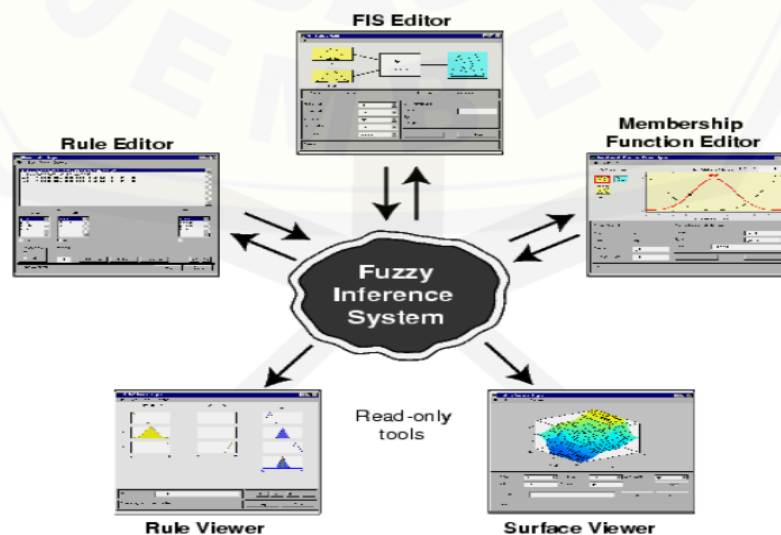


## 2.5 MatLab (*Matrix Laboratory*)

*Matrix Laboratory* (MatLab) adalah suatu perangkat lunak bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mampu menyelesaikan berbagai masalah teknik. Matlab pertamakali diperkenalkan pada tahun 1970, Pertama kali Matlab menggunakan bahasa pemrograman Fortran, yang kemudian dikembangkan kembali dengan menggunakan bahasa pemrograman C++ dan Assembler. Pengguna Matlab tidak akan dipusingkan dengan masalah dimensi karena Matlab merupakan suatu sistem interaktif yang memiliki elemen data dalam suatu array. Dengan menggunakan Matlab memungkinkan untuk dapat memecahkan banyak masalah teknis dengan komputasi khususnya pada permasalahan matriks dan formulasi vektor. Penggunaan dari Matlab sendiri sangat luas, diantaranya sebagai berikut:

- Matematika dan komputasi;
- Pembentukan algoritma;
- Akuisisi data;
- Pendelan simulasi, dan pembuatan prototype;
- Analisa data, eksplorasi, dan visualisasi;
- Grafik keilmuan dan bidang rekayasa, dan sebagainya.

Fungsi-fungsi Matlab yang digunakan untuk menyelesaikan masalah bagian khusus disebut dengan “*toolboxes*”. Toolboxes dapat digunakan untuk bidang pengolahan signal, sistem pengaturan, fuzzy logic, , optimasi, dan simulasi lainnya (Ramza, 2007). Berikut ini rancangan toolbox yang digunakan untuk FIS :



**Gambar 2.13** Rancangan Penggunaan Tool Box

### 2.5.1 *Fuzzy Inference System Editor (FIS Editor)*

Merupakan tampilan awal dari *Fuzzy Inference System (FIS)*. Apabila kita ingin membuat sistem penalaran fuzzy yang baru, maka kita cukup mengetikkan “fuzzy” pada *Command line* – nya.

```
>> fuzzy
```

### 2.5.2 *Membership Function Editor*

Merupakan fungsi keanggotaan. Editor ini berfungsi untuk mengedit fungsi keanggotaan himpunan fuzzy untuk tiap – tiap variabel input dan output. Editor ini dapat dipanggil dengan cara memilih menu :

- *View - Edit Membership Functions* atau juga langsung menekan tombol : `Ctrl + 2`
- atau juga bisa dengan menekan 2 kali (*double click*) pada ikon variabel input dan variabel output.

### 2.5.3 *Rule Editor*

Merupakan editor yang digunakan baik untuk mengedit maupun menampilkan aturan yang akan atau telah dibuat. Editor ini dapat dipanggil dengan cara memilih menu :

- *View - Edit rules* atau juga langsung menekan tombol : `Ctrl + 3`
- atau juga bisa dengan menekan 2 kali (*double click*) pada ikon diagram sistem.

### 2.5.4 *Rule Viewer*

Viewer ini berguna untuk melihat alur penalaran fuzzy pada sistem, meliputi pemetaan input yang diberikan ke tiap – tiap variabel input, aplikasi operator dan fungsi implikasi, komposisi (agregasi) aturan, sampai pada penentuan output tegas pada metode de-fuzzyfikasi. Viewer ini dapat dipanggil dengan cara :

- *View - View rules* atau juga langsung menekan tombol : `Ctrl + 5`

### 2.5.5 *Surface Viewer*

Viewer ini berguna untuk melihat gambar pemetaan antara variabel – variabel input dan variabel – variabel output. Viewer ini dapat dipanggil dengan cara memilih menu :

- *View - View surface* atau langsung menekan tombol : `Ctrl + 6`

(Kusumadewi, 2002)

## 2.6 Demand (Permintaan)

Volume permintaan konsumen adalah hal penting dalam berlangsungnya sebuah perusahaan. Semakin tinggi permintaan konsumen terhadap suatu produk yang dihasilkan oleh sebuah perusahaan maka akan semakin baik dampaknya bagi perusahaan. Menurut Soedarsono (1992) dalam Darnilawati (2013), permintaan adalah berbagai barang yang diminta oleh konsumen dalam suatu pasar untuk periode waktu pada berbagai kemungkinan tingkat harga atau berbagai kemungkinan tingkat pendapatan atau tingkat harga lain yang mempunyai hubungan dekat. Permintaan konsumen adalah total volume keinginan konsumen atas suatu produk yang harus dipenuhi agar kepuasan konsumen dapat tercapai.

Selain kebutuhan konsumen akan suatu produk, permintaan konsumen juga dipengaruhi oleh perilaku konsumen. Menurut Kotler (2007) dalam Jayakusumah (2011), perilaku konsumen merupakan studi tentang cara individu, kelompok, dan organisasi menyeleksi, membeli, menggunakan, dan mendisposisikan barang, jasa, gagasan atau pengalaman untuk memuaskan kebutuhan dan keinginan mereka.

## 2.7 Overall Recovery

Menurut Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (dalam Iswardhani, 2015), menyebutkan bahwa pengukuran tingkat efisiensi teknis pada suatu pabrik gula merupakan kemampuan secara teknis pabrik gula dalam menghasilkan gula. Penentuan efisiensi teknis pabrik gula yang selama ini dipakai oleh pabrik gula didasarkan pada indikator – indikator teknisnya, yang terdiri dari :

### 2.7.1 Mill Extraction (ME)

*Mill Extaction* (ME) menunjukkan persentase gula yang berhasil diekstraksi dalam nira mentah terhadap gula yang terkandung di dalam tebu. ME disebut juga efisiensi penggilingan dengan ukuran teknis normalnya berada pada 95 %.

### 2.7.2 Boilling House Recovery (BHR)

*Boilling House Recovery* (BHR) menunjukkan persentase gula riil yang diperoleh terhadap gula yang berada dalam nira mentah. BHR disebut juga efisiensi pengolahan dengan ukuran teknis normalnya berada pada 90 %.

### 2.7.3 Overall Recovery (OR)

*Overall Recovery (OR)* menunjukkan hasil kinerja gabungan antara stasiun gilingan (ME) dengan stasiun pengolahan (BHR). OR ini memiliki ukuran teknis normal yaitu : 85,5 %. Sistem perhitungan efisiensi teknis pabrik gula di Indonesia terdiri dari 2 metode, yaitu metode perhitungan Jawa (*Java / Local methode*) dan metode ISSCT (*International Society of Sugar Cane Tehnologist*).

## 2.8 Stock (Persediaan)

### 2.8.1 Definisi Stock (Persediaan)

Wahyudi (2015), menerangkan bahwa persediaan merupakan salah satu faktor penting dalam kegiatan usaha, baik perusahaan dagang maupun manufaktur. Menurut Prawirosentono (2000) dalam Asrori (2010), persediaan adalah suatu bagian dari kekayaan perusahaan manufaktur yang digunakan dalam rangkaian proses produksi yang diolah menjadi barang setengah jadi dan akhirnya menjadi barang jadi. Menurut Assauri (2004), persediaan terbagi menjadi lima antara lain yaitu :

#### a.. Persediaan bahan baku (*raw material stock*)

Persediaan barang – barang berwujud yang digunakan dalam proses produksi, yang diperoleh dari sumber – sumber atau dibeli dari *supplier* atau perusahaan yang menghasilkan bahan baku bagi perusahaan yang menggunakannya.

#### b. Persediaan bagian produk atau *parts* yang dibeli (*purchased parts* atau *component stock*)

Persediaan bagian produksi atau *parts* yang dibeli dari perusahaan lain yang dapat secara langsung dirakit dengan *parts* lain tanpa melalui proses produksi sebelumnya.

#### c. Persediaan bahan – bahan pembantu (*suppliers stock*)

Persediaan barang – barang yang diperlukan dalam proses produksi untuk membantu berhasilnya produksi atau yang dipergunakan dalam bekerjanya suatu perusahaan, tetapi tidak merupakan bagian atau komponen dari barang jadi.

d. Persediaan barang setengah jadi atau barang dalam proses (*work in process* atau *progress stock*)

Persediaan barang – barang yang keluar dari tiap – tiap bagian dalam suatu pabrik atau bahan – bahan yang telah diolah menjadi suatu bentuk, tetapi diproses kembali untuk kemudian menjadi barang jadi.

e. Persediaan barang jadi (*finished goods stock*)

Persediaan barang – barang yang telah selesai diproses atau diolah oleh pabrik dan siap untuk dijual kepada pelanggan atau perusahaan lain.

### 2.8.2 Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan (*inventory / stock*) merupakan pengumpulan atau penyimpanan komoditas yang akan digunakan untuk memenuhi permintaan dari waktu ke waktu (Aminudin, 2005). Pengendalian persediaan terutama persediaan bahan baku merupakan hal yang sangat penting dalam perusahaan. Berdasarkan pengendalian ini perusahaan akan mengetahui bagaimana cara untuk mengelola sumber daya yang dimiliki untuk mencapai hasil yang optimal. Tujuan dari pengendalian persediaan menurut Wardana (2014), adalah sebagai berikut.

- a. Pemasaran ingin melayani konsumen secepat mungkin sehingga menginginkan persediaan dalam jumlah banyak.
- b. Produksi ingin beroperasi secara efisien, hal ini mengimplikasikan order produksi yang tinggi akan menghasilkan persediaan yang besar (untuk mengurangi *setup* mesin). Disamping itu produk juga menginginkan persediaan bahan baku, setengah jadi atau komponen yang cukup sehingga proses produksi tidak terganggu karena kekurangan bahan baku.
- c. Pembelian (*purchasing*), dalam rangka efisiensi juga menginginkan persamaan produksi yang besar dalam jumlah sedikit daripada pesanan yang kecil dalam jumlah yang banyak. Proses pembelian juga memungkinkan adanya persediaan yang berguna sebagai pembatas terhadap kenaikan harga atau kekurangan produk.
- d. Keuangan (*finance*) menginginkan minimasi semua bentuk investasi persediaan, karena biaya investasi dan efek negatif yang terjadi pada perhitungan pengembalian asset (*return of asset*) perusahaan.

- e. Personalia (personel and industrial relationship) menginginkan adanya persediaan untuk mengantisipasi fluktuasi kebutuhan tenaga kerja.
- f. Rekayasa (engineering) menginginkan persediaan minimal untuk mengantisipasi jika terjadi perubahan rekayasa / engineering.

## 2.9 Forecasting (Peramalan)

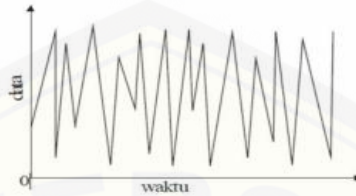
Pada kenyataannya, permintaan konsumen terhadap suatu produk tidak selalu tetap, melainkan dapat berubah – ubah seiring waktu. Untuk mengantisipasi hal tersebut perusahaan juga harus memiliki peramalan (*forecast*) atas permintaan konsumen. Menurut Prasetya (2009), peramalan merupakan suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa mendatang melalui pengujian keadaan di masa lalu. Hal ini dilakukan untuk menjaga ketersediaan produk di perusahaan sehingga permintaan konsumen akan tetap terpenuhi. Teknik peramalan dibedakan menjadi dua, yaitu teknik peramalan kualitatif dan teknik peramalan kuantitatif.

Teknik peramalan kualitatif adalah teknik peramalan yang menggunakan data berupa angka seperti data historis atau runtut waktu. Sementara teknik peramalan kualitatif adalah teknik peramalan yang dilakukan apabila data kualitatif tidak cukup meyakinkan atau ada suatu relevansi data yang tidak kuat. Dengan kata lain peramalan kualitatif memperhitungkan juga faktor yang lain yang berpengaruh langsung terhadap tinggi atau rendahnya angka permintaan, misalnya perilaku konsumen, kepuasan konsumen dan lain sebagainya. Salah satu cara untuk melakukan teknik peramalan kualitatif adalah dengan menggunakan teknik survey.

Sebelum memasuki metode peramalan permintaan, langkah penting yang harus dilakukan adalah menentukan pola dari data permintaan yang ada. Makridakis, S. et.al (1999), menyatakan bahwa langkah penting dalam menentukan suatu metode runtun waktu (*time series*) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola data tersebut dapat diuji. Menurut Hanke, J.E. et al. (2005), pola data dibedakan menjadi pola data horizontal, *trend*, musiman dan siklis.

### 1. Pola Data Horizontal

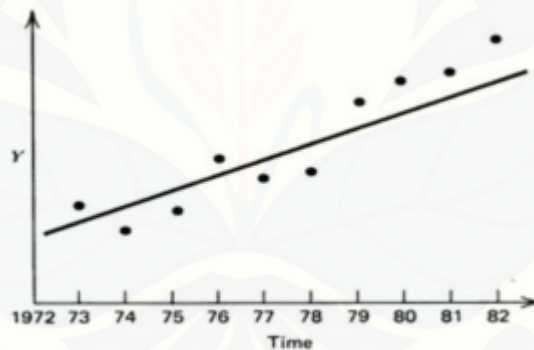
Pola data horizontal terjadi saat data observasi berfluktuasi di sekitaran suatu nilai konstan atau *mean* yang membentuk garis horizontal. Pada gambar dibawah ini menunjukkan bentuk pola data permintaan yang horizontal.



**Gambar 2.14** Grafik Pola Data Horizontal

### 2. Pola Data *Trend*

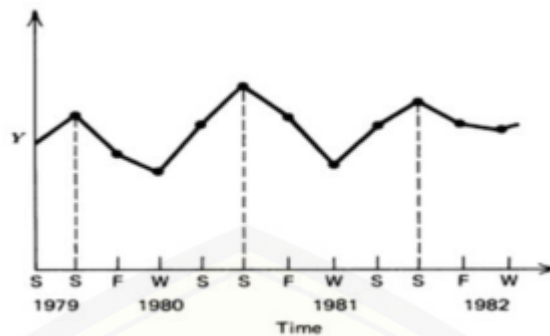
Grafik Pola Data Horizontal Pola data *trend* terjadi apabila data pengamatan mengalami kenaikan atau penurunan selamaperiode jangka panjang. Bentuk pola data *trend* yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.15** Grafik Pola Data Trend

### 3. Pola Data Musiman

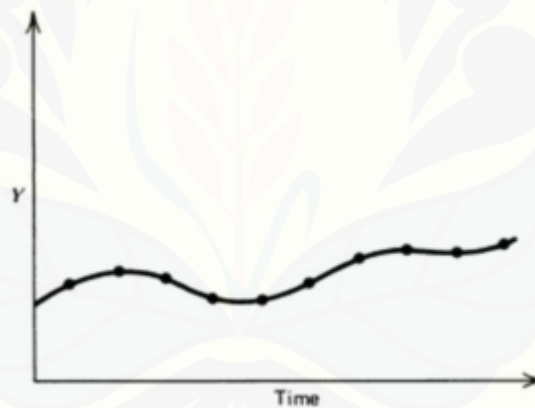
Pola data musiman terjadi ketika suatu deret data dipengaruhi oleh faktor musiman. Pola ini dapat berulang dari satu periode ke periode berikutnya. Untuk lebih jelasnya, pola data musiman dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.16** Grafik Pola Data Musiman

#### 4. Pola Data Siklis

Pola data ini terjadi ketika deret data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Gambar pola data siklis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.17** Grafik Pola Data Siklis

#### 2.10 Moving Average (MA)

Merupakan metode peramalan yang sangat sederhana. Metode ini sering digunakan sebagai alternatif baru dengan cara mengkombinasikannya dengan metode lain karena metode ini benar – benar tidak mendeteksi adanya komponen tren, seasonal, maupun siklis. Metode ini murni untuk merefleksikan permintaan pada periode sebelumnya tanpa ada pembobotan maupun faktor – faktor lainnya. Metode ini hanya menggunakan data nilai aktual periode sebelumnya kemudian sebagai ramalan atau prediksinya untuk periode saat ini, data aktual yang didapat



pada saat ini akan sama dengan hasil rerata peramalan untuk periode berikutnya, dan begitu seterusnya.

Memperoleh hasil dari metode ini dilakukan dengan cara menghitung rata-rata pada tiap – tiap variabel berdasarkan beberapa data masa lalu dan dikombinasikan dengan data terbaru. Tujuan utama dari penggunaan metode ini adalah untuk mengurangi atau menghilangkan variasi acak permintaan dalam hubungannya dengan waktu. Tujuan ini dicapai dengan menghitung rata-rata beberapa nilai data secara bersama-sama, dan menggunakan nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan permintaan untuk periode yang akan datang.

Menurut Martono (2015), menyebutkan bahwa metode ini dihitung berdasarkan data  $n$  periode ke belakang atau selanjutnya. Semakin besar nilai  $n$ , maka semakin tinggi pula hasil peramalannya akan tetapi tingkat responsif terhadap perubahan polanya kian menurun. Jika menggunakan *Three – Month MA*, maka perkiraan pada bulan Awal hasil peramalannya akan sama dengan rerata dari data aktual pada 3 bulan terakhir. Berikut ini adalah contoh peramalan menggunakan metode Moving Average pada 3 atau 4 bulan :

- Jika saya mempunyai data 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 dan 30. Kemudian saya akan menerapkan metode MA dengan 3 periode dan 4 periode maka hasilnya akan seperti ini :

**Tabel 2.3** Hasil *Moving Average* dengan 3P dan 4P

Sampel	SMA 3 periode	SMA 4 periode
23	-	-
24	-	-
25	$= (23+24+25)/3 = 24$	-
26	$= (24+25+26)/3 = 25$	$(23+24+25+26)/4 = 24.5$
27	$= (25+26+27)/3 = 26$	$(24+25+26+27)/4 = 25.5$
28	$= (26+27+28)/3 = 27$	$(25+26+27+28)/4 = 26.5$
29	$= (27+28+29)/3 = 28$	$(26+27+28+29)/4 = 27.5$
30	$= (28+29+30)/3 = 29$	$(27+28+29+30)/4 = 28.5$

### 2.11 Mean Absolut Percentage Error (MAPE)

Menurut Pakaja (2013) menyatakan bahwa : ketetapan dari suatu metode peramalan merupakan kesesuaian dari suatu metode yang menunjukkan seberapa jauh model peramalan tersebut mampu meramalkan data actual. Tidak mungkin suatu ramalan benar-benar akurat. Ramalan akan selalu berbeda dengan permintaan aktual. Perbedaan antara nilai ramalan dengan data aktual disebut kesalahan ramalan. Meskipun suatu jumlah kesalahan tidak dapat dielakkan, namun tujuan ramalan adalah agar kesalahan sekecil mungkin. Berikut adalah jenis-jenis cara menghilangkan nilai kesalahan. Model yang memiliki nilai kesalahan hasil peramalan terkecil yang akan dianggap sebagai model yang cocok, dimana nilai kesalahan itu dapat ditentukan dengan perhitungan MAPE.

Persentase galat rata – rata mutlak besar galat peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya.

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

dimana :

$n$  = banyaknya data yang diamati

$\hat{Y}_t$  = peramalan ke-t

$Y_t$  = data ke-t

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alat dan Bahan

#### 3.1.1 Alat

Dalam penelitian ini, alat yang dibutuhkan antara lain yaitu :

- a. Komputer (PC/Laptop)
- b. Kertas + Bolpin
- c. Perekam suara
- d. Data dari PG. Padjarakan terkait data jumlah produksi, *demand* (permintaan), *overall recovery*, dan *stock* (persediaan) selama kurun waktu  $\pm 10$  tahun terakhir
- e. Kamera

#### 3.1.2 Bahan

Dalam penelitian ini, bahan yang dibutuhkan antara lain yaitu :

- a. Software Ms. Word
- b. Software Ms. Excel
- c. Software Matlab R2007b

### 3.2 Tempat dan Waktu

#### 3.2.1 Tempat

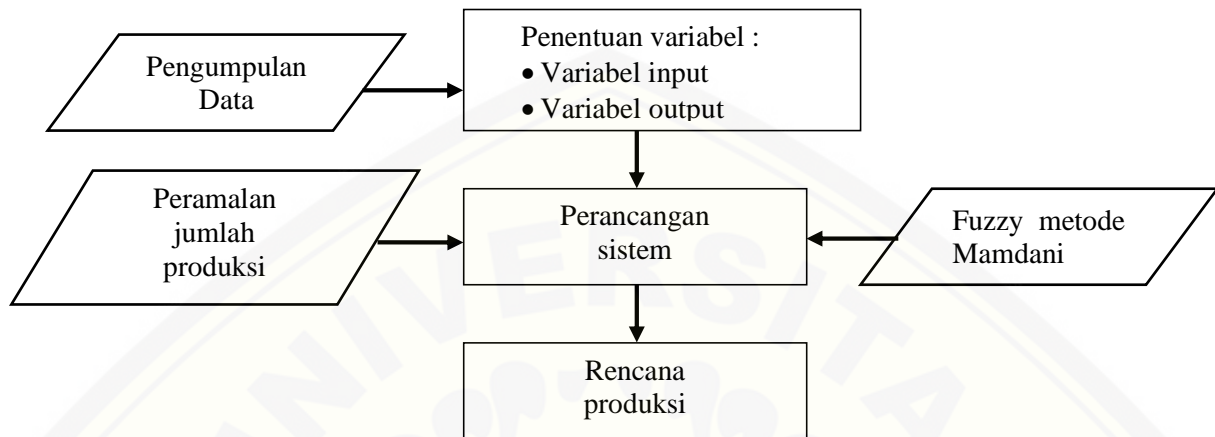
Tempat yang akan dijadikan objek penelitian ini adalah pada PTPN XI. “PG. Padjarakan” di Kabupaten Probolinggo. Tepatnya Jalan Raya Condong Kecamatan Pajarakan Kabupaten Probolinggo.

#### 3.2.2 Waktu

Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian dan penulisan karya ilmiah tersebut adalah dimulai pada bulan Mei hingga pertengahan bulan September tahun 2018.

### 3.3 Kerangka Pemikiran

Berikut ini adalah gambaran secara umum terkait kerangka pemikiran dari penulisan ini dalam penentuan rencana produksi gula kedepannya :



**Gambar 3.1** Kerangka Pemikiran

Dari hasil gambaran secara umum kerangka pemikiran diatas dalam menentukan rencana produksi gula kristal putih. Berawal dari data aktual perusahaan, Beberapa aktivitas yang dilakukan pada industri pengolahan gula PG. Padjarakan tersebut selain proses produksi dan distribusi, adalah penerimaan tebu yang masuk sebagai upaya proses produksi, yang selanjutnya dilakukan penyetakan gula kristal putih di dalam *warehouse* (gudang) PG. Padjarakan. Dengan adanya kerjasama antara petani tebu tersebut, pihak PG. Padjarakan dapat langsung mendapatkan stock bahan bakunya dan juga dengan adanya penggudangan tersebut, maka PG. Padjarakan tidak terlalu cemas saat adanya permintaan dari pasar.

Data yang sudah didapatkan, kemudian masuk ke *forecasting* (peramalan) untuk memprediksi jumlah produksi pada masa giling yang sedang *vacum* atau akan beroperasi dan untuk produksi kedepannya. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem berdasarkan dari hasil peramalan sebelumnya, dengan dimasukkannya beberapa data variabel yang terkait. Dalam perancangan sistem nya dibantu beberapa tools yang terkait untuk menghasilkan data rencana produksi, salah satunya yaitu penerapan software MatLab R2007b. Berikut ini adalah beberapa tampilan dalam memodel kan *fuzzy inference system* (FIS) untuk rencana produksi.

Dalam melakukan perancangan dengan menggunakan toolbox Matlab R2007b ini, pertama memilih metode yang digunakan sesuai dengan penelitian yaitu Fuzzy Logic dengan Metode Mamdani. Adapun langkah – langkahnya secara umum ada 4, yaitu : fuzzyfikasi, pembentukan *rule* (aturan dasar), penentuan komposisi aturan, dan de-fuzzyfikasi (penegasan).

### 3.4 Tata Laksana

#### 3.4.1 Pemilihan Pakar

Pada konteks penelitian yang terkait permasalahan perencanaan produksi di PG. Padjarakan, peneliti menggunakan 3 pakar. Pakar yang dipilih oleh peneliti terdiri dari 2 (dua) orang yang berasal dari PG. Padjarakan dan 1 (satu) orang yang berasal dari staf pengajar, yaitu :

1. Mujiyono, A.Md., sebagai Manajer bagian Pengolahan dan Pabrikasi
2. Agus Widodo, S.T., sebagai Manajer bagian Instalasi dan Teknika
3. Dr. Bambang Herry Purnomo, S.TP., M.Si sebagai Dosen

#### 3.4.2 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dan diskusi dengan pakar menggunakan panduan wawancara (*interview guide*), kuesioner (*questionnaire*), dan yang lainnya.

##### a. Data primer

Yaitu data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian. Data tersebut diperoleh dengan cara melakukan pengamatan langsung dan wawancara atau pengajuan pertanyaan kepada perusahaan atau pabrik yang terkait serta beberapa orang yang terkait penelitian ini.

##### b. Data sekunder.

Yaitu data yang diperoleh dari objek penelitian yang sudah terolah dan dalam bentuk dokumen-dokumen ataupun file - file berdasarkan dari hasil kuesioner yang telah dibagikan. Data sekunder juga diperoleh dari studi pustaka dalam rangka memperoleh landasan teoritis dan data penunjang yang berkaitan

dengan materi penelitian (*desk research*). Data sekunder juga diperoleh melalui penelusuran hasil konsultasi dan bimbingan dari staf pengajar di Program Studi teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

#### 3.4.3 Metode Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data penelitian ini meliputi 2 teknik sistem yaitu : melakukan peramalan dengan metode “*Moving Average (4 Month)*” dan *Fuzzy Inference System “Mamdani”*. Pada 2 teknik sistem-nya dengan metode *Forecasting* dan *FIS Mamdani* ini menggunakan beberapa *tools* atau sebuah software alat bantu yang telah dipersiapkan sebelumnya yaitu : Matlab R2007b, Ms. Excel 2013 dan Ms. Word 2013.

### 3.5 Diagnosis Sistem

#### 3.5.1 Konfigurasi Pengembangan Sistem

Rancangan basis sistem dasar pada perencanaan produksi di PG. Padjarakan tersusun dari 3 variabel *input* dengan 1 variabel *output* . Untuk input rancangan basis pengetahuan ini disusun berdasarkan beberapa indikator atau parameter merencanakan suatu aktivitas produksi yang relevan. Harapannya menghasilkan suatu output keluaran yang diinginkan yaitu tentang tingkat produksi pabrik secara umum, yang nantinya menjadi dasar bagi perencanaan produksi pada PG. Padjarakan. Berikut ini adalah penyajian tabel nilai – nilai input dan output terkait perencanaan produksi :

**Tabel 3.1** Tabel Nilai Linguistik *Fuzzy Inference System*

No	Indikator	Variabel	Nilai Linguistik	Satuan
1.	Pasar	<i>Demand</i> (Permintaan)	Sedikit / Sedang / Banyak.	Ton
2.	Efisiensi Pabrik	<i>Overall Recovery</i>	<i>Warning</i> / Normal / <i>Power full.</i>	%
3.	Pergudangan untuk GKP	<i>Stock</i> (Persediaan)	Defisit / Standard / Surplus.	Ton
4.	Kapasitas produksi	<i>Production</i>	Rendah / Sedang / Tinggi.	Ton

Untuk rentang skala nilai FIS Mamdani yang digunakan dalam rancangan sistem penelitian yang terkait perencanaan produksi, ditampilkan dalam tabel berikut ini :

**Tabel 3.2** Tabel Rentang Skala Numerik Penilaian Indikator pada FIS Mamdani

No	Indikator	Minimum (Satuan)	Middle (Satuan)	Maksimum (Satuan)
1.	Pasar	..... (Ton)	..... (Ton)	..... (Ton)
2.	Efisiensi pabrik	..... (%)	..... (%)	..... (%)
3.	Pergudangan untuk GKP	..... (Ton)	..... (Ton)	..... (Ton)
4.	Kapasitas produksi	..... (Ton)	..... (Ton)	..... (Ton)

Sedangkan konfigurasi perencanaan produksi untuk mengidentifikasi data hasil tingkat kapasitas produksi gula di PG. Padjarakan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dalam masa penggilingan tebu tiap bulan-nya yang menggunakan *tools* berupa software komputasi Matlab R2007b, dapat disajikan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini :

**Tabel 3.3** Konfigurasi Perencanaan Produksi sistem FIS Mamdani

No	Jenis Konfigurasi	Uraian
1.	Sistem <i>fuzzy</i>	Tipe Mamdani
2.	Metode “AND”	Harga MIN
3.	Metode “OR”	Harga MAX
4.	Metode “Implikasi”	Harga MIN
5.	Metode “Agregasi”	Harga MAX
6.	Metode “Defuzzyfikasi”	Model <i>Centroid</i>
7.	Fungsi keanggotaan	TFN - Bentuk Bahu

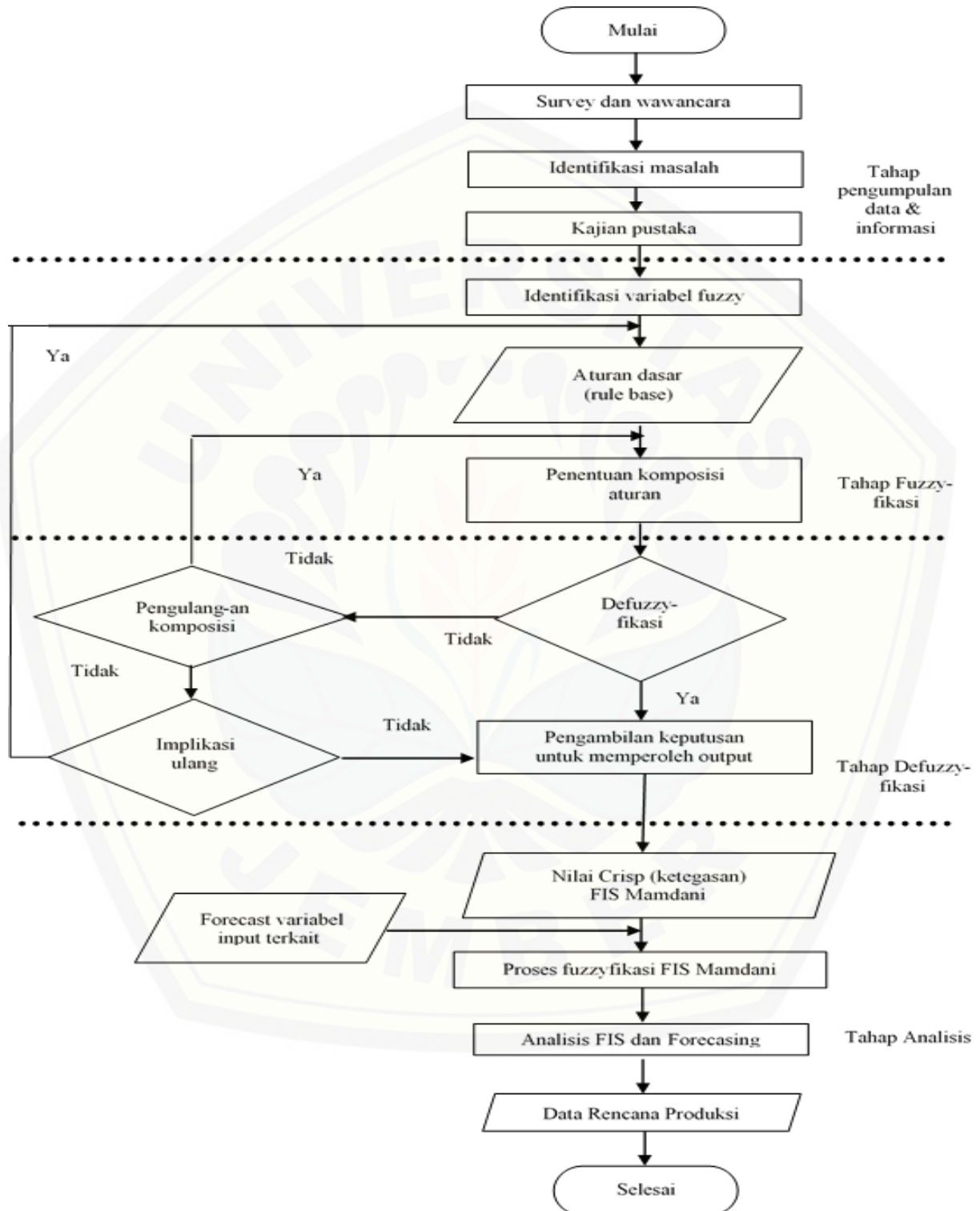
### 3.5.2 Pengembangan Aturan (Rule Base)

Pada sistem fuzzy FIS ini, representasi pengetahuan dalam bentuk dasar pengetahuan dengan mekanisme inferensi dalam bentuk pengelolaan dan pengolahan dari sebuah data menjadi sebuah kesimpulan, dimana dalam hal ini adalah yang terkait dengan perencanaan produksi menggunakan aturan yaitu : “*IF-THEN*” atau metode *rule base*. Pada perancangan sistem fuzzy FIS ini, *rule* atau aturan yang digunakan dalam sistem inferensi ini memiliki sebanyak 27 aturan *rule base* – nya. Dan nantinya, susunan tersebut terdapat beberapa aturan rule yang akan dipangkas. Penyusunan ini tidak serta merta langsung didapatkan, akan tetapi berdasarkan wawasan empiris para pakar.



### 3.6 Tahapan Penelitian

#### 3.6.1 Rancangan Tahapan Penelitian



Gambar 3.3 Rancangan Tahapan Penelitian

### 3.6.2 Deskripsi Tahapan Pengerjaan

Langkah-langkah penulisan yang akan ditempuh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### a. Survey dan Wawancara

Pada tahap pengumpulan data dan informasi terkait topik penelitian ini dilakukan menggunakan teknik pengambilan data primer, dalam hal ini yaitu dengan cara survey dan wawancara secara langsung kepada orang-orang yang kompeten di bidangnya masing-masing. Data yang digunakan pada penelitian ini data adalah saat proses penggilingan tiap tahunnya dalam kurun waktu 10 tahun terakhir tiap bulan-nya yang diperoleh dari PTPN XI. PG. Padjarakan di Kabupaten Probolinggo. Dalam penelitian ini digunakan 3 variabel input yaitu variabel *Demand*, *Overall Recovery*, dan *Stock* sedangkan variabel output nya adalah jumlah produksi.

#### b. Identifikasi Masalah

Merupakan suatu proses dan hasil pengenalan masalah atau inventarisasi masalah dengan kata lain identifikasi masalah adalah salah satu proses penelitian yang bisa dikatakan langkah paling penting diantara langkah – langkah proses yang lain. Dengan mengidentifikasi masalah ini, akan menentukan hasil dan kualitas suatu penelitian bahkan bisa juga menentukan apakah itu termasuk sebuah penelitian atau tidak, dan masalah penelitian secara umum bisa di temukan melalui kajian pustaka dan bisa juga lewat pengamatan langsung seperti Observasi, Survey dan lain sebagainya. Identifikasi masalah pada penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap perencanaan produksi. Oleh karenanya, pentingnya keterlibatan pakar dalam dalam identifikasi masalah penelitian ini.

#### c. Kajian Pustaka

Pada tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dengan begitu maka akan diketahui keadaan atau kedudukan masalah yang akan diteliti. Hasil yang didapat dari kajian pustaka berguna untuk menyusun kerangka teoritis tentang pemecahan masalah dalam bentuk hipotesis yang akan di uji kebenarannya melalui pelaksanaan penelitian

lapangan. Kajian pustaka dapat dilakukan dengan melakukan studi dokumenter, kepustakaan, sumber pengetahuan yang lain, buku-buku, hasil penelitian yang lain, dan studi di lapangan.

#### d. Identifikasi Variabel Fuzzy

Pada tahap ini, nilai keanggotaan himpunan jumlah produksi, permintaan, dan persediaan saat ini dicari menggunakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dengan memperhatikan data primer dari hasil wawancara langsung dan data sekunder yang berasal dari file – file dokumen pihak PG. Padjarakan untuk selanjutnya ditentukan *Membership Function* (fungsi keanggotaan)-nya. Di dalam “*Membership Function*” pada FIS yang menggunakan Matlab R2007b tersebut, terdapat 2 faktor yang diidentifikasi, antara lain sebagai berikut :

##### 1. Penentuan Variabel – variabel Fuzzy yang Terkait

Jika pada tahap survey dan wawancara telah didapatkan data yang terkait dengan rencana produksi produk gula kristal putih tiap tahunnya dalam kurun waktu 10 tahun pada masa beroperasi (penggilingan), secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 variabel, yaitu : variabel input dan variabel output.

➤ Untuk Variabel input FIS Mamdani : *Demand*, *Overall Recovery*, dan *Stock*

➤ Untuk Variabel output FIS Mamdani : *Production*.

##### 2. Identifikasi Hasil Penentuan Variabel Input – Output FIS Mamdani

Berdasarkan tahap sebelumnya terkait penentuan variabel – variabel tersebut, secara garis besar didapatkan data aktual dalam beberapa periode tiap tahunnya dalam kurun waktu 10 tahun (selama musim giling) berdasarkan data aktual milik PG. Padjarakan. Data variabel input menjelaskan beberapa data masukan yang sangat mempengaruhi data variabel output-nya. Untuk variabel input *Demand*, *Stock*, dan variabel output *Production* adalah sama - sama bersifat kepentingan eksternal, sedangkan data variabel input *Overall Recovery* sebagai pelengkap karena tidak mungkin pabrik lebih berfokus pada pihak luar terus – menerus harus diimbangi dengan hal yang bersifat kepentingan internal pabrik. Karena dengan diketahuinya data tersebut, maka program *Fuzzy Inference System* (FIS) “*Mamdani*” menggunakan Matlab R2007b tersebut bisa dijalankan untuk prediksi produksi GKP pada bulan berikutnya.

e. Pembentukan Aturan Dasar (Rule) dan Implikasi

Pembentukan aturan *Fuzzy* secara umum, dari dua variabel input dan sebuah variabel output yang telah didefinisikan, dengan susunan aturan *IF AND – THAN*. Berikut adalah formula aturan yang digunakan :

$$\mathbf{IF Demand\ is\ ..... AND Overall Recovery\ is\ ..... AND Stock\ is\ ..... THAN Production\ is\ .....} \quad (3.1)$$

Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah contoh analisa data terhadap batas tiap – tiap himpunan *fuzzy* pada tiap – tiap variabelnya yang memiliki beberapa aturan *fuzzy* yang akan dipakai dalam sistem ini, yaitu :

**Tabel 3.4** Contoh Penggunaan Aturan (Rule) *Fuzzy Inference System*

No	Demand (Ton)	Overall Recovery (%)	Stock (Ton)	Production (Ton)
1.	Sedikit	<i>Warning</i>	Defisit	Rendah
2.	Sedikit	<i>Warning</i>	Standard	Rendah
3.	Sedikit	<i>Warning</i>	Surplus	Rendah
4.	Sedang	<i>Power full</i>	Defisit	Rendah
.	.	.	.	.
Dst.	.	.	.	.
27.	Banyak	<i>Power full</i>	Surplus	Tinggi

Menyusun aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan hubungan antara variabel input dengan variabel output. Pada metode Mamdani bentuk implikasi seperti pada pernyataan (2.10).

f. Penentuan Komposisi Aturan

Pada metode operator *fuzzy* yang digunakan adalah AND. Pada metode FIS Mamdani apabila sistem terdiri dari beberapa aturan komposisi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode komposisi yang digunakan adalah metode Max (maximum) seperti pada gambar (2.8).

Pada FIS dengan metode Mamdani ini 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* adalah Max (Maximum). Pada metode maximum, solusi himpunan

diperoleh dengan cara mengambil nilai maximum aturan kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan pada rumus persamaan seperti berikut :

$$\mu_{sf}[xi] = \max (\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi]) \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

g. Defuzzyfikasi

Pada Fuzzy dengan metode FIS Mamdani, *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 atau skala tertentu, dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Pada metode defuzzyfikasi FIS mamdani ini menggunakan metode centroid. Metode centroid merupakan metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy dari masing-masing .

h. Pengambilan Keputusan untuk Memperoleh Output

Pada tahapan terakhir ini masih tergolong dari proses defuzzyfikasi yang bertujuan untuk memperoleh output. Pada metode FIS Mamdani, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid, metode centroid adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy, seperti pada persamaan (2.11) dan bisa dilihat pada gambar (2.9).

i. Analisis (Verifikasi dan Validasi) Metode FIS Mamdani

Menganalisis data merupakan kegiatan inti yang terpenting dan paling menentukan dalam penelitian. Analisis data adalah proses mengatur urutan data. Mengorganisasikannya dalam suatu pola, kategori dan satuan uraian dasar. Analisis data ini dilakukan dalam suatu proses yang pelaksanaannya mulai dilakukan sejak pengumpulan data dilakukan dan dikerjakan secara intensif yaitu sesudah

meninggalkan lapangan. Dalam penelitian ini, peneliti memberikan gambaran secara umum tentang estimasi / perkiraan jumlah produksi di PG. Padjarakan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir pada saat proses penggilingan berlangsung dengan 2 periode tiap bulannya. Gambaran hasil penelitian tersebut didapat dari hasil peramalan produksi menggunakan FIS Mamdani tersebut, kemudian di telaah, dikaji, dan disimpulkan sesuai dengan tujuan dan kegunaan penelitian.

### 3.6.3 Analisis Data dengan Menggunakan MAPE

Setelah didapatkan jumlah produksi dengan menggunakan metode Mamdani, selanjutnya dihitung nilai *The Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Kemudian nilai metode MAPE tersebut, dicari yang memiliki nilai MAPE ter-kecil yang menunjukkan bahwa metode tersebut cocok digunakan dalam perencanaan produksi pada kasus ini. Menurut nasution (2006) dalam Suwandi, dkk (2014) Tujuan optimalisasi statistik seringkali dilakukan untuk memilih suatu model agar nilai MSD minimal, tetapi ukuran ini mempunyai dua kelemahan. Pertama ukuran ini menunjukkan pencocokkan (*fitting*) suatu model terhadap data historis.

Pencocokan seperti ini tidak selalu menandakan peramalan yang baik. Suatu model yang terlalu cocok (*over fitting*) dengan deret data berarti sama dengan memasukkan unsur random sebagai bagian proses bangkitan, adalah sama buruknya dengan dengan tidak berhasil mengenai pola non acak dalam data. Kekurangan kedua dalam MSD sebagai ukuran ketepatan model adalah berhubungan dengan kenyataan bahwa metode berbeda akan menggunakan prosedur yang berbeda pula dalam fase pencocokan.

Dalam fase peramalan penggunaan MSD dan MAD sebagai suatu ukuran ketepatan juga dapat menimbulkan masalah. Ukuran ini tidak memudahkan perbandingan antar deret berskala yang berbeda dan untuk selang waktu yang berlainan, karena MSD dan MAD merupakan ukuran absolut yang sangat tergantung pada skala dari data deret waktu. Lagi pula, interpretasi nilai MSD tidak bersifat intuitif, karena ukuran ini menyangkut pengkuadratan sederetan nilai. Karena alasan tersebut dalam hubungan dengan keterbatasan MSD dan MAD sebagai ukuran ketepatan peramalan, maka dipakai ukuran alternatif sebagai salah

satu indikasi ketepatan dalam peramalan, yaitu MAPE. menyebutkan bahwa MAPE merupakan ukuran kesalahan relatif yang dirumuskan dengan :

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum \left[ \frac{|At - Ft|}{At} \right] \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan : n = banyaknya periode

At = nilai aktual pada periode waktu t

Ft = nilai ramalan untuk periode waktu t

Dimana suatu model data akan memiliki kinerja yang sangat baik apabila nilai MAPE masuk pada kategori berikut ini :

**Tabel 3.5** Parameter Nilai MAPE

MAPE	Kategori Hasil <i>Forecasting</i>
≤ 10 %	Sangat baik
11 % - 20 %	Baik
21 % - 50 %	Cukup
> 50 %	Buruk

Sumber : Chang et all, 2007 dalam Sariwati, 2016

#### 3.6.4 Peramalan Rencana Produksi Menggunakan “*Moving Average (MA) Methode*”

Setelah didapatkan jumlah produksi dengan menggunakan metode MAPE, selanjutnya dilakukan peramalan atau biasa disebut dengan *forecasting* menggunakan metode “*Moving Average (4 Month)*”. Secara umum, untuk periode yang digunakan dalam peramalan menggunakan metode ini adalah dalam rentang dari 3 hingga 8 bulan. Kemudian nilai dari hasil peramalan menggunakan metode tersebut dapat dijadikan acuan dalam kegiatan produksi gula selanjutnya.

Tujuan digunakannya teknik metode *Moving Average* ini untuk memasukkan sejumlah periode waktu tertentu yang cukup sehingga fluktuasi random dapat dihindari. Metode ini dihitung setiap waktu, berubah dengan penambahan data baru dan mengganti data yang lama. teknik metode peramalan ini dapat diformulasikan sebagai berikut ini :

$$\tilde{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{t-1}}{n} \dots\dots\dots (3.3)$$

Di mana ramalan data aktual periode ke – t. data aktual periode t – 1, dan n = jumlah periode waktu yang dimasukkan ke dalam metode moving average ini.

Teknik ini juga mempunyai kesamaan dengan metode peramalan dengan teknik rata - rata aritmatika, hanya saja perbedaanya adalah membatasi jumlah periode tertentu sebagai basis peramalan yang didasarkan pada tingkat pengaruhnya kedepan (Hadiguna, 2009).

Berdasarkan Tabel 2.3 tersebut, dalam penelitian ini juga digunakan metode peramalan *Moving Average* (MA) menggunakan 4 bulan, pada variabel input yang terkait. Sedangkan pada data untuk *Production*, nilai tersebut tidak didapatkan dari hasil peramalan menggunakan metode Naive (*Moving Average*), akan tetapi dimasukkan langsung ke dalam FIS Mamdani dengan bantuan tools yaitu MatLab R2007b berdasarkan hanya 2 variabel input masukan (yaitu *Demand* dan *Overall Recovery*) saja. berikut ini adalah rancangan peramalannya :

**Tabel 3.6** Rancangan Peramalan *Moving Average* 4P

TAHUN	PERAMALAN <i>Variabel X @Bulan</i>			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005				
2006				
2007				
2009				
2010				
2012				
2014				
2015				
2016				
2017				
2019				
2020				



### 3.6.7 Proses *Fuzzyfication* FIS Mamdani dari Hasil *Forecasting*

Berdasarkan dari penjelasan langkah – langkah sebelumnya dalam menentukan hasil variabel output – nya dilakukan dengan kombinasi 2 metode sistem yaitu dilakukan peramalan terkait variabel Demand dan Overall Recovery saja, sedangkan variabel *Stock* – nya secara umum diperoleh dari pengurangan antara *Production* (FIS Mamdani) dengan *Demand* bulan sebelumnya. Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah contoh analisa data variabel input hasil proses *Forecasting* menggunakan metode *Moving Average* 4P terhadap variabel output yang diharapkan terkait jumlah produksi sebagaimana menjadi representasi dari hasil rencana produksi GKP milik PG. Padjarakan di masa – masa proses produksi kedepannya, yaitu :

**Tabel 3.7** Rancangan Hasil Aplikasi FIS Mamdani dari Hasil *Forecasting*

NO	Tahun	Bulan	F. Demand (Ton)	F. Overall Recovery (%)	F. Stock (Ton)	Production (FIS MAMDANI) (Ton)
1	2019	JUNI	D.1	OR.1	= (P.0) - (D.0)	P.1
2		JULI	D.2	OR.2	= (P.1) - (D.1)	P.2
3		AGUSTUS	D.3	OR.3	= (P.2) - (D.2)	P.3
4		SEPTEMBER	D.4	OR.4	= (P.3) - (D.3)	P.4
5	2020	JUNI	D.5	OR.5	= (P.4) - (D.4)	P.5
6		JULI	D.6	OR.6	= (P.5) - (D.5)	P.6
7		AGUSTUS	D.7	OR.7	= (P.6) - (D.6)	P.7
8		SEPTEMBER	D.8	OR.8	= (P.7) - (D.7)	P.8

Keterangan :

- D.1 - D.8 : Hasil forecasting variabel *Demand* dari tahun 2019 – 2020
- OR.1 - OR.8 : Hasil forecasting variabel *Overall Recovery* dari tahun 2019 – 2020
- P.1 - P.8 : Hasil forecasting variabel *Production* dari tahun 2019 – 2020
- P.0 : Jumlah *Production* sebelum Juni 2019
- D.0 : Jumlah *Demand* sebelum Juni 2019

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari teori, hasil penelitian dan pembahasan, mengenai pendukung keputusan dalam rencana produksi Gula Kristal Putih (GKP) pada P.G Padjarakan Kabupaten Probolinggo menggunakan metode yaitu *Fuzzy Inference System Mamdani* dengan *Metode Moving Average (4 Month)* untuk peramalannya, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan, variabel – variabel yang terkait dengan rencana produksi GKP di PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo terbagi menjadi : 2 variabel, yaitu : variabel input (terdiri : *Demand*, *Overall Recovery*, dan *Stock*) serta variabel output (yaitu : *Production* itu sendiri sebagai representasi dari hasil rencana produksi).
2. Dari hasil pengaplikasian tools logika fuzzy yakni menggunakan FIS Mamdani dengan hasil perhitungan ukuran ketepatan terkait jumlah produksi GKP, didapatkan informasi bahwa : masih tergolong dalam ketogori yang “Baik”, hal ini dikarenakan memiliki nilai *The Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang cukup kecil yaitu 13,445 %.
3. Berdasarkan hasil fuzzyfikasi dari perhitungan *forecasting* beberapa variabel input yang terkait, untuk awal giling atau produksi GKP di bulan Juni tahun 2019 secara berturut – turut berikut ini adalah hasilnya yaitu : untuk Demand – nya 1.297,847 Ton ; Overall Recovery – nya mencapai 81,892 % ; Stock GKP – nya 0 Ton (atau tidak ada persediaan) ; maka Produksi GKP – nya sekitar 1.760 Ton.

## 5.2 Saran

Berikut ini adalah saran untuk penelitian tugas akhir selanjutnya yang terkait dengan pengaplikasian logika fuzzy dalam menentukan rencana produksi gula kristal putih (GKP) pada PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo, yaitu :

1. Penelitian dilakukan dengan data – data yang lebih kompleks, agar saat diterjemahkan ke dalam metode peramalan data yang dihasilkan nantinya tidak lebih kasar dan memaksimalkan kevaliditasan hasil penelitian tersebut.
2. Jumlah variabel *input* maupun *output* penelitian selanjutnya bisa ditumbuh kembangkan lagi dengan cara penambahan variabel lain yang terkait rencana produksi
3. Lebih terlihat sempurna bisa dibuat dalam bentuk nyata berbasis software komputasi sistem, supaya lebih berguna dan jauh lebih bermanfaat hasil penelitian tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurrahman, Ginanjar. 2011. Penerapan metode tsukamoto (logika fuzzy) dalam sistem pendukung keputusan untuk menentukan jumlah produksi barang Berdasarkan data persediaan dan jumlah permintaan. *Skripsi*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ayu, A, D. 2014. Analsis Biaya Produksi Dan Profitabilitas Pada Pabrik Gula Kebon Agung Malang. *Jurnal Ilmiah*. Malang : Fakultas Ekonomi Dan Bisnis, Universitas Brawijaya.
- Badan Standardisasi Statistika. 2010. *SNI 3140.3 : 2010 tentang Gula Kristal Putih*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Baroto, Teguh. 2002. Perencanaan Dan Pengendalian Produksi. Jakarta. Ghalia Indonesia.
- Chang, P. C., Wang, Y., W., Liu, C, H. 2007. *The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural, Expert Systems with Applications*. 32 (1) : 86-96.
- Damogalad, V., dan H.S. Supriati. 2013 Formulasi Krim Tabir Surya Ekstrak Kulit Nanas (*Ananas cosmous l. merr*) dan Uji *in-vitro* Nilai “*Sun Protecting Factor*” (spf). *Jurnal Ilmiah Farmasi*. Vol. 2 No 02.
- Darwin, P. 2013. *Menikmati Gula Tanpa Rasa Takut*. Yogyakarta: Sinar Ilmu.
- Dina, N, M. 2013. Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Perencanaan Produksi. *Jurnal Saintis*. Medan : Departemen Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Hadiguna, A., R. 2009. *Manajemen Pabrik (Pendekatan Sistem Untuk Efisiensi dan Efektivitas)*. Edisi 1. Jakarta: Bumi Aksara.

- Hariyono, D. 2012. *Pengenalan Alat Dan Proses Pengolahan Gula di PTPN XI. (Persero) PG. Assembagoes*. Yogyakarta : Politeknik LPP.
- Kementerian Pertanian. 2016. *Outlook Tebu (Komoditas Pertanian – Subsektor Perkebunan)*. Cetakan 1. Jakarta : Sekretariat Jendral Pertanian Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Kristien, S, M., dan W. Sofian, P. 2015. Analisa Dan Penerapan Metode *Single Exponential Smoothing* Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu (Studi Kasus : PT. Media Cemara Kreasi). *Prosiding SNATIF ke-2 Tahun 2015*. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi dan Desain Universitas Bunda Mulia. ISBN: 978-602-1180-21-1.
- Kusumadewi, S. dan Hartati, S. 2006. *Neuro – Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. Dan Purnomo, H. 2002. *Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. Dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Pendukung Keputusan Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lahay, R. 2009. *Pemuliaan Tanaman Tebu*. Medan: Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Martono, R. 2015. *Manajemen Logistik Terintegrasi*. Cetakan – 1. Jakarta: Tim PPM Manajemen Publishing.
- Miranda, S., Nasution, M.L., dan Subhan, M. 2013. Penentuan Jumlah Produksi Kue Bolu pada Nella Cake Padang dengan Sistem Inferensi Fuzzy Metode Mamdani. *Skripsi*. Padang: Universitas Negeri Padang. Padang.
- Naba, A. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset.

- Nita, S, K, D. 2013. Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Tebu Dalam Pembuatan Gula Pasir Di Pabrik Gula Soedhono Kabupaten Ngawi. *Skripsi*. Surakarta : Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Pakaja, F., Naba, A., Purwanto. 2013. Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor. *Jurnal EECCIS*. ISBN: 978-602. Vol. 6. Hal : 21
- Patmawati, Y. 2014. Proses Pengolahan Tebu Menjadi Gula Dan Analisa Kadar Gula Dalam Blotong Sebagai Limbah Padat Hasil Proses Pemurnian Di PG. Assembagoes. *Skripsi*. Jember : Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Rahmawati, S. 2016. Analisis Pengendalian Kualitas Gula Di PG. Tasikmadu Kabupaten Karanganyar. *Skripsi*. Surakarta : Fakultas Pertanian – Universitas Sebelas Maret.
- Respati. 1980. *Pengantar Kimia Organik II*. Jakarta : Aksara baru.
- Riyanto, Bambang. 2001. Dasar – Dasar Pembelanjaan Perusahaan. Yogyakarta. BPFE Universitas Gadjah Mada.
- Samosir, R., Iryanto, dan Siregar, R. 2013. Perbandingan Produksi Kopi Optimum antara Metode Fuzzy Mamdani dengan Fuzzy Sugeno pada PT XYZ. *Jurnal Sainis Matematika*. Vol. 1 (6): 517-527.
- Santoso, Budi. 2014. Proses Pembuatan Gula dari Tebu pada PG. X. *Jurnal Penelitian*. Fakultas Teknik Industri – Universitas Gunadharma.
- Sari, L. N. 2013. “Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dan Manual Kapasitas Jalan Indonesia pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas.” Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

- Solikin, Fajar. 2011. Aplikasi Logika *Fuzzy* dalam Optimasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno. *Skripsi*. Yogyakarta: Program Studi Matematika Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sukandy, D.M., Basuki, A.T., dan Puspitasari, S. 2014. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Prediksi Jumlah Barang Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan (Study Kasus: PT. Perkebunan Mitra Ogan Baturaja). *Karya Ilmiah*. Palembang: STMIK GI MDP.
- Suriani. 2013. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Gula Di Indonesia. *Jurnal Ekonomika*. Aceh : Jurusan Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi Universitas Almuslim Biruen Banda Aceh. No ISSN : 2086-6011. 3 (6). September 2013.
- Susilo, F. 2003. Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suwandi, Irawan M.I., dan Mukhlas I. 2014. Aplikasi Sistem Fuzzy Metode Sugeno Dalam Memperkirakan Produksi Air Mineral Dalam Kemasan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Jurusan Matematika Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. 14 Mei 2014. 1-9.
- Wibowo, Aan Ageng. 2015. Perbandingan Logika Fuzzy Metode Mamdani Dan Metode Sugeno Dalam Penentuan Jumlah Produksi. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Wibowo, Y., dan Marimin. 2016. Strategi Pengembangan Agroindustri Karaginan Menggunakan perspektif Keunggulan Bersaing Berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah*. 7 (1).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktual PG. Padjarakan Kabupaten Probolinggo terkait Variabel – Variabel *Fuzzy Inference System (FIS)* “Mamdani”

NO	Tahun	Bulan	DEMAND	OVERALL RECOVERY	STOCK	PRDUCTION
			( Ton )	( % )	( Ton )	(Ton)
1	2005	JUNI	2.644,667	80,435	0,000	2.230,340
2		JULI	2.901,346	83,145	0,000	2.875,891
3		AGUSTUS	2.638,000	81,050	0,000	2.528,536
4		SEPTEMBER	2.092,230	77,505	0,000	2.810,345
5	2006	JUNI	2.734,900	78,975	718,115	2.892,975
6		JULI	2.179,000	87,115	158,075	2.085,000
7		AGUSTUS	2.468,010	86,400	906,000	2.912,350
8		SEPTEMBER	2.904,253	81,750	444,340	2.475,566
9	2007	JUNI	2.048,780	78,885	571,313	2.100,350
10		JULI	2.266,435	78,365	51,570	2.435,900
11		AGUSTUS	2.533,000	82,750	169,465	2.800,000
12		SEPTEMBER	3.001,430	86,160	267,000	2.750,750
13	2009	JUNI	2.314,755	84,825	0,000	1.360,000
14		JULI	3.076,696	81,775	0,000	2.986,796
15		AGUSTUS	2.438,520	79,620	0,000	2.895,500
16		SEPTEMBER	2.802,000	81,555	456,980	2.469,750
17	2010	JUNI	2.034,000	80,875	667,750	1.220,000
18		JULI	3.040,000	69,270	0,000	3.101,000
19		AGUSTUS	2.099,603	89,000	61,000	2.004,500
20		SEPTEMBER	2.187,775	74,500	904,897	2.100,000
21	2012	JUNI	2.930,790	73,250	912,225	2.920,750
22		JULI	2.875,697	85,625	989,960	2.590,000
23		AGUSTUS	2.215,640	85,880	0,000	2.359,000
24		SEPTEMBER	3.201,363	71,560	143,360	2.557,457
25	2014	JUNI	2.547,876	86,260	0,000	2.625,960
26		JULI	2.129,460	88,500	78,084	2.769,000
27		AGUSTUS	2.489,320	80,225	639,540	2.892,000
28		SEPTEMBER	506,098	77,730	402,680	1.242,000
29	2015	JUNI	534,500	80,700	735,902	1.200,000
30		JULI	2.594,000	84,380	665,500	2.239,000
31		AGUSTUS	2.319,000	90,050	0,000	2.509,235
32		SEPTEMBER	2.655,500	85,030	190,235	2.734,325
33	2016	JUNI	1.227,500	79,140	78,825	1.179,000
34		JULI	402,000	77,930	0,000	1.500,000
35		AGUSTUS	2.802,500	86,150	1.098,000	3.002,500
36		SEPTEMBER	2.456,000	75,530	200,000	2.938,239
37	2017	JUNI	1.507,000	84,950	482,239	2.479,299
38		JULI	2.939,000	91,170	972,299	2.800,000
39		AGUSTUS	2.290,000	82,150	0,000	2.397,000
40		SEPTEMBER	2.500,000	86,500	107,000	2.400,000



**Lampiran 2. FUZZYFICATION FIS Mamdani**

1. Pengidentifikasian Data Masing – Masing Variabel Fuzzy

DEMAND (TON)	OVERALL RECOVERY (%)	STOCK TOTAL (TON)	PRODUCTION (TON)	
402,000	69,270	0,000	1.179,000	= MIN
3.201,363	91,170	1.098,000	3.101,000	= MAX

	DEMAND (Ton)	OVERALL RECOVERY (%)	STOCK (Ton)	PRODUCTION (Ton)
<b>MIN pd FIS (0%) - 1</b>	<b>0,000</b>	<b>65,000</b>	<b>-500,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Batas 2</b>	<b>402,000</b>	<b>69,270</b>	<b>0,000</b>	<b>1.179,000</b>
<b>Batas 3</b>	<b>1.750,000</b>	<b>80,000</b>	<b>500,000</b>	<b>2.000,000</b>
<b>Batas 1</b>	<b>402,000</b>	<b>69,270</b>	<b>0,000</b>	<b>1.179,000</b>
<b>Batas 2</b>	<b>1.750,000</b>	<b>80,000</b>	<b>500,000</b>	<b>2.000,000</b>
<b>Batas 3</b>	<b>3.201,363</b>	<b>91,170</b>	<b>1.098,000</b>	<b>3.101,000</b>
<b>Batas 1</b>	<b>1.750,000</b>	<b>80,000</b>	<b>500,000</b>	<b>2.000,000</b>
<b>Batas 2</b>	<b>3.201,363</b>	<b>91,170</b>	<b>1.098,000</b>	<b>3.101,000</b>
<b>MAX pd FIS (100%) - 3</b>	<b>3.500,000</b>	<b>95,000</b>	<b>1.500,000</b>	<b>4.000,000</b>

3. Perhitungan FIS Mamdani terkait Derajat Keanggotaan bulan September 2017

DEMAND				OVERALL RECOVERY					
SEDIKIT [2.500,000]	1750	-	X	WARNING [86,500]	=	80	-	X	
	1750,000	-	402,000			80,000	-	69,270	
	=	1750,000	-	2500,000	=	80,000	-	86,500	
		1348,000				10,730			
	=	0,000	0,000		=	0,000	0,000		
		1348,000				10,730			
SEDANG [2.500,000]	=	X	-	402	NORMAL [86,500]	=	X	-	69,27
		1750,000	-	402,000			80,000	-	69,270
	=	0,000	-	402,000	=	0,000	-	69,270	
		1348,000				10,730			
	=	0,000	0,000		=	0,000	0,000		
		1348,000				1418,416			
SEDANG [2.500,000]	=	3201,363	-	X	NORMAL [86,500]	=	91,170	-	X
		3201,363	-	1750,000			91,170	-	80,000
	=	3201,363	-	2500,000	=	91,170	-	86,500	
		1451,363				11,170			
	=	701,363	0,483		=	4,670	0,418		
		1451,363				11,170			
BANYAK [2.500,000]	X	-	1750	POWER FULL [86,500]	=	X	-	80	
	3201,363	-	1750,000			91,170	-	80,000	
	=	2500,000	-	1750,000	=	86,500	-	80,000	
		1451,363				11,170			
	=	750,000	0,517		=	6,500	0,582		
		1451,363				11,170			

STOCK				PRODUCTION			
RENDAH [107,000]	=	500	- X	RENDAH [2.400]	=	2.000,000	- X
		500,000	- 0,000			2.000,000	- 1.179,000
	=	500,000	- 107,000		=	2.000,000	- 2.400,000
		500,000				821,000	
	=	393,000	- 0,786		=	0,000	- 0,000
		500,000				0,000	
STANDARD [107,000]	=	X	- 0	SEDANG [2.400]	=	X	- 1.179,000
		500,000	- 0,000			2.000,000	- 1.179,000
	=	107,000	- 0,000		=	2.400,000	- 1.179,000
		500,000				821,000	
	=	107,000	- 0,214		=	0,000	- 0,000
		500,000				821,000	
STANDARD [107,000]	=	4547,876	- X	SEDANG [2.400]	=	3.101,000	- X
		4547,876	- 500,000			3.101,000	- 2.000,000
	=	4547,876	- 107,000		=	3.101,000	- 2.400,000
		4047,876				1.101,000	
	=	0,000	- 0,000		=	701,000	- 0,637
		4047,876				1.101,000	
TINGGI [107,000]	=	X	- 500	TINGGI [2.400]	=	X	- 2.000,000
		1098	- 500			3.101,000	- 2.000,000
	=	107,000	- 500		=	2.400,000	- 2.000,000
		598				1.101,000	
	=	0,000	- 0,000		=	400,000	- 0,363
		598				1.101,000	

4. Pembuatan (Rule) beserta Hasil Fungsi Implikasi pada FIS Mamdani

[R.1] ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Jumlah Produksi” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN} [0,000 \parallel 0,000 \parallel 0,786] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

[R.2] ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Warning.” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Demand (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\
 &= \text{MIN} [0,000 \parallel 0,000 \parallel 0,214] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

[R.3] ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Warning.” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Demand (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (surplus)}} \\ &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,000 \quad 0,000] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.4] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Demand (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (defisite)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,000 \quad 0,786] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.5] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Jumlah Produksi” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,000 \quad 0,214] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.6] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (surplus)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,000 \quad 0,000] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.7] ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (Defisite)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,000 \quad 0,786] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.8]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Warning” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,000 \quad 0,214] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.9]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Warning.” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (warning)}} \cap \mu_{\text{Stock (surplus)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,000 \quad 0,000] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.10]** ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (defisite)}} \\
 &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,418 \quad 0,786] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.11]** ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\
 &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,418 \quad 0,214] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.12]** ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (surplus)}} \\ &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,418 \quad 0,000] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

**[R.13]** ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (defisite)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,418 \quad 0,786] \\ &= [0,418]\end{aligned}$$

**[R.14]** ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,418 \quad 0,214] \\ &= [0,214]\end{aligned}$$

**[R.15]** ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedangt)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\ &= \text{MIN } [0,483 \quad 0,418 \quad 0,000] \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

**[R.16]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (defisite)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,418 \quad 0,786] \\
 &= [0,418]
 \end{aligned}$$

**[R.17]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,418 \quad 0,214] \\
 &= [0,214]
 \end{aligned}$$

**[R.18]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Normal” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (normal)}} \cap \mu_{\text{Stock (surplus)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,418 \quad 0,000] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.19]** ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Power full” AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,582 \quad 0,786] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

**[R.20]** ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Powerfull” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN } [0,000 \quad 0,582 \quad 0,214] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$

[R.21] ~ IF “Demand” IS “Sedikit” AND “Overall Recovery” IS “Power full”  
AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Rendah”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedikit)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (defisite)}} \\ &= \text{MIN [0,000 0,582 0,000]} \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.22] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Power full”  
AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\ &= \text{MIN [0,483 0,582 0,786]} \\ &= [0,483]\end{aligned}$$

[R.23] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Power full”  
AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\ &= \text{MIN [0,483 0,582 0,214]} \\ &= [0,214]\end{aligned}$$

[R.24] ~ IF “Demand” IS “Sedang” AND “Overall Recovery” IS “Power full”  
AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Sedang”

$$\begin{aligned}\sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (sedang)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\ &= \text{MIN [0,483 0,582 0,000]} \\ &= [0,000]\end{aligned}$$

[R.25] ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Power full”  
AND “Stock” IS “Defisite” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,582 \quad 0,786] \\
 &= [0,517]
 \end{aligned}$$

**[R.26]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Power full” AND “Stock” IS “Standard” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (standard)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,582 \quad 0,214] \\
 &= [0,214]
 \end{aligned}$$

**[R.27]** ~ IF “Demand” IS “Banyak” AND “Overall Recovery” IS “Power full” AND “Stock” IS “Surplus” THEN “Production” IS “Tinggi”

$$\begin{aligned}
 \sim \alpha\text{-Predikat} &= \mu_{\text{Permintaan (banyak)}} \cap \mu_{\text{Overall Recovery (powerfull)}} \cap \mu_{\text{Stock (warning)}} \\
 &= \text{MIN } [0,517 \quad 0,582 \quad 0,000] \\
 &= [0,000]
 \end{aligned}$$



### Lampiran 3. Perhitungan FIS Mamdani secara Manual (*non – Komputasi*)

Hasil Pemangkasan *Rulebase* beserta hasil Implikasi – nya, didapatkan hanya tinggal 8 saja, antara lain yaitu :

[R.13] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}(\text{sedang}) \Rightarrow (X) = 0,418$  ; maka nilai X - nya :

$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,418 = \frac{x-1.179}{2.000-1.179}$$

$$0,418 = \frac{x-1.179}{821}$$

$$343,178 = x - 1.179$$

$$1.522,178 = x$$

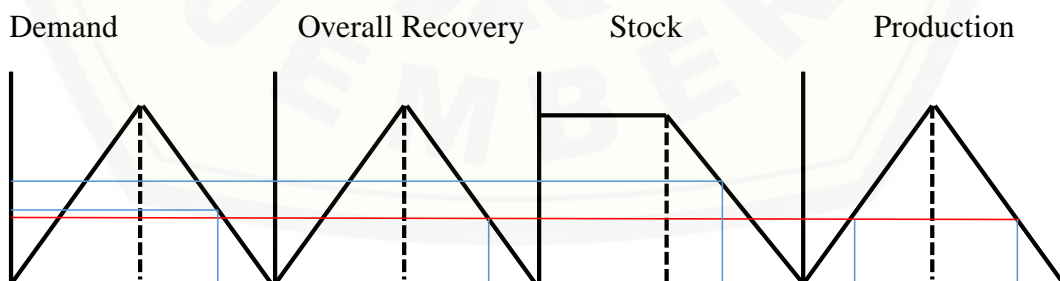
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kanan}) \Rightarrow 0,418 = \frac{3.101-x}{3.101-2.000}$$

$$0,418 = \frac{3.101-x}{1.101}$$

$$460,218 = 3.101 - x$$

$$x = 2.640,782$$

$$\sim \mu_{\text{Production}}(\text{sedang})(X) \begin{cases} 0 & | x \leq 1.179 \text{ atau } x \geq 3.101 \\ \frac{x-1.179}{2.000-1.179} & | 1.179 \leq x \leq 1.522,178 \\ 0,418 & | 1.522,178 \leq x \leq 2.640,782 \\ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} & | 2.640,782 \leq x \leq 3.101 \end{cases}$$



Keterangan : 1. Demand  $\Rightarrow [0,483] - 2500$  Ton

2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,418] - 86,5$  %

3. Stock  $\Rightarrow [0,786] - 107$  Ton

Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,418] - 1.522,178$  atau 2.640,782 Ton

[R.14] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}$  (sedang)  $\Rightarrow (X) = 0,214$  ; maka nilai X - nya :

$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,214 = \frac{x-1.179}{2.000-1.179}$$

$$0,214 = \frac{x-1.179}{821}$$

$$175,694 = x - 1.179$$

$$1.354,694 = x$$

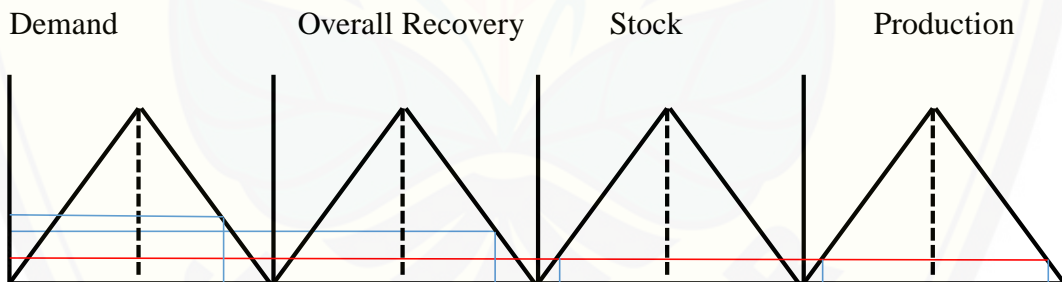
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kanan}) \Rightarrow 0,214 = \frac{3.101-x}{3.101-2.000}$$

$$0,214 = \frac{3.101-x}{1.101}$$

$$235,614 = 3.101 - x$$

$$x = 2.865,386$$

$$\sim \mu_{\text{Production}} (\text{sedang}) (X) \begin{cases} 0 & | x \leq 1.179 \text{ atau } x \geq 3.101 \\ \frac{x-1.179}{2.000-1.179} & | 1.179 \leq x \leq 1.354,694 \\ 0,214 & | 1.354,694 \leq x \leq 2.865,386 \\ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} & | 2.865,386 \leq x \leq 3.101 \end{cases}$$



Keterangan : 1. Demand  $\Rightarrow [0,483] - 2500$  Ton

2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,418] - 86,5$  %

3. Stock  $\Rightarrow [0,214] - 107$  Ton

Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,214] - 1.354,694$  atau  $2.865,386$  Ton

[R.16] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}$  (tinggi)  $\Rightarrow (X) = 0,418$  ; maka nilai X - nya :

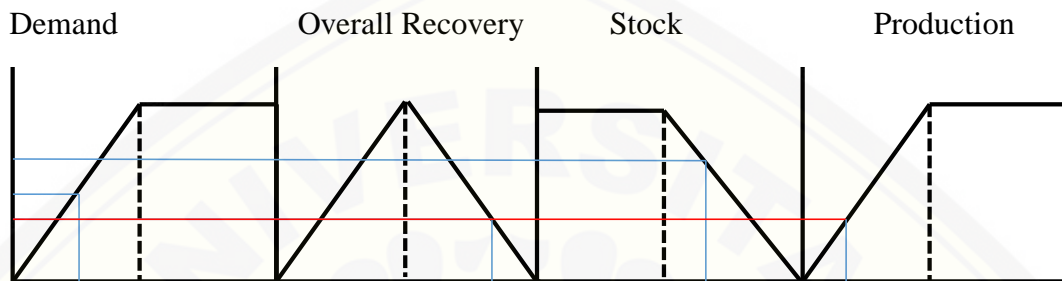
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,418 = \frac{x-2.000}{3.101-2.000}$$

$$0,418 = \frac{x-2.000}{1.101}$$

$$460,218 = x - 2.000$$

$$2.460,218 = x$$

$$\sim \mu_{\text{Production (sedang)}} (X) \begin{cases} 0,418 & | 2.000 \leq x \leq 2.460,218 \\ \frac{x-2.000}{3.101-2.000} & | 2.460,218 \leq x \leq 3.101 \\ 0 & | x \leq 1.179 \end{cases}$$



- Keterangan :
- 1. Demand  $\Rightarrow [0,517] - 2500 \text{ Ton}$
  - 2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,418] - 86,5 \%$
  - 3. Stock  $\Rightarrow [0,786] - 107 \text{ Ton}$
  - Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,418] - \underline{2.460,218} \text{ Ton}$

[R.17] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production (tinggi)}} \Rightarrow (X) = 0,418$  ; maka nilai X - nya :

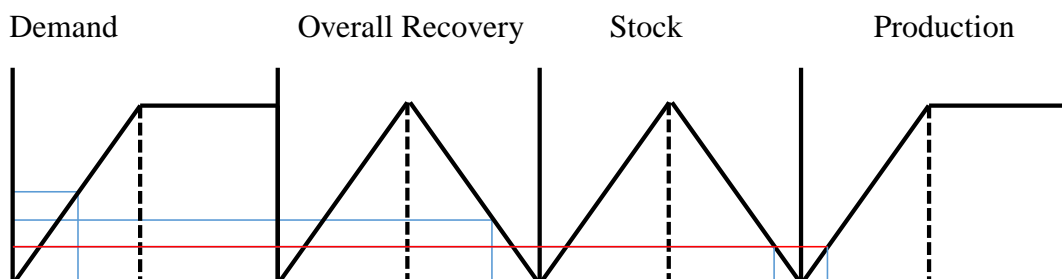
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,214 = \frac{x-2.000}{3.101-2.000}$$

$$0,214 = \frac{x-2.000}{1.101}$$

$$235,614 = x - 2.000$$

$$2.35,614 = x$$

$$\sim \mu_{\text{Production (sedang)}} (X) \begin{cases} 0,214 & | 2.000 \leq x \leq 2.35,614 \\ \frac{x-2.000}{3.101-2.000} & | 2.35,614 \leq x \leq 3.101 \\ 0 & | x \leq 2.000 \end{cases}$$



- Keterangan :
- 1. Demand  $\Rightarrow [0,517] - 2500$  Ton
  - 2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,418] - 86,5$  %
  - 3. Stock  $\Rightarrow [0,214] - 107$  Ton
- Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,214] - \underline{2.235,614}$  Ton

[R.22] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}$  (sedang)  $\Rightarrow (X) = 0,214$  ; maka nilai X - nya :

~ (saat berada di wilayah kiri)  $\Rightarrow 0,483 = \frac{x-1.179}{2.000-1.179}$

$$0,483 = \frac{x-1.179}{821}$$

$$396,543 = x - 1.179$$

$$1.575,543 = x$$

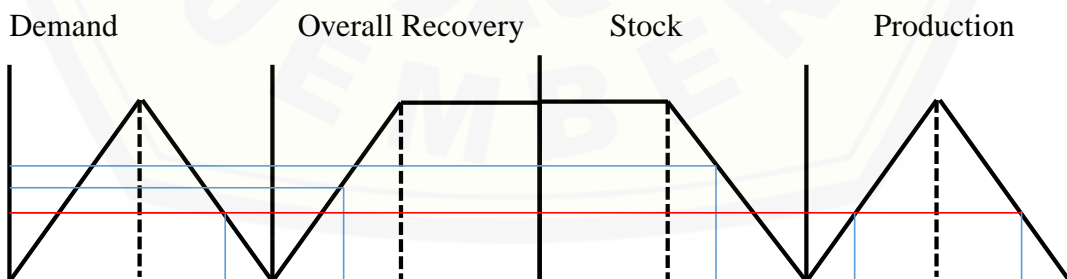
~ (saat berada di wilayah kanan)  $\Rightarrow 0,483 = \frac{3.101-x}{3.101-2.000}$

$$0,483 = \frac{3.101-x}{1.101}$$

$$531,783 = 3.101 - x$$

$$x = 2.569,217$$

$$\sim \mu_{\text{Production}} \text{ (sedang) } (X) \begin{cases} 0 & | x \leq 1.179 \text{ atau } x \geq 3.101 \\ \frac{x-1.179}{2.000-1.179} & | 1.179 \leq x \leq 1.575,543 \\ 0,214 & | 1.575,543 \leq x \leq 2.569,217 \\ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} & | 2.569,217 \leq x \leq 3.101 \end{cases}$$



- Keterangan :
- 1. Demand  $\Rightarrow [0,483] - 2500$  Ton
  - 2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,582] - 86,5$  %
  - 3. Stock  $\Rightarrow [0,786] - 107$  Ton
- Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,483] - \underline{1.575,543}$  atau  $\underline{2.569,217}$  Ton

[R.23] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}$  (sedang)  $\Rightarrow (X) = 0,214$  ; maka nilai X - nya :

$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,214 = \frac{x-1.179}{2.000-1.179}$$

$$0,214 = \frac{x-1.179}{821}$$

$$175,694 = x - 1.179$$

$$1.354,694 = x$$

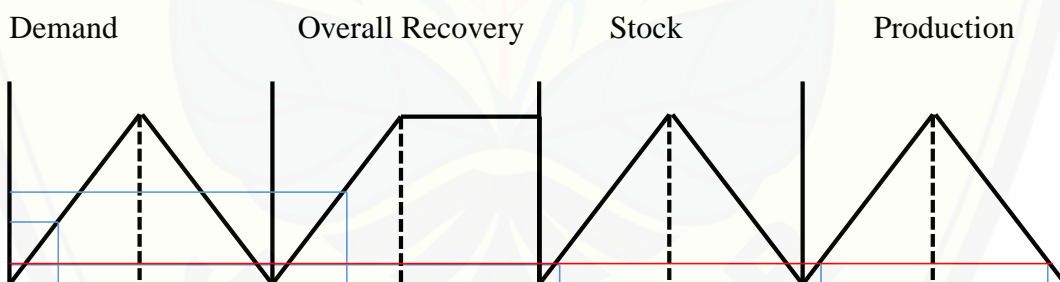
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kanan}) \Rightarrow 0,214 = \frac{3.101-x}{3.101-2.000}$$

$$0,214 = \frac{3.101-x}{1.101}$$

$$235,614 = 3.101 - x$$

$$x = 2.865,386$$

$$\sim \mu_{\text{Production}} (\text{sedang}) (X) \begin{cases} 0 & | x \leq 1.179 \text{ atau } x \geq 3.101 \\ \frac{x-1.179}{2.000-1.179} & | 1.179 \leq x \leq 1.354,694 \\ 0,214 & | 1.354,694 \leq x \leq 2.865,386 \\ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} & | 2.865,386 \leq x \leq 3.101 \end{cases}$$



Keterangan : 1. Demand  $\Rightarrow [0,483] - 2500$  Ton

2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,582] - 86,5$  %

3. Stock  $\Rightarrow [0,214] - 107$  Ton

Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,214] - \underline{1.354,694}$  atau 2.86,386 Ton

[R.25] ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production}}$  (tinggi)  $\Rightarrow (X) = 0,418$  ; maka nilai X - nya :

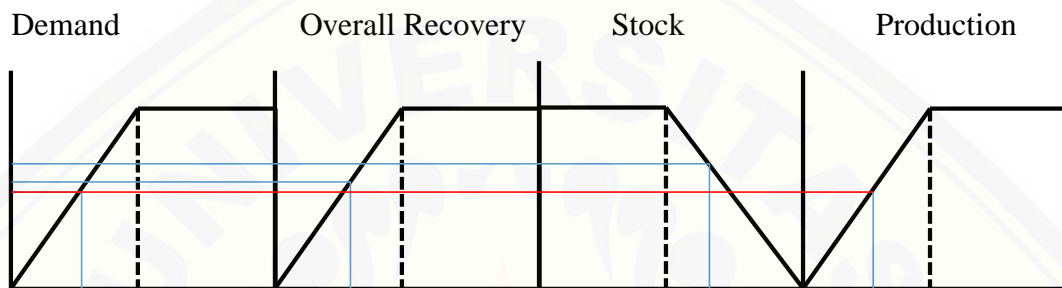
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,517 = \frac{x-2.000}{3.101-2.000}$$

$$0,517 = \frac{x-2.000}{1.101}$$

$$569,217 = x - 2.000$$

$$2.569,217 = x$$

$$\sim \mu_{\text{Production (sedang)}} (X) \begin{cases} 0,517 & | 2.000 \leq x \leq 2.569,217 \\ \frac{x-2.000}{3.101-2.000} & | 2.569,217 \leq x \leq 3.101 \\ 0 & | x \leq 2.000 \end{cases}$$



- Keterangan :
1. Demand  $\Rightarrow [0,517] - 2500$  Ton
  2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,582] - 86,5$  %
  3. Stock  $\Rightarrow [0,786] - 107$  Ton
- Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,517] - \underline{2.569,217}$  Ton

**[R.26]** ~ Pada saat  $\mu_{\text{Production (tinggi)}} \Rightarrow (X) = 0,214$  ; maka nilai X - nya :

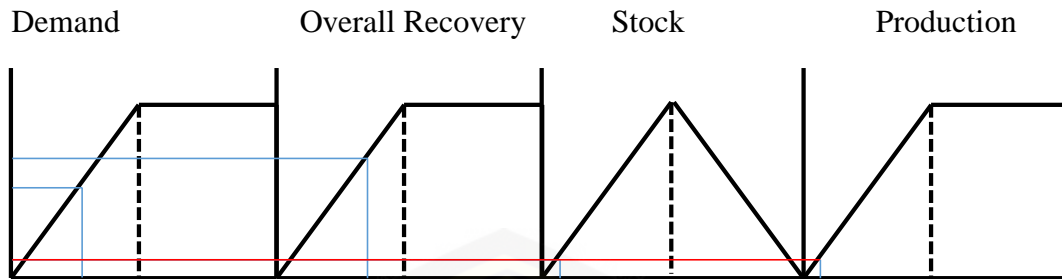
$$\sim (\text{saat berada di wilayah kiri}) \Rightarrow 0,214 = \frac{x-2.000}{3.101-2.000}$$

$$0,214 = \frac{x-2.000}{1.101}$$

$$235,614 = x - 2.000$$

$$2.235,614 = x$$

$$\sim \mu_{\text{Production (sedang)}} (X) \begin{cases} 0,214 & | 2.000 \leq x \leq 2.235,614 \\ \frac{x-2.000}{3.101-2.000} & | 2.235,614 \leq x \leq 3.101 \\ 0 & | x \leq 2.000 \end{cases}$$



- Keterangan :
1. Demand  $\Rightarrow [0,517] - 2500$  Ton
  2. Overall Recovery  $\Rightarrow [0,582] - 86,5$  %
  3. Stock  $\Rightarrow [0,214] - 107$  Ton
- Maka, 4. Production  $\Rightarrow [0,214] - \underline{2.235,614}$  Ton

**Lampiran 4. DEFUZZIFICATION FIS Mamdani secara Manual (Non – Komputasi).**

1. Penentuan Titik Potong Daerah *Centroid*

Dari masing – masing  $\mu_{\text{Production}}$  (“Sedang” ataupun “Tinggi”), dipilih dan diambil salah satu nilai yang Maximum. Maka untuk :

- $\mu_{\text{Production}}(\text{sedang}) = 0,483$
- $\mu_{\text{Production}}(\text{tinggi}) = 0,517$

Untuk titik potong *Output* – nya terjadi pada saat  $\mu_{\text{Production}}(\text{tinggi}) = 0,517$  kemudian dilakukan pensubstitusian ke  $\mu_{\text{Production}}(\text{sedang})$  seperti berikut ini :

$$0,517 = \frac{3.101 - x}{3.101 - 2.000}$$

$$0,517 = \frac{3.101 - x}{1.101}$$

$$569,217 = 3.101 - x$$

$$x = 3.101 - 569,217$$

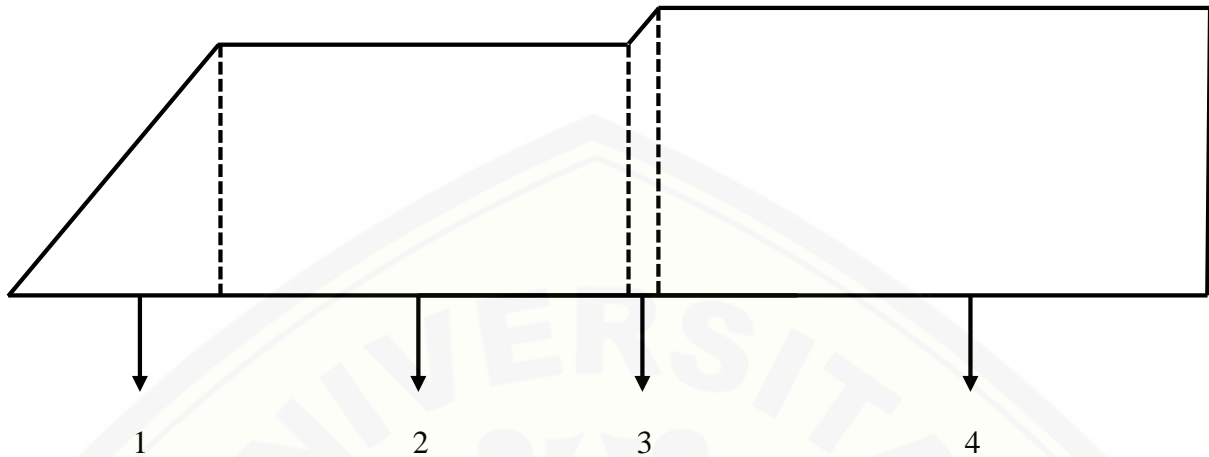
$$x = 2.531,783$$

$$\text{Sehingga} \begin{cases} \frac{x-1.179}{2.000-1.179} \mid 1.179 \leq x \leq 1.575,543 \\ 0,483 \mid 1.575,543 \leq x \leq 2.531,783 \\ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} \mid 2.2531,783 \leq x \leq 2.569,217 \\ 0,517 \mid 2.569,217 \leq x \leq 3.101 \end{cases}$$

Alhasil untuk perhitungan nilai titik tengah (*Centroid* atau *Center of Area*) FIS Mamdani tersebut, terbagi menjadi 4 Daerah (D) :



2. Pembentukan kurva “Membership Functions Plots” pada 4 Daerah (D)



**Keterangan :**

$$\begin{aligned} \text{❖ D.1 Untuk yang Naik (dari kiri bawah ke kanan atas)} &= \left[ \frac{x-1.179}{2.000-1.179} \right] \\ &= \left[ \frac{x-1.179}{821} \right] \end{aligned}$$

$$\text{❖ D.2 Untuk yang Stasioner (lurus)} = [0,483]$$

$$\begin{aligned} \text{❖ D.3 Untuk yang Naik (dari kiri bawah ke kanan atas)} &= \left[ \frac{3.101-x}{3.101-2.000} \right] \\ &= \left[ \frac{2.000-x}{1.101} \right] \end{aligned}$$

$$\text{❖ D.4 Untuk yang Stasioner (lurus)} = [0,517]$$

3. Perhitungan Luas Daerah (A) *Defuzzyfication*

$$\begin{aligned}
 \text{➤ A.1 (Segitiga)} &= \frac{a \times t}{2} \\
 &= \frac{(1.575,543 - 1.179) \times 0,483}{2} \\
 &= \frac{396,543 \times 0,483}{2} \\
 &= \frac{191,530}{2} \\
 &= 95,765 \\
 &\approx 96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ A.2 (Persegi Panjang)} &= P \times L \\
 &= (2.531,785 - 1.575,543) \times 0,483 \\
 &= 956,242 \times 0,483 \\
 &= 461,864 \\
 &\approx 462
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ A.3 (Trapesium)} &= \left( \frac{a+b}{2} \right) \times t \\
 &= \left( \frac{0,483+0,517}{2} \right) \times (2.569,217 - 2.531,783) \\
 &= \frac{1}{2} \times 37,434 \\
 &= 18,717 \\
 &\approx 19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ A.4 (Persegi Panjang)} &= P \times L \\
 &= (3.101 - 2.569,217) \times 0,517 \\
 &= 531,783 \times 0,517 \\
 &= 274,931 \\
 &\approx 275
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total nilai Luas Daerah (A)} &= A.1 + A.2 + A.3 + A.4 \\
 &= 96 + 462 + 19 + 275 \\
 &= 852
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Momen Daerah (M) *Defuzzyfication*

➤ Grafik Stasioner / Lurus ( - )

$$\begin{aligned}
M.2 &= \int_{1.575,543}^{2.531,783} (0,483) x X . dx \\
&= \int_{1.575,543}^{2.531,783} \left[ \frac{1}{2} x 0,483 \right] x [(2.531,783)^2 - (1.575,543)^2] . dx \\
&= \int_{1.575,543}^{1.227,50} [0,242] x [(6.430.195,423) - (2.482.335,745)] . dx \\
&= \int_{1.575,543}^{2.531,783} [0,242 x 6.409.925,157] - [0,242 x 2.482.335,745] . dx \\
&= \int_{1.575,543}^{2.531,783} [1.547.996,926] - [599.484,082] . dx \\
&= 948.512,844 \\
&\approx 948.513
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M.4 &= \int_{2.569,217}^{3.101} (0,517) x X . dx \\
&= \int_{2.569,217}^{3.101} \left[ \frac{1}{2} x 0,517 \right] x [(3.101)^2 - (2.569,217)^2] . dx \\
&= \int_{2.569,217}^{3.101} [0,259] x [(9.616.201) - (6.600.875,993)] . dx \\
&= \int_{2.569,217}^{3.101} [0,259 x 9.616.201] - [0,259 x 6.600.875,993] . dx \\
&= \int_{2.569,217}^{3.101} [2.485.787,959] - [1.706.326,444] . dx \\
&= 779.461,514 \\
&\approx 779.462
\end{aligned}$$

➤ Grafik Naik, dari kiri bawah ke kanan atas ( ↗ )

$$\begin{aligned}
 M.1 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{x-1.179}{821} \right] x X . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{X^2}{821} \right] - \left[ \frac{1.179 x X}{821} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{1}{3} x \frac{X^3}{821} \right] - \left[ \frac{1.179 x X^2}{2 x 821} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{X^3}{2.463} \right] - \left[ \frac{1.179 x X^2}{1.642} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{(1.575,543-1.179)}{2.463} \right] - \left[ \frac{1.179 x (1.575,543-1.179)^2}{1.642} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{(396,543)^3}{2.463} \right] - \left[ \frac{1.179 x (396,543)^2}{1.642} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{62.354.939,705}{2.463} \right] - \left[ \frac{1.179 x 157.246,350}{1.642} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} \left[ \frac{62.354.939,705}{2.463} \right] - \left[ \frac{185.393.447,650}{1.642} \right] . dx \\
 &= \int_{2.569,217}^{1.575,543} [25.316,662] - [112.907,094] . dx \\
 &= - 87.590,430 \\
 &\approx -87.591
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M.3 &= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101-X}{1.101} \right] x X \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101 x X}{1.101} \right] - \left[ \frac{(X)^2}{1.101} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{1}{2} x \frac{3.101 x X^2}{1.101} \right] - \left[ \frac{X^3}{3 x 1.101} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101 x X^2}{2.202} \right] - \left[ \frac{X^3}{3.303} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101 x (2.569,217-2.531,783)^3}{2.202} \right] - \left[ \frac{1.179 x (2.569,217-2.531,783)^2}{3.303} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101 x (37,434)^2}{2.202} \right] - \left[ \frac{(37,434)^3}{3.303} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{3.101 x 1.401,304}{2.202} \right] - \left[ \frac{52.456,427}{3.303} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} \left[ \frac{4.345.444.808}{2.202} \right] - \left[ \frac{52.456,427}{3.303} \right] \cdot dx \\
&= \int_{2.531,783}^{2.569,217} [1.973,408] - [15,881] \cdot dx \\
&= 1.957,527 \\
&\approx 1.958
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total Nilai Momen (M)} &= M.1 + M.2 + M.3 + M.4 \\
&= -87.591 + 948.513 + 1.958 + 779.462 \\
&= 1.642.342
\end{aligned}$$

Jadi, untuk nilai titik pusat (Centroid / Center of Area) FIS Mamdani yaitu :

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{Total Nilai Momen (M)}}{\text{Total Nilai Luas (A)}} \\
&= \frac{1.642.342}{852} \\
&= 2.927,376
\end{aligned}$$

**Lampiran 5. Forecasting (Peramalan) terkait Variabel – Variabel Fuzzy Inference System (FIS) “Mamdani”**

1. Demand (Permintaan)

TAHUN	DATA DEMAND (PERMINTAAN) @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005	2.644,667	2.901,346	2.638,000	2.092,230
2006	2.734,900	2.179,000	2.468,010	2.904,253
2007	2.048,780	2.266,435	2.533,000	3.001,430
2009	2.314,755	3.076,696	2.438,520	2.802,000
2010	2.034,000	3.040,000	2.099,603	2.187,775
2012	2.930,790	2.875,697	2.215,640	3.201,363
2014	2.547,876	2.129,460	2.489,320	506,098
2015	534,500	2.594,000	2.319,000	2.655,500
2016	1.227,500	402,000	2.802,500	2.456,000
2017	1.507,000	2.939,000	2.290,000	2.500,000

TAHUN	PERAMALAN Demand (Permintaan) @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005				
2006				
2007	2.476,116	2.448,927	2.546,337	2.665,971
2009	2.366,145	2.507,377	2.479,843	2.902,561
2010	2.132,512	2.794,377	2.357,041	2.663,735
2012	2.426,515	2.997,464	2.251,254	2.730,379
2014	2.504,222	2.681,719	2.268,188	1.965,079
2015	2.004,389	2.533,052	2.341,320	2.120,987
2016	1.436,625	1.708,487	2.536,940	1.872,533
2017	1.089,667	1.978,333	2.470,500	2.537,167
2019	1.367,250	1.670,500	2.546,250	2.478,000
2020	1.507,000	2.939,000	2.290,000	2.500,000

TAHUN	PERAMALAN Demand (Permintaan) @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005				
2006				
2007				
2009	2.421,130	2.478,152	2.513,090	2.784,266
2010	2.324,924	2.583,560	2.461,074	2.744,089
2012	2.308,391	2.766,406	2.362,713	2.765,558
2014	2.354,416	2.824,520	2.292,161	2.453,064
2015	2.311,709	2.737,412	2.286,921	2.272,148
2016	1.981,745	2.307,753	2.382,149	1.986,200
2017	1.510,227	2.073,291	2.449,587	2.176,895
2019	1.297,847	1.785,773	2.517,897	2.295,900
2020	1.321,306	2.195,944	2.435,583	2.505,056

## 2. Overall Recovery (OR)

TAHUN	DATA OVERALL RECOVERY @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005	80,435	83,145	81,050	77,505
2006	78,975	87,115	86,400	81,750
2007	78,885	78,365	82,750	86,160
2009	84,825	81,775	79,620	81,555
2010	80,875	69,270	89,000	74,500
2012	73,250	85,625	85,880	71,560
2014	86,260	88,500	80,225	77,730
2015	80,700	84,380	90,050	85,030
2016	79,140	77,930	86,150	75,530
2017	84,950	91,170	82,150	86,500

TAHUN	PERAMALAN Overall Recovery @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005				
2006				
2007	79,432	82,875	83,400	81,805
2009	80,895	82,418	82,923	83,155
2010	81,528	76,470	83,790	80,738
2012	79,650	78,890	84,833	75,872
2014	80,128	81,132	85,035	74,597
2015	80,070	86,168	85,385	78,107
2016	82,033	83,603	85,475	79,430
2017	81,597	84,493	86,117	82,353
2019	82,045	84,550	84,150	81,015
2020	84,950	91,170	82,150	86,500

TAHUN	PERAMALAN Overall Recovery @Bulan			
	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER
2005				
2006				
2007				
2009	80,163	82,647	83,162	82,480
2010	80,618	80,588	83,371	81,899
2012	80,691	79,259	83,849	79,922
2014	80,436	78,831	84,553	77,069
2015	79,949	82,063	85,084	76,192
2016	80,744	83,634	85,298	77,378
2017	81,233	84,755	85,659	79,963
2019	81,892	84,216	85,247	80,933
2020	82,864	86,738	84,139	83,289

**Lampiran 6. GLOSARIUM (Nama / Istilah lain yang ada dalam penulisan)**

- Antiseden : Himpunan fuzzy ke – i dalam V. input
- *Backlag* : Artinya jumlah permintaan jauh lebih tinggi dibandingkan hasil produksinya
- BHR (Boiling House Recovery) : Efisiensi pabrik = HPB total x PSHK x WR
- Biaya Produksi : Biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk dapat menghasilkan output-nya tersebut.
- Blotong : Hasil samping dari proses pemurnian nira, berupa padatan yang mengandung sekitar 2-3 % gula.
- BPP : Biaya Pokok Produksi
- Brix (derajat brix) : Zat kering yang terlarut di dalam nira tebu
- *Client* : Seseorang yang menggunakan layanan dari seorang atau sebuah organisasi, istilah ini lebih terkait pada bisnis di bidang jasa layanan.
- *Consumer* (konsumen) : Seseorang atau sebuah kelompok yang memakai, menggunakan ataupun yang mengonsumsi terakhir barang tersebut (bisa juga disebut sebagai “*end user*”).
- *Customer* (pelanggan) : Seseorang atau sebuah organisasi yang membeli sesuatu dari suatu perusahaan, tapi bukan untuk dikonsumsi secara langsung.
- *Dependent Demand* : Adalah permintaan terhadap suatu barang/komponen sehubungan dengan adanya kebutuhan akan barang/komponen lain yang tersusun dari berbagai komponen. Misalnya permintaan akan ban sepeda divisi



- ban sepeda muncul karena adanya permintaan akan sepeda pada bagian assembling sepeda. Permintaan ban sepeda pada divisi ban merupakan permintaan dependen dari divisi lain dalam satu organisasi.
- *Dipatching* : Suatu proses untuk pemberian perintah agar melaksanakan pekerjaan sesuai dengan routing dan schedulling yang dibuat.
  - Efektif : Melakukan suatu tugas, kemudian mencapai target dan menyelesaikannya.
  - Efisien : Melakukan suatu tugas dengan optimal, contohnya dengan cara yang paling cepat / murah.
  - *Follow Up* : Suatu kegiatan untuk menghilangkan terjadinya penundaan / keterlambatan kerja dan mendorong terkoordinasi pelaksanaan kerjanya.
  - *Forecasting* : Peramalan terkait permintaan nantinya
  - GKP : Gula Kristal Putih
  - HK (Harga Kemurnian) :  $(\text{Pol/Brix}) \times 100\%$
  - *Hydrometer* : Alat untuk menimbang kadar brix
  - *Independent Demand* : Merupakan permintaan yang hanya terkait dengan barang itu sendiri, atau suatu permintaan terhadap berbagai item barang yang tidak ada kaitannya antara satu dengan yang lain. Misalnya, suatu departemen atau divisi menghasilkan berbagai barang/komponen yang tidak saling terkait yang semata-mata untuk memenuhi

- permintaan eksternal. Misalnya permintaan roti, sepeda, mobil, obat-obatan.
- Interpretasi : merupakan suatu kegiatan yang menggabungkan hasil analisis dengan pernyataan, kriteria, atau standar tertentu untuk menemukan makna dari data yang dikumpulkan untuk menjawab permasalahan dalam penelitian yang sedang diperbaiki.
- *ISSCT Methode* : Metode atau teknik hitungan pergulaan dalam standard internasional.
- KNT : Kadar Nira Tebu
- Konsekuen : Konstanta (tegas) atau himpunan fuzzy ke – i dalam V. output
- Kristalisasi : Merupakan rangkaian proses pembuatan kristal gula dari larutan yang mengandung gula serta memisahkan kotoran yang masih terkandung dalam larutan tersebut.
- *ME (Mill Extraction)* : Efisiensi penggilingan tebu
- NM : Nira Mentah
- NN (Nilai Nira) : Suatu gambaran teoritis jumlah gula yang dapat dikristalkan dari suatu larutan gula (nira) dengan cara kristalisasi
- NNPP : Nilai Nira Perahan Pertama
- NPP : Nira Perahan Pertama
- *On Hand* : Posisi stock awal yang secara fisik tersedia dalam stock, yang merupakan kuatitas dari produk yang ada di dalam stock
- Optimasi : Tingkat keputusan produsen dalam bekerja secara optimal (optimum = seimbang =

- baik). Keadaan ini tercapai jika keuntungannya meaksimum tercapai atau dalam kerugian yang minimum.
- *Overall recovery* : mencerminkan efisiensi PG karena menggambarkan jumlah gula yang bisa diperoleh dari tebu. *Overall recovery* merupakan hasil kerja gabungan antara stasiun gilingan dengan stasiun pengolahan. Hasil kerja stasiun gilingan sebagaimana dijelaskan sebelumnya dinyatakan dalam *mill extraction* (ME), yang menggambarkan persentase gula yang berhasil diekstraksi dalam nira mentah terhadap gula yang terkandung di dalam tebu.
  - *Overhead* : Overhead merupakan pengeluaran yang tidak mudah dilacak maupun dikenali dengan unit pembiayaan yang lain. sehingga overhead tidak dapat secara langsung dikaitkan dengan produk maupun layanan yang sedang ditawarkan dan juga tidak menghasilkan keuntungan
  - pH (*Power of Hydrogen*) : adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen dari larutan. Pembacaan kurang dari 7,0 mengindikasikan bahwa larutan bersifat asam, sementara angka lebih besar menunjukkan larutan bersifat alkali /basa.
  - Piknometer : Alat Pengukur yang berdasarkan berat jenis
  - Pol Tebu (polarisasi / derajat pol) : Jumlah gula (gr) yang ada di dalam 100 gr larutan
  - Polarimeter : Alat untuk mengukur kadar pol tebu
  - Potensi Rendemen : nilai NPP x KNT

- Preparation Index (PI) : Banyaknya sel tebu yang diperah setelah melewati peralatan pendahuuan (misal Stasiun Penggilingan).
- PSHK : Perbandingan Setara Hasil Kemurnian  
Rumus PSHK =
- *Power full* : Bertenaga maksimal
- *Quality Control* (QC) : Suatu perseorangan atau kelompok yang mencakup kegiatan monitoring, uji-tes dan memeriksa semua proses produksi yang terlibat dalam produksi suatu produk. Dia harus memastikan standar kualitas dipenuhi oleh setiap komponen dari produk atau layanan yang disediakan oleh perusahaan.
- *Refraktometer* : Alat Pengukur yang berdasarkan indeks bias
- Rendemen : Merupakan kadar kandungan gula di dalam tebu yang dinyatakan dalam persen atau juga rasio berat gula yang dihasilkan dari setiap berat tebu yang digiling. Biasanya untuk ukuran standard normal yaitu sekitar 10 - 12 %. Artinya dalam 100 Kg tebu yang digilingkan ke PG akan diperoleh gula sebanyak 10 Kg.  
Rumus = HPB total x PSHK
- Routing : Kegiatan untuk menentukan urutan-urutan proses dan penggunaan alat produksinya dari bahan mentah sampai menjadi produk akhir, sehingga sebelum produksi dimulai masalah sudah tercantum pada *rout sheet*.
- Sabut : serat serat pada batang tebu

- *Schedulling* : Kegiatan untuk membuat jadwal proses produksi sebagai satu dari awal proses sampai selesainya proses produksi.
- *Sogolan* : Tebu yang masih muda
- *SOP* : *Standard Operational Procedure*
- *Sukrosa* : merupakan suatu disakarida yang dibentuk dari monomer-monomernya yang berupa unit glukosa dan fruktosa, dengan rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Sukrosa atau gula dapur diperoleh dari gula tebu atau gula beet.
- *Stockout* : adalah kondisi dimana stok barang yang dipesan sudah tidak tersedia lagi atau sudah terjual habis.
- *TCD (Tone Cane Day)* : Jumlah ton tebu yang digiling pabrik gula dalam setiap harinya
- *Tetes* : Merupakan produk hasil sampingan dari proses produksi tebu menjadi gula
- *TFN* : *Triangular Fuzzy Number*
- *TR* : Tebu sendiri / tebu milik pabrik
- *Trapezoidal* : atau dikenal sebagai Trapesium
- *Trash* : Istilah lain untuk kotoran yang menempel pada batang tebu berupa tanah, debu, pasir dan semacamnya.
- *TS* : Tebu milik rakyat
- *VOR* : *Value of Overall Recovery*, merupakan prosentase jumlah gula kristal putih (GKP) yang dihasilkan dari sukrosa yang ada di dalam tebu.
- *WR (Winter Rendemen)* : merupakan resultante dari parameter efisiensi pada proses pemurnian nira,

penguapan nira, pemasakan gula dan pemisahan produk GKP hasil dengan tetes.

(WR) dinyatakan dengan persamaan:

Rendemen Winter = Sukrosa yang terdapat

dalam gula hasil Sukrosa yang terdapat

dalam nira mentah WR menunjukkan

persentase jumlah hablur akhir yang efektif

dihasilkan terhadap jumlah hablur yang

terdapat dalam nira mentah yang diolah.

