

## ANALISIS PENGOLAHAN TEBU MENJADI GULA KRISTAL PUTIH MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS MATLAB

Nirwan Sinuhaji

Program Studi Teknik Komputer Politeknik Poliprofesi Medan  
e-mail: nirwansinuhaji@yahoo.co.id

### ABSTRAKSI

PTPN-II PGKM merupakan salah satu perusahaan yang dapat memproduksi gula. Karena banyaknya faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan tingkat produksi yang dihasilkan setiap tahunnya. Oleh sebab itu, dalam menentukan tingkat produksi per tahun diperlukan analisis sistem pendukung keputusan yang akan dilakukan dengan menerapkan Metode Fuzzy Mamdani dengan menggunakan MIN sebagai fungsi implikasinya, maka dari masing-masing aturan memberikan keterangan secara langsung (scrip) dengan tingkat keanggotaan terkecil Defuzzifikasi), hasil akhir dengan menerapkan rata-rata tertimbang untuk fuzzy Inference System defuzzifikasi memulai aturan komposisi antara Max dan Metode yang diterapkan pada area fuzzy titik pusat ( $z^*$ ). Dengan metode perbandingan Metode Fuzzy Inference System Mamdani, diperoleh metode dan pendekatan yang paling tepat dalam menentukan perkiraan <sup>jumlah</sup> produksi gula, untuk mendapatkan output yang merupakan jumlah gula per tahun. Dan dilakukan pengujian statistik, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang relatif mendekati metode perhitungan pabrik adalah metode Mamdani.

**Kata kunci:** *analisis pengolahan pebu, gula kristal putih, metode fuzzy logic inference system mamdani, matlab*

### A. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar belakang

Gula merupakan salah satu dari sembilan kebutuhan pokok yang pengadaan dan distribusinya diatur oleh pemerintah. Gula merupakan butiran kristal yang memiliki ukuran hamoir seragam dengan ukuran 0,8 – 1,2 mm dan umumnya berwarna putih, rumus molekul dari gula adalah  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

Tebu merupakan salah satu bahan baku dari pembuatan gula kristal putih, kebutuhan gula kristal putih dari tahun ke tahun semakin meningkat kadang kala sangat sulit memperolehnya karena meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya konsumsi gula kristal putih oleh masyarakat, Analisis Pengolahan Tebu Menjadi Gula Kristal Putih sudah dikembangkan secara luas dalam berbagai penelitian maupun kajian-kajian ilmiah beberapa diantaranya adalah menggunakan metode live cycle assessment (LCA), dan Defekasi remenlt karbonatasi. Sejumlah penelitian telah dilakukan terkait dengan pengolahan tebu menjadi gula kristal diantaranya :

Eddy Sapto Hartanto [1]. Melakukan penelitian tentang peningkatan mutu produk gula Kristal putih melalui teknologi defekasi remelt

karbonatasi. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan manfaat bagi industri gula Kristal putih agar dalam memproduksi gula Kristal putih dapat memenuhi persyaratan mutu SNI yang berlaku, pembuat kebijakan dalam mengevaluasi penerapan SNI gula kristal putih konsumen pengguna gula Kristal putih, agar tidak dirugikan dengan pemakaian produk gula kristal putih yang tidak memenuhi persyaratan mutu yang berlaku atau berkualitas rendah.

Rosmieka, lilik sutiarto dkk [2]. Melakukan penelitian tentang pengkajian daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo Yogyakarta dari nenelitian ini diharapkan dapat menganalisis daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo, Yogyakarta dengan metode life cycle Assessment (LCA).

Novi Prasetya [3]. Melakukan penelitian pengelolaan gula tebu menjadi gula merah.

Paisal Ansiska [4]. Melakukan penelitian tentang Pemanfaatan Nira Aren Sebagai Bahan Pemmbuat Gula Putih Kristal.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah di lakukan salah satu proses teknologi sulfitasi

menjadi teknologi defekasi remelt karbonatasi (DRK), sehingga diperoleh hasil GKP yang memiliki mutu yang lebih baik dan cenderung mirip gula kristal rafinasi (GKR), maka SNI 3140.3-2010 (Gula Kristal Putih) perlu diperimbangan untuk dapat mengakomodasi parameter warna kristal dan warna larutan. Terkait dengan proses pengolahan tebu menjadi gula kristal tersebut dilakukan penelitian melalui proses penguapkan sebagian besar air yang terkandung dalam nira encer guna memperoleh mentah atau menjadi nira kental, selanjutnya nira kental dipanaskan sampai membentuk gula kristal dengan ukuran tertentu. Penelitian-penelitian yang pernah dilakukan mengenai pengolahan ampas tebu menjadi gula kristal putih, pengolahan tebu untuk memperoleh gula kristal putih dirangkum seperti pada tabel 1.1

| Penulis                      | Judul Penelitian                                                                                                                                                                                                             | Pembahasan                                                                                                                                                                                                                                 | Thn  |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Eddy Sapto Hartanto          | Melakukan penelitian tentang peningkatan mutu produk gula Kristal putih melalui teknologi defekasi remelt karbonatasi                                                                                                        | Penggunaan teknologi sulfitasi akan menghasilkan gula kristal putih dengan mutu nilai warna kristal yang cukup tinggi, yaitu antara 6,6 – 7,2 CT, warna larutan 118 – 201 IU dan kadar belerang dioksida (SO <sub>2</sub> ) 5 – 19,7 mg/kg | 2014 |
| Rosmieka, lilik sutiarto dkk | pengkajian daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo Yogyakarta dari penelitian ini diharapkan dapat menganalisis daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo, Yogyakarta dengan metode life cycle Assessment (LCA). | Untuk menganalisis daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo dengan metode life cycle assessment (LCA).                                                                                                                               | 2009 |
| Novi Prasetya                | pengelolaan gula tebu menjadi gula merah.                                                                                                                                                                                    | Proses pengelolaan gula merah dengan bahan dasar untuk mendapatkan penyempurnaan kualitas gula merah dari tebu                                                                                                                             | 2016 |
| Paisal Ansiska               | Pemanfaatan Nira Aren Sebagai Bahan Pembuat Gula Putih Kristal                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                            | 2013 |

Dari penelitian yang sudah dilakukan, peneliti menganggap metode Fuzzy Logic Mamdani berbasis Matlab sangat perlu untuk analisis pengolahan tebu menjadi gula kristal merupakan salah satu hal yang dianggap penting untuk dijadikan objek penelitian.

### 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut, yang menjadi rumusan permasalahan

adalah bagaimana membangun suatu sistem Fuzzy Logic mamdani serta kalkulasi perhitungan dalam analisis proses pengolahan tebu menjadi gula kristal putih. Serta membandingkan hasil dari analisis apakah untuk mendapatkan nira mentah, nira encer, nira kental, dan gula kristal putih dengan nilai tekanan uap dan tekanan suhu menggunakan *fuzzy logic* sesuai dengan menggunakan mesin penggiling nira

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan tetap fokus pada penelitian maka dibuat beberapa batasan pada penelitian ini yaitu:

- 1.Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Perkebunan Nusantara II Pabrik Gula Kwala Madu
- 2.Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy logic* mamdani dan sebagai kalkulasi perhitungan digunakan pemrograman matlab
- 3.Sistem informasi ini hanya menampilkan data input dan data output, data input berupa: data tekanan uap, dan data besar daya gilingan, dan data output berupa hasil proses pengolahan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk Dapat menghasilkan hasil akhir analisis dari kalkulasi perhitungan yang cepat dan mudah sehingga dapat meminimalisir terjadinya tingkat kesalahan dalam menentukan tingkat kekentalan dan tinngkat ke enceran dari nira untuk menjadi gula kristal putih.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Gula

Gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Secara umum, gula dibedakan menjadi dua[5] yaitu:

#### a. Monosakarida

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

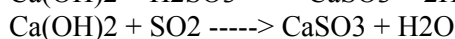
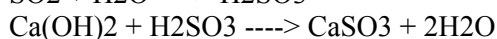
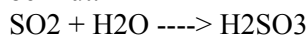
#### b. Disakarida

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*)

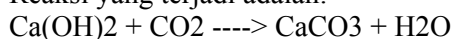
Rangkaian proses produksi yang berpengaruh besar terhadap kualitas produk GKP yang dihasilkan adalah proses pemurnian nira[1] [6]. Proses pemurnian dilakukan dengan cara: Setelah tebu dipera dan diperoleh nira mentah (*raw juice*), selanjutnya dimurnikan. Dalam nira mentah mengandung gula, yang terdiri dari sukrosa, gula invert (glukosa + fruktosa), zat bukan gula, dari atom-atom (Ca, Fe, Mg, Al) yang terikat pada asam-asam, asam organik dan anorganik, zat warna, lilin, asam-asam yang mudah mengikat besi, aluminium, dan sebagainya. Pada proses pemurnian zat-zat bukan gula akan dipisahkan dengan zat yang mengandung gula.

Secara umum ada 3 jenis pemurnian nira tebu, yaitu proses defekasi, proses sulfitasi dan Karbonatasi. Jenis teknologi yang digunakan dalam proses pemurnian akan menentukan tingkat absorpsi komponen warna sehingga produknya lebih cerah dan bersih[1][8]. proses defekasi merupakan proses pemurnian nira yang dilakukan dengan penambahan susu kapur sampai pH 7,2 – 7,4. Proses defekasi dilakukan pada defekator dan didalamnya terdapat pengaduk sehingga larutan yang bereaksi dalam defekator menjadi homogen[6].

Sedangkan proses sulfitasi dilakukan terhadap nira tebu ditambah kapur yang berlebih dan selanjutnya kapur dinetralkan dengan gas belerang dioksida (SO<sub>2</sub>), maka akan diperoleh garam kapur yang mudah mengendap. Reaksi pemurnian nira cara sulfitasi adalah sebagai berikut:



Sedangkan untuk proses karbonatasi dilakukan dengan menggunakan susu kapur dan gas CO<sub>2</sub> sebagai bahan pembantu. Susu kapur yang ditambahkan pada cara ini lebih banyak dibandingkan cara sulfitasi, sehingga menghasilkan endapan yang lebih banyak. Kelebihan susu kapur yang terdapat pada nira dinetralkan dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi adalah:



### 2.1 Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang keluaran. Logika *fuzzy* ditemukan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada tahun 1965. Sebelum ditemukannya teori logika *fuzzy* (*fuzzy logic*),

dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Sebaliknya logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy*, sebuah nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran atau kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot / derajat keanggotaan yang.

Logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*). Merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan (*membership function*) [9].

Operasi himpunan *fuzzy* diperlukan untuk proses inferensi atau penalaran. Dalam hal ini yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua buah himpunan *fuzzy* disebut sebagai *firestrength* atau  $\alpha$ -predikat [11]. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy* merupakan variable yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.
4. Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif [10].

### 3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan ini dimulai dengan membuat variabel input dan variabel output dari sistem perhitungan analisis pengolahan gula. Peneliti akan merancang sebuah aplikasi perhitungan analisis pengolahan gula. Perancangan sistem yang akan dibuat adalah dengan menggunakan metode fuzzy logic mamdani.

Pada metode mamdani dilakukan dengan 4 tahapan untuk mendapatkan output, yaitu :

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah langkah pertama dari metode mamdani yang bertugas mengambil nilai input dan menentukan derajat dari input sehingga nilai dapat dikelompokkan pada himpunan fuzzy yang tepat. Berikut ini adalah pengambilan nilai dari semua variabel input dan variabel output:

A. Tekanan Uap

Variabel Tekanan Uap mempunyai 2 himpunan yaitu dengan derajat nilai keanggotaan seperti dibawah ini :

- Turun ( 25 – 65 )
- Naik ( 62 – 100 )

B. Besar Daya Gilingan

Variabel Besar Daya Gilingan mempunyai 2 himpunan yaitu dengan derajat nilai keanggotaan seperti dibawah ini :

- Lama (500 – 1500)
- Cepat (1200 – 2000)

C. Variabel output

Variabel output dari perhitungan akhir analisis pengolahan tebu menjadi gula adalah hasil analisis. Berikut ini adalah derajat keanggotaan dari nilai output yang memiliki 3 himpunan :

- Nira mentah (75 – 85)
- Nira Kental (83 – 110)
- Gula kristal putih (107 – 145)

4. Defuzzifikasi yaitu proses mengkonversi atau pengambilan nilai output yang didapat dari rule yang akan digunakan untuk pengambilan keputusan. Dengan mengambil minimal 5 titik pada setiap kurva yang terkait. Misalkan diketahui 4 rule berikut :

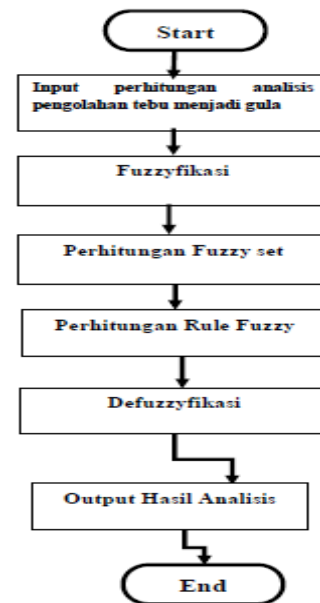
[R1] IF (Tekanan Uap is Turun) And (Besar Daya Gilingan is Lama) Then (Hasil is Nira Mentah)

[R2] IF (Tekanan Uap is Turun) And (Besar Daya Gilingan is Cepat) Then (Hasil is Nira Mentah)

[R3] IF (Tekanan Uap is Naik) And (Besar Daya Gilingan is Lama) Then (Hasil is Nira Kental)

[R4] IF (Tekanan Uap is Turun) And (Besar Daya Gilingan is Cepat) Then (Hasil is Gula Kristal Putih)

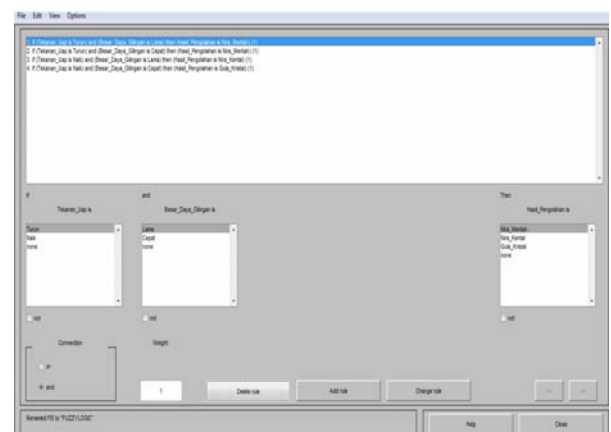
### 3.2 Flowchart Perancangan Sistem



### 4.1 Hasil Rancangan

#### 1. Hasil Rancangan Menggunakan Fuzzy Tool

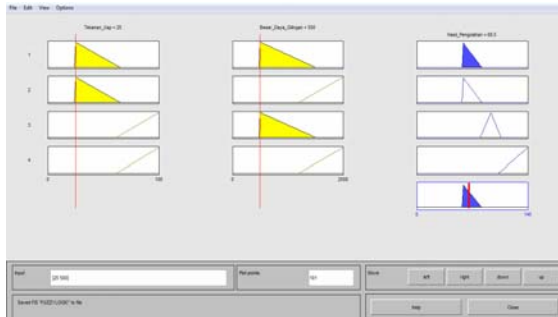
Berikut ini adalah gambar tampilan variabel output yang menghasilkan 4 aturan (*rule*) dari rancangan sistem perhitungan analisis pengolahan tebu menjadi gula yang telah diuji coba dan menghasilkan 2 variabel input, masing – masing input mempunyai 2 himpunan derajat keanggotaan seperti gambar 4.1



Gambar 4.1 Tampilan 4 aturan (Rule)

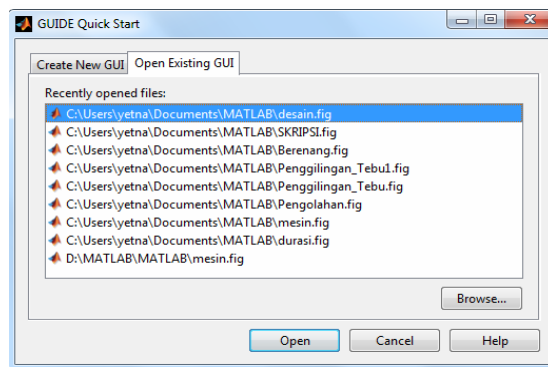
#### 2. Hasil Akhir Rancangan FIS Editor

Sistem perhitungan analisis pengolahan gula merupakan hasil keluaran dari mesin inferensi pada FIS editor menggunakan software matlab yang digunakan melakukan perhitungan dan simulasi dengan rule yang telah diberikan. Seperti yang terlihat pada gambar 4.2



#### 4.2 Hasil Akhir Rancangan Pada FIS Editor

Untuk menampilkan antar muka (*interface*) sistem perhitungan analisis pengolahan gula penulis mengkonversikan FIS editor diatas ke GUI pada matlab. berikut ini adalah tampilan hasil akhir keluaran program menggunakan guide pada matlab :



Gambar 4.3. Tampilan GUI membuka file



Gambar 4.4. Hasil Akhir Rancangan GUI pada Matlab

#### 4.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan Metode Mamdani

Pada perancangan perhitungan analisis pengolahan gula penulis menggunakan fuzzy inference system (FIS) editor pada software matlab dimana dalam perhitungannya penulis membuat 2 variabel input dan 1 variabel output yang kemudian menghasilkan 4 rule yang digunakan untuk melakukan kalkulasi

perhitungan dan simulasi. Setelah rancangan menggunakan fuzzy tool selesai selanjutnya dikonversikan ke GUI (*Graphical User Interface*) sebagai tampilan keluaran program agar dapat memudahkan pengguna. Dan penulis melampirkan contoh perhitungan secara teori yang hasilnya akan dibandingkan dengan sistem yang telah dibangun yaitu ada beberapa contoh uji coba sebagai berikut :

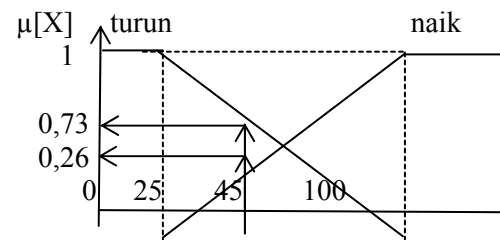
Tabel V.I. Data Jumlah Satuan

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Tekanan Uap Turun                   | 25   |
| Tekanan Uap Naik                    | 100  |
| Besar Daya Gilingan Lama            | 500  |
| Besar Daya Gilingan Cepat           | 2000 |
| Hasil Pengolahan Nira Mentah        | 75   |
| Hasil Pengolahan Nira Kental        | 110  |
| Hasil Pengolahan Gula Kristal Putih | 145  |

1. Berapa hasil pengolahan yang harus dihasilkan, jika jumlah tekanan uap sebesar 45, dan besar daya gilingan sebesar 520 ?

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

- 1) Tekanan Uap; terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu TURUN dan NAIK.

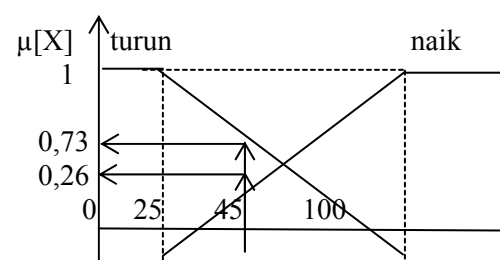


Gambar 4.5 Fungsi keanggotaan variabel Tekanan Uap

Berapa hasil pengolahan yang harus dihasilkan, jika jumlah tekanan uap sebesar 45, dan besar daya gilingan sebesar 520 ?

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

- 2) Tekanan Uap; terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu TURUN dan NAIK.



Gambar 4.6. Fungsi keanggotaan variabel Tekanan Uap

$$\mu_{tuTURUN}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 25 \\ (100 - x) / 75; & 25 \leq x \leq 100 \\ 0; & x \geq 100 \end{cases}$$

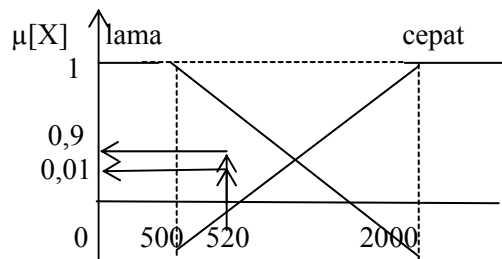
$$\mu_{tuNAIK}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ (x - 25) / 75; & 25 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases}$$

Mencari nilai keanggotaan :

a.  $\mu_{tuTurun}[45] = \frac{100-x}{75} = \frac{100-45}{75} = \frac{55}{75} = 0,73$

b.  $\mu_{tsNaik}[45] = \frac{45-x}{75} = \frac{45-20}{75} = \frac{20}{75} = 0,26$

3) Besar Daya Gilingan; terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu : LAMA dan CEPAT



Gambar 4.7 Fungsi keanggotaan Besar Daya Gilingan

a.  $\mu_{bdgLAMA}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 500 \\ (2000 - x) / 1500; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 0; & x \geq 2000 \end{cases}$

b.  $\mu_{bdgCEPAT}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \\ (x - 500) / 1500; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}$

Mencari nilai keanggotaan :

a.  $\mu_{bdgLAMA}[520] = \frac{2000-x}{1500} = \frac{2000-520}{1500} = \frac{1480}{1500} = 0,9$

b.  $\mu_{bdgCEPAT}[520] = \frac{x-500}{1500} = \frac{520-500}{1500} = \frac{20}{1500} = 0,01$

3). Hasil Pengolahan; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : NIRA MENTAH, NIRA KENTAL dan GULA KRISTAL PUTIH

$\mu[X]$  nira mentah nira kental gula kristal putih



Gambar 4.8. Fungsi keanggotaan variabel Hasil Pengolahan

$$\mu_{hpNIRAMENTAH}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \\ (145 - x) / 70; & 75 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{hpNIRAKENTAL}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \\ (x - 75) / 70; & 75 \leq x \leq 145 \\ 1; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{hpGKP}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \\ (145 - x) / 70; & 75 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

Mencari nilai z untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya :

[R1] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan LAMA Then Kurang Bagus

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{tuTURUN} \wedge \mu_{bdgLAMA} \\ &= \min(\mu_{tuTURUN}(45), \mu_{bdgLAMA}(520)) \\ &= \min(0,73; 0,9) = 0,73 \\ z &= (145 - z) / 100 = 0,73 \quad \dots \dots \dots z_T = 72 \end{aligned}$$

[R2] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan CEPAT Then Kurang Bagus

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_2 &= \mu_{tuTURUN} \wedge \mu_{bdgCEPAT} \\ &= \min(\mu_{tuTURUN}(45), \mu_{bdgCEPAT}(520)) \\ &= \min(0,73; 0,01) = 0,01 \\ z &= (145 - z) / 100 = 0,01 \quad \dots \dots \dots z_T = 144 \end{aligned}$$

[R3] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan LAMA Then Sedang

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{tuNAIK} \wedge \mu_{bdgLAMA} \\ &= \min(\mu_{tuNAIK}(45), \mu_{bdgLAMA}(520)) \\ &= \min(0,26; 0,9) = 0,26 \\ z &= (z - 75) / 100 = 0,26 \quad \dots \dots \dots z_3 = 101 \end{aligned}$$

[R4] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan CEPAT Then Bagus

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_4 &= \mu_{tuNAIK} \wedge \mu_{bdgCEPAT} \\ &= \min(\mu_{tuNAIK}(45), \mu_{bdgCEPAT}(520)) \\ &= \min(0,26; 0,01) = 0,01 \\ z &= (z - 75) / 100 = 0,01 \quad \dots \dots \dots z_4 = 76 \end{aligned}$$

Menghitung nilai z, yaitu :

$$\begin{aligned} z &= (\alpha\text{-pred}_1 * z_1 + \alpha\text{-pred}_2 * z_2 + \alpha\text{-pred}_3 * z_3 + \alpha\text{-pred}_4 * z_4) / (\alpha\text{-pred}_1 + \alpha\text{-pred}_2 + \alpha\text{-pred}_3 + \alpha\text{-pred}_4) \\ &= (0,73 * 72 + 0,01 * 144 + 0,26 * 101 + 0,01 * 76) / (0,73 + 0,01 + 0,26 + 0,01) \\ &= 80,98 / 1,01 = 80,1 \end{aligned}$$

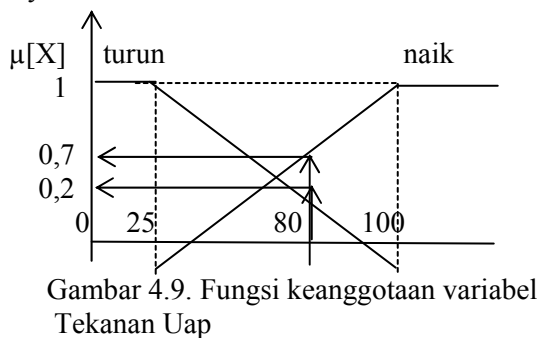
Hasil z = 80,1 menunjukan NIRA MENTAH



1. Berapa hasil pengolahan yang harus dihasilkan, jika jumlah tekanan uap sebesar 80, dan besar daya gilingan sebesar 1200 ?

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

1) Tekanan Uap; terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu TURUN dan NAIK.



Gambar 4.9. Fungsi keanggotaan variabel Tekanan Uap

$$\mu_{\text{tuTURUN}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 25 \\ \frac{100-x}{75}; & 25 \leq x \leq 100 \\ 0; & x \geq 100 \end{cases}$$

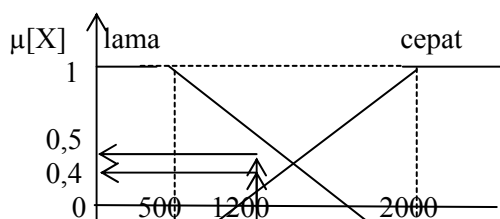
$$\mu_{\text{tuNAIK}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ \frac{x-25}{75}; & 25 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases}$$

Mencari nilai keanggotaan :

$$\text{a. } \mu_{\text{bdgLAMA}}[520] = \frac{100-x}{75} = \frac{100-80}{75} = \frac{20}{75} = 0,2$$

$$\text{b. a. } \mu_{\text{bdgLAMA}}[520] = \frac{80-x}{75} = \frac{80-25}{75} = \frac{55}{75} = 0,7$$

2). Besar Daya Gilingan; terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu : LAMA dan CEPAT



Gambar 4.10 Fungsi keanggotaan variable Besar Daya Gilingan

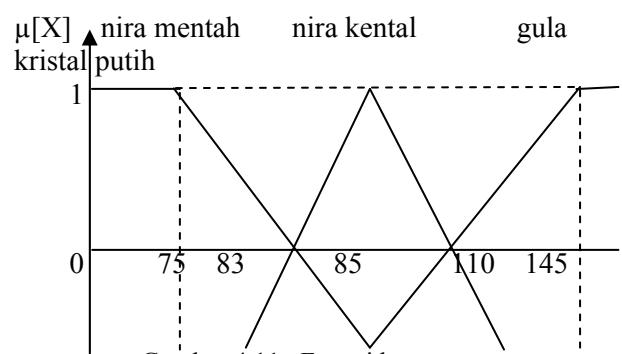
$$\mu_{\text{bdgLAMA}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 500 \\ \frac{2000-x}{1500}; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 0; & x \geq 2000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{bdgCEPAT}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \\ \frac{x-500}{1500}; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}$$

$$\text{a. } \mu_{\text{bdgLAMA}}[1200] = \frac{2000-x}{1500} = \frac{2000-1200}{1500} = \frac{800}{1500} = 0,5$$

$$\text{b. a. } \mu_{\text{bdgLAMA}}[1200] = \frac{x-500}{1500} = \frac{1200-500}{1500} = \frac{700}{1500} = 0,4$$

Hasil Pengolahan; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : NIRA MENTAH, NIRA KENTAL dan GULA KRISTAL PUTIH



Gambar 4.11. Fungsi keanggotaan variabel Hasil Pengolahan

$$\mu_{\text{bdgLAMA}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \\ \frac{145-x}{70}; & 75 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{bdgCEPAT}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \\ \frac{x-75}{70}; & 75 \leq x \leq 145 \\ 1; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{bdgCEPAT}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \\ \frac{145-x}{70}; & 75 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

Mencari nilai Z untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya :

[R1] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan LAMA Then Kurang Bagus

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{tuTURUN}} \quad \mu_{\text{bdgLAMA}} \\ &= \min(\mu_{\text{tuTURUN}}(80), \mu_{\text{bdgLAMA}}(1200)) \\ &= \min(0,2; 0,4) = 0,2 \end{aligned}$$

$$Z = (145 - Z) / 100 = 0,4 \quad \dots \dots \dots Z_1 = 105$$

[R2] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan CEPAT Then Kurang Bagus

$$\alpha\text{-predikat}_2 = \mu_{\text{tuTURUN}} \quad \mu_{\text{bdgCEPAT}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \min (\mu_{\text{TURUN}}(80), \mu_{\text{bdgCEPAT}}(1200)) \\
 &= \min (0,7 ; 0,5) = 0,5 \\
 z &= (145 - z) / 100 = 0,5 \quad \text{-----} \rightarrow z_2 = 95
 \end{aligned}$$

[R3] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan LAMA Then Sedang

$$\begin{aligned}
 \alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{\text{NAIK}} (\mu_{\text{bdgLAMA}}) \\
 &= \min (\mu_{\text{NAIK}}(80), \mu_{\text{bdgLAMA}}(1200)) \\
 &= \min (0,2 ; 0,4) = 0,4 \\
 z &= (z - 75) / 100 = 0,2 \quad \text{-----} \rightarrow z_3 = 95
 \end{aligned}$$

[R4] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan CEPAT Then Bagus

$$\begin{aligned}
 \alpha\text{-predikat}_4 &= \mu_{\text{NAIK}} (\mu_{\text{bdgCEPAT}}) \\
 &= \min (\mu_{\text{NAIK}}(80), \mu_{\text{bdgCEPAT}}(1200)) \\
 &= \min (0,2 ; 0,5) = 0,2 \\
 z &= (z - 75) / 100 = 0,2 \quad \text{-----} \rightarrow z_4 = 95
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai Z, yaitu :

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{(\alpha\text{-pred}_1 * z_1 + \alpha\text{-pred}_2 * z_2 + \alpha\text{-pred}_3 * z_3 + \alpha\text{-pred}_4 * z_4)}{(\alpha\text{-pred}_1 + \alpha\text{-pred}_2 + \alpha\text{-pred}_3 + \alpha\text{-pred}_4)} \\
 &= \frac{(0,4 * 105 + 0,5 * 95 + 0,2 * 95 + 0,2 * 95)}{(0,4 + 0,5 + 0,2 + 0,2)} \\
 &= \frac{127,5}{1,3} \\
 &= 98,0 \text{ menunjukkan NIRA KENTAL}
 \end{aligned}$$

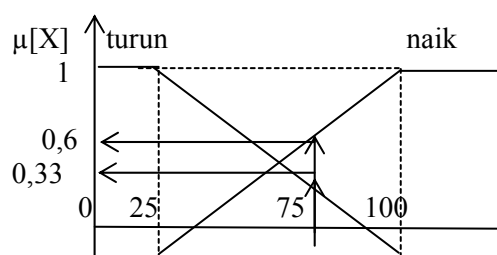
Pengujian sistem 2



3. Berapa hasil pengolahan yang harus dihasilkan, jika jumlah tekanan uap sebesar 75, dan besar daya gilingan sebesar 1400 ?

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

1) Tekanan Uap; terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu TURUN dan NAIK.



Gambar 4.12 Fungsi keanggotaan variable Tekanan Uap

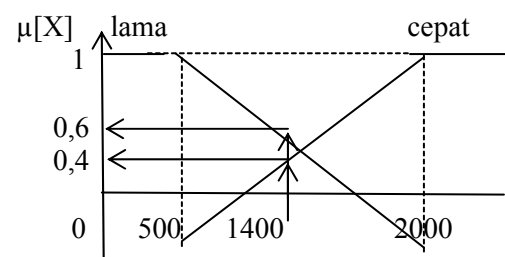
$$\mu_{\text{TURUN}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 25 \\ (100 - x) / 75; & 25 \leq x \leq 100 \\ 0; & x \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{NAIK}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ (x - 25) / 75; & 25 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases}$$

a.  $\mu_{\text{Turun}}[75] = \frac{100 - x}{75} = \frac{100 - 75}{75} = \frac{25}{75} = 0,33$

b.  $\mu_{\text{Naik}}[75] = \frac{x - 25}{75} = \frac{75 - 25}{75} = \frac{50}{75} = 0,6$

1. Besar Daya Gilingan; terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu : LAMA dan CEPAT



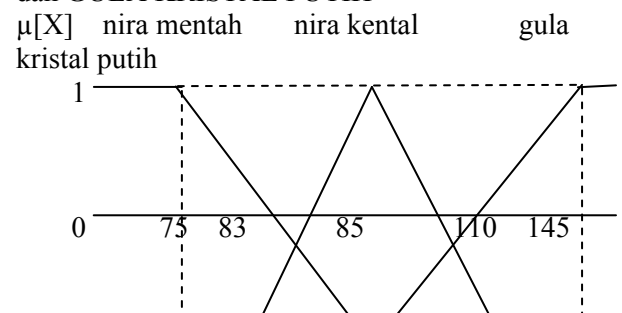
Gambar 4.12 Fungsi keanggotaan variable Besar Daya Gilingan

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{bdgLAMA}}[x] &= \begin{cases} 1; & x \leq 500 \\ (2000 - x) / 1500; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 0; & x \geq 2000 \end{cases} \\
 \mu_{\text{bdgCEPAT}}[x] &= \begin{cases} 0; & x \leq 500 \\ (x - 500) / 1500; & 500 \leq x \leq 2000 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}
 \end{aligned}$$

a.  $\mu_{\text{bdgLAMA}}[1400] = \frac{2000 - x}{1500} = \frac{2000 - 1400}{1500} = \frac{600}{1500} = 0,4$

b.a.  $\mu_{\text{bdgLAMA}}[1400] = \frac{x - 500}{1500} = \frac{1400 - 500}{1500} = \frac{900}{1500} = 0,6$

2. Hasil Pengolahan; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : NIRA MENTAH, NIRA KENTAL dan GULA KRISTAL PUTIH



Gambar 4.13 Fungsi keanggotaan var. Hsl Pengolahan

$$\mu_{bdgLAMA}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 75 \\ (145 - x) / 70 & 75 \leq x \leq 145 \\ 0 & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{bdgCEPAT}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 75 \\ (x - 75) / 70 & 75 \leq x \leq 145 \\ 1 & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{bdgCEPAT}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 75 \\ (145 - x) / 70 & 75 \leq x \leq 145 \\ 0 & x \geq 145 \end{cases}$$

Mencari nilai Z untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya :

[R1] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan LAMA Then Kurang Bagus  
 $\alpha\text{-predikat}_1 = \mu_{tuTURUN} \wedge \mu_{bdgLAMA}$   
 $= \min(\mu_{tuTURUN}(75), \mu_{bdgLAMA}(1400))$   
 $= \min(0,33 ; 0,4) = 0,33$   
 $z = (145 - z) / 100 = 0,33z_1 = 112 \rightarrow$

[R2] IF tekanan uap TURUN And besar daya gilingan CEPAT Then Kurang Bagus  
 $\alpha\text{-predikat}_2 = \mu_{tuTURUN} \wedge \mu_{bdgCEPAT}$   
 $= \min(\mu_{tuTURUN}(75), \mu_{bdgCEPAT}(1400))$   
 $= \min(0,33 ; 0,6) = 0,33$   
 $z = (145 - z) / 100 = 0,33z_2 = 112 \rightarrow$

[R3] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan LAMA Then Sedang  
 $\alpha\text{-predikat}_3 = \mu_{tuNAIK} \wedge \mu_{bdgLAMA}$   
 $= \min(\mu_{tuNAIK}(75), \mu_{bdgLAMA}(1400))$   
 $= \min(0,6 ; 0,4) = 0,4$   
 $z = (z - 75) / 100 = 0,4z_3 = 115 \rightarrow$

[R4] IF tekanan uap NAIK And besar daya gilingan CEPAT Then Bagus  
 $\alpha\text{-predikat}_4 = \mu_{tuNAIK} \wedge \mu_{bdgCEPAT}$   
 $= \min(\mu_{tuNAIK}(75), \mu_{bdgCEPAT}(1400))$   
 $= \min(0,6 ; 0,6) = 0,6$

$$z = (z - 75) / 100 = 0,6z_4 = 135 \rightarrow$$

Menghitung nilai Z, yaitu :

$$z = \frac{(\alpha\text{-pred}_1 * z_1 + \alpha\text{-pred}_2 * z_2 + \alpha\text{-pred}_3 * z_3 + \alpha\text{-pred}_4 * z_4)}{(\alpha\text{-pred}_1 + \alpha\text{-pred}_2 + \alpha\text{-pred}_3 + \alpha\text{-pred}_4)}$$

$$= \frac{(0,33 * 112 + 0,33 * 112 + 0,4 * 115 + 0,6 * 135)}{(0,33 + 0,33 + 0,4 + 0,6)}$$

$$= \frac{200,92}{1,66}$$

$$= 121,0$$

Hasil  $z = 121,0$  menunjukkan GULA KRISTAL PUTIH (GKP).

Hasil ujicoba sistem 3



## 2. Pengujian Data

Pengujian data dengan logika fuzzy terhadap analisis pengolahan tebu menjadi gula untuk menghasilkan sistem *quality control* yang baik. Pengujian data ini sangatlah penting, sehingga akan diketahui kelayakan dari sistem *quality control* tersebut, di PTPN – II Pabrik Gula Kwala Madu sebelum menjadi Gula Kristal Putih dilakukan 3 pengolahan yaitu Nira Mentah, Nira Kental, dan kemudian menjadi Gula dapat dilihat seperti table dibawah:

**Table 4.2 Hasil pengujian sistem secara teori dan simulasi**

| No | Hasil Pengolahan   | Input       |                     | Output |              | Ket           |
|----|--------------------|-------------|---------------------|--------|--------------|---------------|
|    |                    | Tekanan Uap | Besar Daya Gilingan | Teori  | Logika Fuzzy |               |
| 1. | Nira Mentah        | 54          | 520                 | 80,1   | 78,7         | Tidak Berbeda |
| 2. | Nira Kental        | 80          | 1200                | 98,0   | 96,5         | Tidak Berbeda |
| 3. | Gula Kristal Putih | 75          | 1400                | 121,2  | 121,0        | Tidak Berbeda |

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Eddy sapto Harianto (2014). *Jurnal Peningkatan mutu produk gula Kristal Putih melalui teknologi defekasi remelt karbonisasi*
- [2]. Rosmieka, lilik sutiarso dkk, pengkajian daur hidup ampas tebu di pabrik gula madukismo Yogyakarta menggunakan metode life assessment (LCA).
- [3]. Novi Prasetya (2016) *Pengelolaan gula tebu menjadi gula merah*
- [4]. Paisal Ansiska (2014) *Pembuatan nira aren sebagai pembuatan gula putih Kristal*

- [5]. Darwin Philips. 2013. *Menikmati Gula Tanpa Rasa Takut*. Perpustakaan Nasional: Sinar Ilmu.
- [6]. Menurut Muqiah (2013) Peningkatan mutu produk gula putih Kristal melalui teknologi Defekasi
- [7]. Fadimas Pursudarsono dkk (2015) Pengaruh imbalanced garam dan gula terhadap kualitas terhadap paru-paru sapi
- [8]. Kurniawan dkk (2009) Listrik Sebagai Ko-Produk Potensial Pabrik Gula. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol 28 (1),
- [9]. Heru Dibyo Laksono dkk Penggunaan logika fuzzy clustering untuk peramalan kebutuhan energi listrik jangka panjang di provinsi Sumatera Barat *Jurnal teknologi informasi & pendidikan* ISSN :2086 Vol.6.1 Maret 2013
- [10]. Kusumadewi, Sri. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- [11]. Sutojo, T, Mulyanto, E & Suhartono, V 2011, *Kecerdasan Buatan*, Andi Offset, Yogyakarta