

# ANALISA FAKTOR KUALITAS BENANG DTY PADA UNIT PRODUKSI POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL

Emmanuel Agung Nugroho, Afzeri, R. Jamal Muhammad Rojali, Leandra Hartanto, Safitri  
Indriani

Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta

Email : [lekaqung@yahoo.com](mailto:lekaqung@yahoo.com)

## Abstrak

DTY (Draw Textured Yarn) atau benang bertekstur merupakan salah satu hasil produksi dari Vocational Training Center politeknik Enjineri Indorama sebagai mitra Perguruan tinggi PT Indorama Synthetics Tbk. DTY merupakan proses lanjut yang berasal dari POY (Partially Oriented Yarn). Proses pembuatan benang texturized dilakukan melalui metode pemuntiran atau twist dan penarikan dengan perbandingan putaran positorq dari rol pertama dengan rol kedua yang biasa dikenal dengan draw ratio, melalui pemanasan pada Primary heater dan secondary heater dengan suhu tertentu. Faktor Kualitas DTY di klasifikasikan dalam beberapa grade yaitu WE (4700 gr – 5150 gr), WA (1000 gr – 4699 gr), B (500 gr – 999 gr), C (250 gr- 499 gr) faktor penyebab perbedaan berat benang tersebut dipengaruhi oleh kestabilan kecepatan mesin, temperature benang saat proses twist dan draw ratio. Dengan menggunakan Analisa Fuzzy logic control dapat diprediksikan hasil kualitas benang DTY melalui pemodelan parameter factor-faktor pendukung proses produksi benang tersebut.

**Kata kunci:** Draw Textured Yarn, Partially Oriented Yarn, Draw Ratio, Heater Primer, Heater Sekunder, Kecepatan mesin, Fuzzy Logic Control

## Abstract

DTY (Draw Textured Yarn) or textured yarn is one of the products of the Vocational training Center of the Indorama Engineering Polytechnic as a partner of PT Indorama Synthetics Tbk. DTY is an advanced process that comes from POY (Partially Oriented Yarn). The process of making texturized yarn is carried out through the twist and draw method with a positive rotation ratio of the first roller to the second roller which is commonly known as the draw ratio, through heating the Primary heater and secondary heater to a certain temperature. The DTY quality factor is classified into several grades, namely WE (4700 gr – 5150 gr), WA (1000 gr – 4699 gr), B (500 gr – 999 gr), C (250 gr – 499 gr) the factor causing the difference in yarn weight. influenced by the stability of the machine speed, yarn temperature during the twist process and draw ratio. By using Fuzzy logic control analysis, the results of DTY yarn quality can be predicted by modeling the parameters of the factors supporting the yarn production process.

**Keywords:** Draw Textured Yarn, Partially Oriented Yarn, Draw Ratio, Primer Heater, Seconder Heater, Kecepatan mesin, Fuzzy Logic Control

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Proses Produksi Benang

Proses pembuatan benang polyster terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama adalah lantai produksi Purified Terephthalis Acid (PTA) yang menghasilkan ouput berupa chip yang akan digunakan sebagai input pada bagian produksi Pre Oriented Yarn (POY) yang merupakan bagian kedua.

---

Makalah dikirim 1 Maret 2022; Revisi 19 Maret 2022; Diterima 2 April 2022

---

Analisa Faktor Kualitas Benang DTY pada Unit Produksi Politeknik Enjineri Indorama Menggunakan Fuzzy Logic Control,  
Emmanuel Agung Nugroho, Afzeri, R. Jamal Muhammad Rojali, Leandra Hartanto, Safitri Indriani

Output yang dihasilkan dari proses polimerisasi di bagian POY berupa benang setengah jadi yang merupakan bahan baku dalam proses produksi barang jadi berupa benang *Draw Twistered Yarn* (DTY).

Benang *Polyester* DTY adalah benang yang diproses melalui *Twisted* dan *Drawing* secara simultan. Benang DTY terutama digunakan dalam proses tenun & proses rajut. Kain tersebut digunakan untuk membuat pakaian, sarung jok, tas dan masih banyak kegunaan lainnya. Benang DTY ini adalah benang bertekstur yang digunakan secara luas dalam industri tekstil. DTY tersedia dalam spesifikasi yang berbeda seperti *Non Intermingled*, *Semi Intermingled*, *Soft intermingle*, dsb. Benang bertekstur biasanya dipakai untuk pakan / *Filling Yarn*, karena teksturnya yang keriting memungkinkan benang ini mudah dibawa oleh semburan angin/ air jet, sehingga pemakaian angin lebih hemat dibanding benang yang tidak bertekstur/ *flat filament*.

Proses pembuatan benang texturized prinsipnya adalah benang POY di lakukan penarikan dengan perbandingan tarikan dari rol pertama dengan rol ke dua yang biasa dikenal dengan draw ratio, melalui proses pemanasan pada heater dengan suhu tertentu pada titik optimum, Sesuai dengan namanya sifat benang tersebut merupakan hasil pemuntiran yang dikenal dengan istilah twist, adapun metode twist ada yang searah jarum jam dan ada yang berlawanan dengan jarum jam, dengan proses tersebut maka benang POY terkristalisasi sehingga memiliki tekstur yang lebih lembut.

Dalam proses pembuatan benang texturized bisa dilakukan modifikasi jenis benang, diantaranya benang Rotoset, benang soft package, benang non Rotoset, benang single, benang double, bamboo yarn bahkan bisa dikombinasi dengan POY yang belum terkristalisasi.

## 1.2. Proses Produksi DTY

Drawn Textured Yarn (DTY) adalah benang bertekstur yang digunakan secara luas dalam industri tekstil. DTY tersedia dalam spesifikasi yang berbeda seperti *Non Intermingled*, *Semi Intermingled*, *Soft intermingle*, dsb. Benang bertekstur biasanya dipakai untuk pakan / *Filling Yarn*, karena teksturnya yang keriting memungkinkan benang ini mudah dibawa oleh semburan angin/ air jet, sehingga pemakaian angin lebih hemat dibanding benang yang tidak bertekstur / *flat filament* [1]-[3].

Proses pembuatan DTY (Gambar 1) terdiri dari 4 proses yaitu:

### a. Penarikan (*Drafting*)

Dalam proses ini *spun yarn* (POY) akan mengalami penarikan sehingga sifat & diameter serta panjang dari POY atau material yang diproses di mesin teksturising akan mengalami perubahan dan hal ini tergantung dari berapa besar penarikan yang dialami oleh material tersebut.

### b. Pemanasan (*Heating*)

Terdapat dua bagian pemanasan pada proses Tekturising yaitu Pemanasan pertama (*Primary Heater* = H1) dan Pemanasan kedua (*Secondary Heater* = H2).

Pada proses H1, *spun yarn* (POY) yang masih bersifat mentah akan mengalami pemanasan sehingga berubah mengembang (*Crimp & Crinkle*) pada *filament*-nya. Pemanasan pada proses teksturising ini juga sangat mempengaruhi daya serap benang pada zat warna saat dicelup (*dye ability*) karena berubahnya kristal polimer didalam serat pada *filament* tersebut. Sedangkan pemanasan kedua (*Secondary Heater*) pada proses teksturising merupakan penstabil setelah benang mengalami proses penarikan & pemuntiran pada proses *Double Heater*.

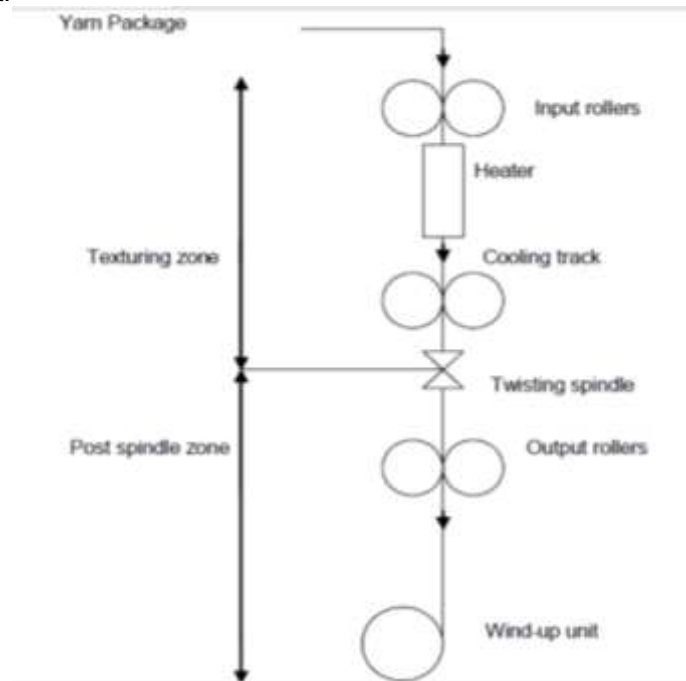
### c. Pemuntiran (*Twisting*)

Didalam proses teksturising dilakukan proses *twisting*, pada *twisting* ini benang akan mendapatkan efek tekstur & *crimp* sehingga proses *twisting* ini penting. Proses *twisting* dapat dilakukan dengan 4 cara:

- *Friction twist* : Alatnya biasa disebut *Positorq*.
- *Nip twist* : Alatnya biasa disebut *Belt twist*.
- *Pin twist* : Alatnya biasa disebut *Spindle*.
- *Ring twist* : Alatnya biasa disebut Piringan/*Disk*.

d. Penggulungan (*Winding*)

Proses terakhir pada pembuatan benang teksturing adalah penggulungan (*winding*). *Winding* ini sangat berpengaruh pada hasil bentuk gulungan & proses *Unwinding* (proses lanjut) dari DTY tersebut. Sehingga proses ini mempengaruhi kualitas DTY tersebut.



Gambar 1. Diagram alir Proses DTY.

### 1.3. Fuzzy Logic Control

Fuzzy logic control adalah suatu sistem pengendalian yang memetakan kelompok logika input menjadi suatu nilai pada bagian output. Logika fuzzy diperoleh dari suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang mengelompokkan derajat keanggotaan himpunan fuzzy dan aturan fuzzy [4]. Tahap pengambilan keputusan logika Fuzzy terdiri dari :

1. Fuzzifikasi  
Adalah proses memetakan nilai-nilai besaran input kedalam kelompok anggota himpunan fuzzy.
2. Rule Base  
Fuzzy rule base berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy (fuzzy statement), yang berbentuk pernyataan IF-THEN. Proses ini menghitung derajat kebenaran dari sekumpulan predikat fuzzy dengan konektor berupa AND, OR, atau NOT [5].
3. Fuzzy inference engine  
Fuzzy inference engine menerjemahkan pernyataan-pernyataan fuzzy dalam rule base menjadi perhitungan matematika (fuzzy combinational). Terdapat beberapa metode inference engine, yaitu
  - a. Implikasi.  
Yaitu proses untuk mendapatkan hasil atau nilai (linguistik maupun kuantitatif) predikat konsekuen dari antesenden yang diberikan. Metode yang digunakan pada makalah ini adalah metode Mamdani.
  - b. Agregasi.  
Sering terjadi kasus di mana terdiri lebih dari satu rule. Artinya hasil dari Implikasi bernilai lebih dari satu. Oleh karena itu perlu mengkombinasikan semua nilai hasil tersebut menjadi satu fuzzy set yang tunggal. Metode agregasi yang digunakan di sini adalah metode max atau OR [6].

#### 4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi mengembalikan hasil perhitungan fuzzy (himpunan fuzzy) menjadi variable sesuai rentangnya di dunia nyata. Sama dengan fuzzifier, defuzzifier juga menggunakan membership function untuk memetakan nilai himpunan fuzzy menjadi variable nyata. Proses ini untuk memberikan informasi tegas /crisp dari suatu proses fuzzifikasi sehingga dapat dieksekusi oleh program [6].

## 2. METODE PENELITIAN

Hal-hal yang mempengaruhi hasil produksi benang DTY:

- a. Speed Machine Speed Machine (Kecepatan Mesin)  
adalah kemampuan kerja mesin sesuai dengan parameter yang diberikan.
- b. Temperatur Heater 1  
Temperatur Heater 1 merupakan pengatur suhu untuk memanaskan benang dengan suhu  $186^{\circ}\text{C}$ . Jika suhu terlalu panas maka benang akan meleleh, dan jika suhu terlalu dingin maka benang tidak akan panas sehingga benang akan gagal di produksi.
- c. Temperatur Heater 2  
Temperatur Heater 2 merupakan pengatur suhu untuk mematangkan benang dengan suhu  $160^{\circ}\text{C}$ . Suhu pada Heater 2 ini tidak boleh terlalu besar atau terlalu kecil agar warna benang tidak gelap dan tidak terlalu putih. Jika suhunya terlalu besar maka benang akan meleleh, dan jika suhunya terlalu kecil maka benang tidak akan matang.
- d. Draw Ratio  
Draw Ratio merupakan putaran positor untuk menggerakkan mesin. Draw ratio berfungsi untuk menarik benang yang akan dibuat dari material (POY) yang akan diproses.
- e. Denier  
Satu Denier merupakan Berat 1 gram benang sepanjang 9000 meter. Untuk benang DTY yang diproduksi di Vocational training center PEI, denier yang digunakan yaitu 75 atau 150 denier (tergantung dari denier bahan baku/POY).
- f. Broken Filamen  
Broken Filamen/Benang Filamen Rusak merupakan kesalahan yang terjadi saat input pada speed machine yang dimasukkan tidak sesuai, sehingga menyebabkan benang menjadi berbulu karena tarikan yang tidak sesuai. Broken Filamen tidak dapat diketahui berapa parameternya karena tergantung pada keadaan mesin [7].

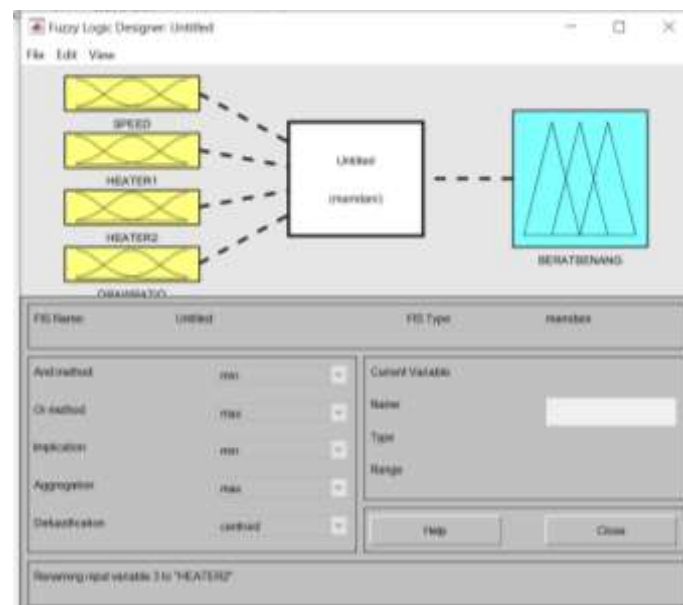
Dalam Penelitian ini diambil 4 Variable input yang mempengaruhi hasil produksi benang yaitu kecepatan mesin, temperature heater 1, temperature heater 2 dan draw ratio. Untuk parameter output menyesuaikan kemampuan produksi mesin DTY di Vocational Training Center PEI yang mampu menghasilkan benang dengan second standard. standard berat benang terdiri dari 4 parameter yaitu:

WE	( 4700 - 5150 )
WA	( 1000 - 4699 )
B	( 500 - 999 )
C	( 250 - 499 )

Dengan empat variable input dan sebuah variable output dengan empat parameter output ini maka dapat dibuat Fuzzy Logic Editor seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut ini.

Dengan 4 variable input dan sebuah variable output seperti pada Gambar 2 maka dapat dibuat parameter fuzzy dari masing-masing variable tersebut sebagai berikut :

- a. Speed Machine → batas kecepatan [0 1000]  
Parameter : SMLow [0 100 400]  
SMMed [200 500 800]  
SMHigh [600 900 1000]
- b. Second Heater → Batas suhu [0 320]  
Parameter : SHLow [0 128]  
SHMed [60 160 260]  
SHHigh [192 320]



Gambar 2. Fuzzy Logic Designer analisa kualitas benang DTY

- c. Primer Heater → Batas Suhu [0 372]  
 Parameter : SHLow [0 150]  
               SHMed [50 175 300]  
               SHHigh [200 350 375]
- d. Draw Ratio → Batas Ratio [0 3500]  
 Parameter : DRSlow [0 100 500]  
               DRMed [150 500 850]  
               DRHigh [500 900 1500]
- e. OUTPUT → batas berat benang [250 5150]  
 Parameter : C [1 500 1000]  
               B [500 1000 1500]  
               WA [1000 2000 3700 4700]  
               WE [3700 4700 5500]

Dari data parameter pada variable input dan output maka dapat dibuat *fuzzy logic rule* sebagai yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Berdasar parameter input dan output pada Tabel 1 dibuat sistem *And Connection*, sehingga hasil keluaran hanya akan diperoleh jika semua ketentuan pada parameter input dipenuhi. Terdapat 27 aturan dari 4 parameter *variable linguistic* dan dengan 1 variable linguistic yang memiliki 4 parameter output. Dari 27 aturan fuzzy ini dapat diklasifikasikan :

Kualitas WE : 2 kondisi  
 Kualitas WA : 9 kondisi  
 Kualitas B : 11 kondisi  
 Kualitas C : 5 kondisi

**Tabel 1.** Pengaturan Parameter input penentu kualitas benang DTY.

NO	INPUT			OUTPUT	
	SPEED MACINE	PRIMER HEATER	SEKUNDER HEATER	DRAW RATIO	BERAT BENANG
1	SLOW	LOW	LOW	LOW	C
2	MED	LOW	LOW	MED	B
3	HIGH	LOW	LOW	HIGH	B
4	SLOW	LOW	MED	LOW	B
5	MED	LOW	MED	MED	WA
6	HIGH	LOW	MED	HIGH	WA
7	SLOW	LOW	HIGH	LOW	C
8	MED	LOW	HIGH	MED	B
9	HIGH	LOW	HIGH	HIGH	C
10	SLOW	MED	LOW	LOW	B
11	MED	MED	LOW	MED	WA
12	HIGH	MED	LOW	HIGH	WA
13	SLOW	MED	MED	LOW	WA
14	MED	MED	MED	MED	WE
15	HIGH	MED	MED	HIGH	WE
16	SLOW	MED	HIGH	LOW	B
17	MED	MED	HIGH	MED	WA
18	HIGH	MED	HIGH	HIGH	WA
19	SLOW	HIGH	LOW	LOW	C
20	MED	HIGH	LOW	MED	B
21	HIGH	HIGH	LOW	HIGH	B
22	SLOW	HIGH	MED	LOW	B
23	MED	HIGH	MED	MED	WA
24	HIGH	HIGH	MED	HIGH	WA
25	SLOW	HIGH	HIGH	LOW	C
26	MED	HIGH	HIGH	MED	B
27	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	B

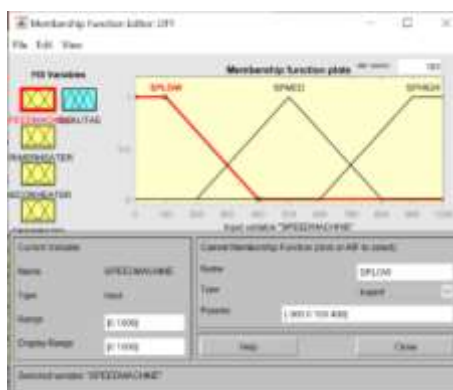
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fuzzifikasi dilakukan dengan metode Mamdani, sedangkan pada proses *membership function plot* menggunakan type *trapmf* dan *trimf* menyesuaikan kebutuhan data awal yang diperoleh berdasarkan pengamatan supervisor dan engineer yang bertanggungjawab pada unit produksi benang DTY tersebut. Berikut adalah membership function dari setiap variable yang digunakan dalam proses analisa system ini:

#### A. Variable Membership Function Speed Machine

Nilai linguistic yang digunakan dalam variable Speed machine adalah SPLOW, SPMED dan SPHIGH. Pada SPLOW menggunakan type grafik *trapmf* dengan batas logika 1 (satu) pada kecepatan 100 rpm dan berangsur mengalami penurunan derajat keanggotaan SPLOW hingga 400 rpm. Pada nilai linguistic SPMED menggunakan grafik type *trimf* dengan derajat keanggotaan naik dimulai dari kecepatan 200 rpm dengan puncak kecepatan SPMED pada 500 rpm dan derajat

kenggotaan turun hingga batas 800 rpm. Pada nilai linguistic SPHIGH menggunakan grafik type *trapmf* dengan derajat kenggotaan naik mulai 600 rpm dengan logika 1 mulai pada nilai 900 rpm keatas. Membership function pada variable SPEEDMACHINE ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Variable input SPEEDMACHINE.

B. Membership function Variable heater

Heating temperature pada proses pembuatan benang DTY terdiri dari 2 bagian yaitu Primary heater dan secondary heater. *Primary heater* berfungsi untuk mengembangkan struktur POY yang flat, solid dengan sifat elongation yang cukup tinggi. Dengan pengaturan yang baik pada primary heater mengoptimalkan proses *stretching* dan *twisting* yang menyebabkan penguapan *finish oil* sehingga benang menjadi semakin matang. Sedangkan secondary heater berfungsi sebagai penstabil tekstur benang setelah benang keluar dari positorq [7]. Pengaturan membership function pada primary heater dan secondary heater pada fuzzy mamdani sebagai yang diperlihatkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Membership Function primary dan secondary heater.



### C. Membership function Variable Draw Rasio

Draw ratio merupakan variabel kedua yang sangat mempengaruhi mutu DTY (*denier, tenacity, breaking elongation, dan variabel respon lainnya*). Draw ratio (S) didefinisikan sebagai perbandingan antara take-up velocity (VL) dalam satuan mpm (meter per minutes) dengan extrusion velocity (Vo) dalam satuan mpm (meter per minutes) [8].

Draw ratio bisa dihitung dengan persamaan 1 berikut:

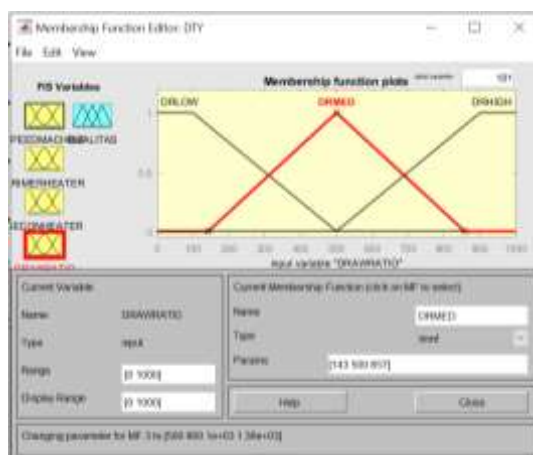
$$S = V_L/V_o \quad (1)$$

Perbandingan kecepatan take up Velocity dan Extrusion velocity ditunjukkan pada Tabel 2 berikut di bawah ini.

**Tabel 2.** Draw Ratio proses produksi benang DTY.

Faktor	Level			
	I	II	III	IV
VL (mpm)	450	450	450	450
Vo (mpm)	554	584	630	700
Draw Ratio	1 : 1,23	1: 1,30	1:1,40	1: 1,55

Desain Membership function Draw Ratio dengan menggunakan fuzzy mamdani ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.

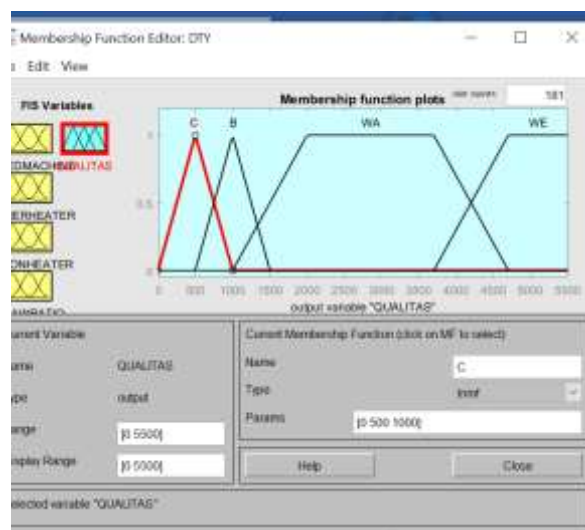


**Gambar 5.** Membership Function kecepatan Draw Ratio.

### D. Membership Function produk hasil DTY

Dengan and rule model pada aturan fuzzy untuk proses produksi benang DTY ini maka dapat dirancang membership function produk hasil DTY berdasarkan range kriteria ukuran berat benang seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

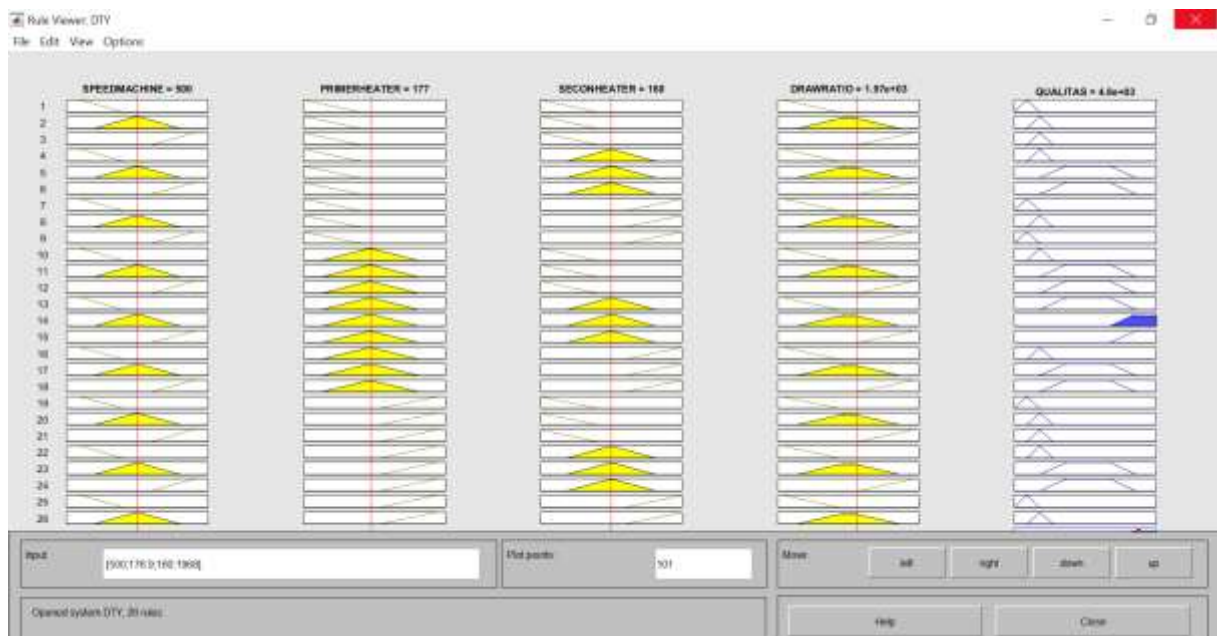




**Gambar 6.** Membership Function kualitas produk DTY.

#### E. Defuzzifikasi.

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dari suatu proses fuzzifikasi, yang hasilnya berupa nilai tegas dari keseluruhan proses fuzzy. Nilai tegas yang dimaksudkan adalah angka kuantitatif yang diperoleh dari *and rule method* dari kecepatan mesin, primary heater dan secondary heater serta Draw Ratio sehingga menghasilkan berat benang berteksture sesuai grade kualitas yang sudah ditetapkan pada membership function kualitas hasil produk. Defuzzifikasi proses produksi DTY ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Defuzzifikasi hasil produksi DTY mini industri PEI.

#### 4. KESIMPULAN

1. Speed machine tidak mempengaruhi kualitas benang melainkan berpengaruh terhadap jumlah produksi DTY per satuan waktu. Apabila speed machine kecepatannya lambat maka waktu pengoperasionalannya (time doffing) akan lama sedangkan apabila speed machine kecepatannya pada batas maksimal maka time doffing akan cepat.
2. Data pengujian menunjukkan bahwa bila temperature seconder heater dan primer heater menunjukkan nilai medium atau berada di sekitar  $160^{\circ}$  dan  $175^{\circ}$  maka kualitas benang menghasilkan berat WA dan WE.
3. Draw Ratio menjadi faktor penentu kualitas benang DTY berikutnya, dengan analisa fuzzy Nampak bahwa dengan Draw Ratio rendah menunjukkan hasil kualitas DTY rendah, sedangkan draw ratio sedang dan tinggi berdampak terhadap kualitas DTY sedang dan tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Otong Iman Solihin, 2019, Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Yarn Break Di Bagian DTY Dengan Metoda Six-Sigma, Jurnal Tesis, Universitas Pasundan, Bandung.
- [2] Iwan Nugraha Gusniar, 2014, Analisa Pengaruh Proses Pemanasan Dan Penarikan Menggunakan Mesin Rieter Scragg Sds 1200 Terhadap Kekuatan Benang Dty 150d/48f, Jurnal Ilmiah Solusi Vol. 1 No. 2 April-Juni 2014: 45-55, Universitas Singa Perbangsa, Karawang.
- [3] Lithrone Laricha Salomon, Wilson Kosasih, dan Lilyana Jap, Peningkatan Kualitas Benang Dty Single 150d/48f Pada Mesin Cone Wender Menggunakan Metode Six Sigma Dan Factorial Design Di Pt. Gemilang Texindotama, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- [4] Emmanuel Agung Nugroho, Sistem Pengendali Lampu Lalu lintas Berbasis Logika Fuzzy, Jurnal SIMETRIS, Vol 8 No 1 April 2017, Universitas Muria Kudus.
- [5] Ridwan Gunawan, Penggunaan Logika Fuzzy Pada kendali Kecepatan Putar motor Induksi Tiga-Phasa Fraksional dengan Mikrokontroler AT89S52, Jurnal Teknologi Edisi Khusus nomor 2, Agustus 2005, Universitas Indonesia.
- [6] Peter Christianto., Darjat., Iwan Setiawan., Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Adaptive Fuzzy Logic Controller Metode Tuning Output, Jurnal Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [7] Randitya Teri, Pra Rancangan Pabrik Drawn Textured Yarn (Dty) 100d/96f Menggunakan Single Heater Kapasitas 9.000 Ton/Tahun, Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, 2018
- [8] Aris Budianto, Sukarman, Stefanus Bambang Jumawan, Amri Abdulah, Jatira, Optimasi Respon Tunggal Pada Proses Texturing Benang Dty-150d/96f Menggunakan Metode Taguchi, Arena Tekstil Vol. 35 No. 2, 2020 : 77-86, Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Jl. Cikopak No. 53 Sadang, Purwakarta.