

# MENENTUKAN SUHU OPERASI MESIN *DRYER* DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK MENGURANGI JUMLAH BENANG BASAH PADA DIVISI *YARN DYING* DI PT MULIA KNITTING FACTORY

*(Determining The Dryer Operating Temperature with Taguchi Method to Reduce The Amount of Wet Yarn at The Yarn Dying Division of PT Mulia Knitting Factory)*

Meriastuti Ginting\*, Felix Surya Wijaya\*\*

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Industri  
Universitas Kristen Krida Wacana - Jakarta  
\*meriastuti.ginting@ukrida.ac.id, \*\*felix\_sw@yahoo.co.id

## Abstrak

PT Mulia Knitting Factory (PT KMF) adalah industri tekstil yang menghasilkan gulungan kain untuk pembuatan pakaian, selain pakaian sebagai produk utamanya. Terdapat dua jenis gulungan kain yang dihasilkan, yaitu gulungan kain polos dan gulungan kain bermotif. Ditemukan bahwa setelah proses pengeringan, masih terdapat gulungan kain basah. Hal ini terjadi karena operator tidak mendapatkan pelatihan, mesin pengering yang sudah tua, tingkat penyerapan bahan yang berbeda, dan suhu yang tidak tepat. PT MKF ingin menurunkan gulungan kain basah setelah proses pengeringan dengan meningkatkan kinerja mesin sehingga potensi kerugian dapat diminimalkan. Oleh karena itu, metode Taguchi digunakan untuk menentukan temperatur proses yang harus digunakan dalam proses pengeringan. Metode Taguchi memberikan temperatur dalam 100°C dan temperatur luar 96°C untuk benang putih, suhu dalam 103°C dan suhu luar 98°C untuk benang berwarna terang, dan suhu dalam 108°C dan suhu luar 103°C untuk benang berwarna gelap. Dengan menggunakan pengaturan suhu yang diperoleh menyebabkan jumlah benang basah menurun. Benang putih mengalami penurunan dari 20,2 *chees* hingga 10,999 *chees*, benang berwarna terang menurun dari 12 *chees* sampai 6,999 *chees*, dan benang berwarna gelap dari 25 *chees* hingga 10,833 *chees*.

**Kata kunci:** peningkatan, Metode Taguchi, suhu proses, desain eksperimen

## Abstract

*PT Mulia Knitting Factory (PT KMF) is a textile industry that produces cloth rolls for the manufacture of clothing in addition to underwear as its main product. There are two kinds of cloth rolls produced: plain cloth rolls and patterned cloth rolls. After the drying process, wet cloth rolls were still found. The operator's lack of training, the old drying machine, the different absorption level of materials, and the inappropriate temperature were estimated to be the causes. PT MKF wanted to decrease the wet cloth rolls after the drying process by improving the machine performance so that potential losses can be minimized. The Taguchi method is therefore applied to determine the process temperature to be used in the drying process. Taguchi method resulted in 100°C internal temperature and 96°C external temperature for white yarn, 103°C internal temperature and 98°C external temperature for light colored yarn, and 108°C internal temperature and 103°C external temperature for dark colored yarn. Using the obtained temperature settings had decreased the numbers of wet yarns. The white yarn decreased from 20.2 *chees* to 10.999 *chees*, the light colored yarn decreased from 12 *chees* to 6.999 *chees*, and the dark colored yarn from 25 *chees* to 10.833 *chees*.*

**Keywords:** *improvement, Taguchi Method, process temperature, desain of experiment*

**Tanggal Terima Naskah : 23 Oktober 2012**  
**Tanggal Persetujuan Naskah : 09 November 2012**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Persaingan yang semakin ketat menyebabkan pabrik - pabrik yang ada dituntut untuk menghasilkan produk yang berkualitas termasuk PT Mulia Knitting Factory. Perusahaan ini bergerak dalam bidang industri pertekstilan dengan produk utama pakaian dalam serta kain gulungan polos dan bercorak untuk bahan baku pembuatan pakaian. Pembuatan kain gulungan bercorak menggunakan bahan dasar benang berwarna yang dihasilkan dari benang *grey* yang dicelupkan ke dalam pewarna kain. Dari setiap pengeringan yang dilakukan setelah proses pencelupan terhadap benang-benang, terdapat beberapa *chees* yang masih mengandung air di dalamnya. Untuk memperoleh kain gulungan bercorak yang berkualitas tinggi maka benang yang digunakan juga haruslah berkualitas tinggi. Jika pembuatan kain bercorak menggunakan benang yang masih basah maka kain yang dihasilkan cacat. Metode Taguchi dapat digunakan untuk menentukan suhu proses pada mesin *dryer* sehingga jumlah benang basah dapat diminimalisasi.

### **1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Faktor apakah yang menyebabkan benang masih basah setelah proses pengeringan?
- 2) Berapakah suhu proses pada mesin *dryer* untuk meminimalisasi jumlah benang basah setelah proses pengeringan?

### **1.3 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini:

- 1) Penelitian dilakukan pada mesin *dryer* benang di divisi *yarn dying*.
- 2) Faktor yang digunakan adalah suhu *in* dan *out*.
- 3) *Level* yang digunakan sebanyak dua *level* karena suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan benang hangus dan tidak bisa dipakai.
- 4) Periode penelitian adalah November 2011 – Desember 2011.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1) Mengidentifikasi faktor penyebab benang masih basah setelah proses pengeringan.
- 2) Menentukan suhu proses pada mesin *dryer* untuk meminimalisasi jumlah benang basah setelah proses pengeringan.

## **2 KONSEP KUALITAS**

### **2.1 Pengertian Kualitas**

Terdapat banyak definisi mengenai kualitas. Beberapa ahli mengemukakan tentang apa yang dimaksud dengan kualitas sebagai berikut:

- 1) Juran: "Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya".

- 2) Crosby: "Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, realibility, maintainability*, dan *cost effectiveness*".
- 3) Feigenbaum: "Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintenance*, dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan [1]".
- 4) Vincent Gaspersz: "Kualitas sebagai segala sesuatu yang dapat memuaskan pelanggan atau sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan pelanggan. Selain itu, didefinisikan juga bahwa kualitas sebagai konsistensi peningkatan dan penurunan variasi karakteristik produk, agar dapat memenuhi spesifikasi dan kebutuhan, guna meningkatkan kepuasan pelanggan internal maupun eksternal [2]".

Dari pengertian-pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas adalah keseluruhan karakteristik dari produk atau jasa yang membentuk standar atau patokan yang mampu memenuhi kebutuhan pelanggan dan meningkatkan kepuasannya.

## 2.2 Metode Taguchi

### 2.2.1 Pengertian

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode ini dikenal juga dengan sebutan *robust design* (perancangan kokoh) karena Taguchi berusaha untuk menjadikan produk atau proses menjadi kokoh terhadap faktor gangguan (*noise factor*) [3]. Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah dengan merancang kualitas ke dalam produk, yang dimulai sejak tahap desain produk. Menurut Ross, Kualitas yang rendah tidak dapat diperbaiki dengan proses pemeriksaan (*inspection*) dan penyaringan (*screening*). Masalah pengendalian kualitas modern tidak lagi didominasi oleh aktifitas-aktifitas pengendalian proses dan inspeksi, tetapi sudah harus dimulai pada tahap yang lebih awal, yaitu tahap desain produk [4].

### 2.2.2 Tahapan - Tahapan Metode Taguchi

Pada umumnya metode Taguchi terdiri atas tiga tahap utama, yaitu:

- 1) Tahap Perencanaan Eksperimen  
Merupakan tahap terpenting dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a) Perumusan masalah  
Perumusan masalah harus jelas secara teknis dan harus dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.
  - b) Tujuan eksperimen  
Tujuan yang melandasi eksperimen harus sesuai dengan apa yang dinyatakan dalam perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat masalah yang diamati.
  - c) Penentuan variabel tak bebas  
Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain (variabel respon).
  - d) Identifikasi faktor - faktor (variabel bebas)  
Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Dalam mengidentifikasi faktor - faktor yang berpengaruh, terdapat beberapa metode, diantaranya *brainstorming, flowchart, fishbone diagram*.
  - e) Pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan  
Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode Taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab

pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dapat dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin diatur atau dikendalikan. Satu faktor kontrol dapat mempunyai lebih dari satu nilai yang disebut *level*. Faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak dapat diatur dan dikendalikan. Walaupun dapat dikendalikan, biayanya akan mahal. Faktor gangguan ini juga sulit diprediksi pengaruhnya terhadap variabel respon.

- f) Penentuan jumlah *level* dan nilai *level* faktor  
 Pemilihan jumlah *level* penting artinya karena berhubungan dengan ketelitian hasil eksperimen dan ongkos pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak *level* dalam satu faktor berarti semakin teliti hasil eksperimennya karena data yang diperoleh banyak. Namun banyaknya *level* ini akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menambah biaya eksperimen. Selain jumlah *level*, *range level* juga penting untuk diperhatikan. Jika *range level* terlalu pendek ataupun lebar, pengaruh faktor yang didapat tidak signifikan.

- g) Perhitungan Derajat Kebebasan  
 Derajat kebebasan dibagi menjadi dua, yaitu derajat kebebasan faktor dan derajat kebebasan interaksi.

- Derajat kebebasan faktor ( $V_{ff} = \text{jumlah level} - 1$ )
- Derajat kebebasan interaksi

Interaksi (A x B) = [jumlah *level* faktor A - 1] x [jumlah *level* faktor B - 1]

Kumulasi dari derajat kebebasan faktor dan interaksi yang dipakai akan membentuk derajat kebebasan faktor total. Selain kedua derajat kebebasan di atas, peneliti juga perlu menghitung derajat kebebasan dari Matriks *Orthogonal* ( $V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1)$ )

- h) Pemilihan matriks *orthogonal*  
 Matriks *orthogonal* adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor yang dapat dikendalikan dalam eksperimen sedangkan baris merupakan kombinasi *level* dari faktor dalam eksperimen.

Bentuk umum dari model matriks *orthogonal* adalah:

$$L_a (b^c) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- L = rancangan bujur sangkar latin
- a = banyak baris/eksperimen
- b = banyak *level*
- c = banyaknya kolom/faktor

Terdapat beberapa kelompok matriks *orthogonal* berdasarkan jumlah *level* yang dipakai dalam eksperimen.

- i) Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks *orthogonal*  
 Untuk memudahkan peletakan faktor dan interaksi pada kolom yang tersedia dalam matriks *orthogonal*, Taguchi menyatakan grafik linier dan tabel triangular untuk masing-masing matriks *orthogonal*. Grafik linear adalah serangkaian "titik" dan "garis" yang bersesuaian dengan kolom-kolom matriks *orthogonal* yang sesuai. Setiap grafik linear berhubungan dengan satu matriks *orthogonal*, tetapi suatu matriks *orthogonal* dapat diperoleh dari beberapa grafik linear. Grafik linear memberikan gambaran informasi faktor dan interaksi serta memudahkan untuk memasukkan faktor dan interaksi ke berbagai kolom dari matriks *orthogonal*.

## 2) Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan eksperimen diawali dengan penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

## a) Jumlah replikasi

Replikasi adalah suatu pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi dilakukan dengan tujuan:

- Menambah ketelitian data eksperimen.
- Mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen.
- Memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakannya uji signifikansi hasil eksperimen.

## b) Randomisasi

Dalam eksperimen, selain faktor-faktor yang diselidiki pengaruhnya terhadap variabel, juga terhadap faktor-faktor lain yang tidak terkendali atau tidak diinginkan (seperti kelelahan operator, naik/turunnya daya mesin, panasnya lingkungan, dan lain-lain) yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen. Pengaruh faktor-faktor tersebut diperkecil dengan menyebarkan pengaruh tersebut selama eksperimen melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Secara umum, randomisasi dimaksudkan untuk:

- Meratakan pengaruh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen.
- Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.
- Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas satu sama lain.

Jika replikasi dilakukan dengan tujuan untuk memungkinkan dilakukan uji signifikan, maka randomisasi bertujuan menjadikan uji tersebut *valid* dengan menghilangkan sifat biasnya. Setelah replikasi dan randomisasi direncanakan, maka selanjutnya dapat dilakukan pengumpulan data eksperimen.

## 3) Tahap Analisis

Tahap ini merupakan tahap pengolahan data eksperimen yang meliputi perhitungan dan pengujian data dengan statistik, seperti analisis variansi (Anova), tes hipotesa, dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil eksperimen.

## a) Analisis varians Taguchi

Analisis varians (Anova) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika. Anova digunakan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. Analisis varians yang dipakai adalah analisis varians dua arah karena faktor dan *level* yang dimiliki lebih dari 1.

b) Perhitungan SNR (*Signal to Noise Ratio*)

Rasio SNR digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon dengan memilih nilai *level* faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Penggunaan SNR juga dilakukan untuk mengetahui *level* faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Rasio SNR terdiri dari beberapa karakteristik kualitas, yaitu:

- Semakin kecil semakin baik (*smaller is better*)  
Karakteristik kualitas ini memiliki batas nilai 0 dan nonnegatif. Nilai semakin kecil (mendekati nol) adalah yang diinginkan). Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah sebagai berikut.

$$\text{kerugian} = k [\text{MSD}] = \left( k \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots\dots\dots (2)$$

atau

$$\begin{aligned} \eta &= 10 \log_{10} [\text{MSD}] \\ &= -10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \\ &= 10 \log_{10} \left( \alpha^2 + \bar{y}^2 \right) \end{aligned}$$

dimana: MSD = mean square deviation  
 $\eta$  = SNR

- Tertuju pada nilai tertentu (*nominal is the best*)  
 Karakteristik kualitas ini memiliki nilai atau target tidak nol dan terbatas. Dengan kata lain nilai yang mendekati suatu nilai yang ditentukan adalah yang terbaik. Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah:

$$\text{SNR} = \eta = 10 \log_{10} \left( \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

dengan rata-rata

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2 \dots\dots\dots (5)$$

$Y_i$  = hasil percobaan pada replikasi 1,2, dan 3

n = jumlah replikasi

- Semakin besar semakin baik (*larger is better*)  
 Karakteristik kualitas ini memiliki rentang nilai tak terbatas dan nonnegatif. Nilai semakin besar adalah yang semakin diinginkan. Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah:

$$\text{SNR} = \eta = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Kinerja yang baik diukur dengan tingginya rasio SNR, berakibat kerugian lebih kecil daripada yang diukur dengan fungsi kerugian yang sesuai.

4) Interpretasi Hasil Eksperimen

Interpretasi hasil eksperimen dilakukan dengan menghitung persen kontribusi dan interval kepercayaan.

a) Persen kontribusi

Persen kontribusi merupakan porsi masing-masing faktor dan atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati. Persen kontribusi merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (Sq) dari masing-masing yang signifikan, yang merupakan indikasi kekuatan relatif dalam mereduksi variansi. Semakin besar persen kontribusi suatu faktor, semakin signifikan pengaruhnya dalam mereduksi variansi. Pada analisis variansi, nilai  $Mq$  untuk suatu faktor (misalnya faktor A) sebenarnya adalah:

$$\begin{aligned} MqA &= Mq'A + MSe \\ MqA &= \frac{SqA}{vA} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Maka:  $SqA' = SqA - (vA) \cdot (MqA)$

Persen kontribusinya adalah:  $p = \frac{SqA}{St} \times 100\%$

b) Interval kepercayaan

Interval kepercayaan (*Confidence Interval: CI*) dalam analisis hasil eksperimen metode Taguchi dihitung dalam 3 kondisi, yaitu interval kepercayaan untuk *level* faktor ( $CI_1$ ), Interval kepercayaan pada kondisi perlakuan yang diprediksi ( $CI_2$ ), dan Interval kepercayaan untuk memprediksi eksperimen konfirmasi ( $CI_3$ ). Namun yang lebih sering dipakai di antara ketiganya adalah ( $CI_2$ ) dan ( $CI_3$ ).

- Interval kepercayaan untuk *level* faktor ( $CI_1$ )

$$CI_1 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;ve} \cdot Mse}{n}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\mu_{Ak} = \bar{A}_k \pm CI_1 \dots\dots\dots (9)$$

$$\bar{A}_k - CI_1 \leq \mu_{AK} \leq \bar{A}_K + CI_1$$

- dimana:
- $F_{\alpha;1;ve}$  = rasio F
  - $\alpha$  = resiko
  - V1 = 1
  - Ve = derajat kebebasan *error*
  - MSe = rata-rata kuadrat *error* (variansi kesalahan)
  - n = jumlah yang diuji pada suatu kondisi tersebut
  - $\mu_{Ak}$  = dugaan rata-rata faktor A pada perlakuan (*level*) ke k
  - $\bar{A}_k$  = rata-rata faktor A pada perlakuan ke k
  - K = 1, 2, ...

- Interval kepercayaan pada kondisi perlakuan yang diprediksi ( $CI_2$ )

$$CI_1 = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;ve} \cdot Mse}{n_{eff}}} \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

$$n_{eff} = \frac{N}{1 + (\text{jumlah dof yang berhubungan dengan estimasi A})}$$

N = jumlah data percobaan keseluruhan

- Interval kepercayaan untuk memprediksi eksperimen konfirmasi ( $CI_3$ )

$$CI_3 = \sqrt{F_{\alpha;1;ve} \cdot Mse \left[ \left( \frac{1}{n_{eff}} \right) + \left( \frac{1}{r} \right) \right]} \dots\dots\dots (11)$$

- dimana:
- R = jumlah sample pada percobaan konfirmasi dan  $r \neq 0$
  - Ve = derajat bebas varian *error*
  - $n_{eff}$  = jumlah pengulangan efektif

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.2 Perumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan diselesaikan dengan metode Taguchi adalah faktor - faktor apa saja yang dapat menyebabkan benang masih basah setelah melalui proses pengeringan dan berapakah suhu proses untuk meminimalisasi jumlah benang yang masih basah setelah proses pengeringan.

#### 3.2 Tujuan Eksperimen

Tujuan dari eksperimen ini adalah sebagai berikut:

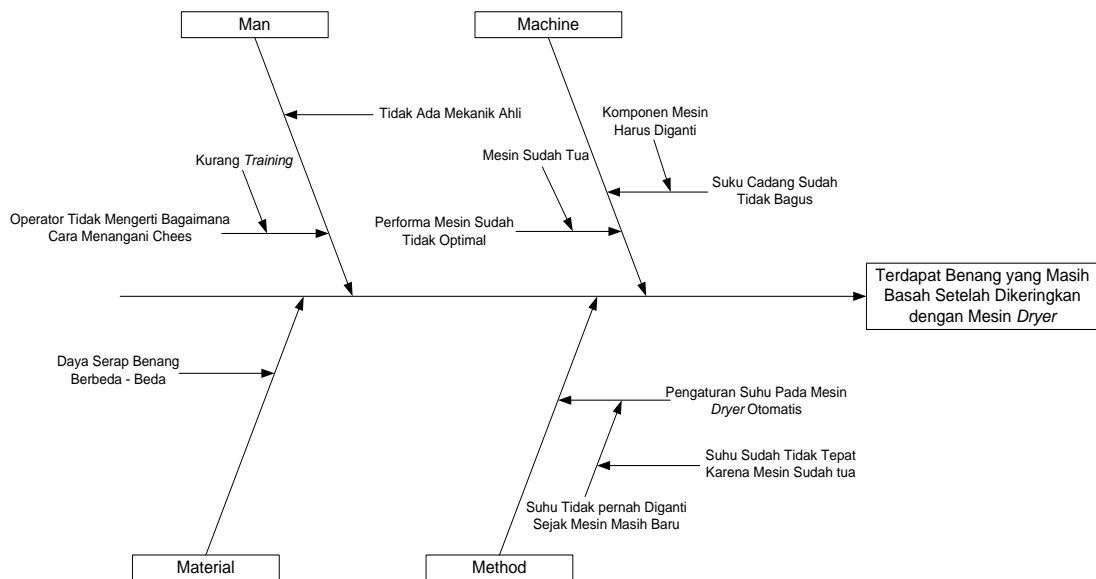
- 1) Mengidentifikasi faktor - faktor yang dapat menyebabkan benang masih basah setelah melalui proses pengeringan.
- 2) Menentukan suhu optimal pada mesin *dryer* untuk meminimalisasi jumlah benang yang masih basah setelah proses pengeringan.

#### 3.3 Penentuan Variabel Tak Bebas

Pada penelitian ini yang merupakan variabel tak bebas atau variabel responnya adalah suhu proses pada mesin *dryer* agar tidak terdapat banyak benang yang masih basah setelah proses pengeringan. Karakteristik kualitasnya adalah semakin sedikit, semakin baik (*smaller-the-better*).

#### 3.4 Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

Pada penelitian ini digunakan diagram sebab akibat atau disebut juga diagram Ishikawa, untuk mengetahui faktor-faktor mempengaruhi adanya benangbasah setelah proses pengeringan.



Gambar 1. Diagram Ishikawa faktor-faktor penyebab adanya benang basah



Masalah-masalah yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

- Operator *yarn dying* belum mengerti bagaimana cara menangani benang yang dipindahkan dari *cone* ke *chees* serta masih adanya tenaga mekanik yang kurang memahami kondisi mesin *dryer*.
- Mesin pengering benang yang digunakan sudah cukup tua sehingga performa mesin sudah tidak optimal.
- Mesin *dryer* menggunakan pengaturan suhu secara otomatis, suhu yang digunakan saat ini sesuai dengan pengaturan suhu saat mesin masih baru dibeli, sedangkan kondisi mesin saat ini sudah tua dan banyak komponen mesin yang sudah tidak berfungsi dengan baik lagi.
- Benang yang dibeli oleh PT Mulia Knitting Factory ini tidak selalu memiliki daya serap yang sama.

### 3.5 Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Dari beberapa faktor yang ditemukan di atas, faktor yang dapat diatur adalah program suhu yang terdapat pada mesin pengering benang. Program Suhu *In* dan Suhu *Out* dapat diubah sehingga hasil pengeringan benang menjadi lebih baik dan benang basah berkurang jumlahnya. Faktor gangguan adalah performa mesin yang kurang baik serta kondisi benang yang tidak dapat diduga. Mesin dapat sewaktu-waktu mengalami kegagalan sehingga dapat menyebabkan benang banyak yang masih basah.

### 3.6 Penentuan Jumlah *Level* dan Nilai *Level* Faktor

Sumber data dalam penentuan *level* dari faktor ini diperoleh dari data pabrik di PT Mulia Knitting Factory. Data hasil penetapan *level* ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Penentuan jumlah *level* dan nilai *level* faktor

Kode	Faktor Kontrol	Warna Putih		Warna muda		Warna Tua	
		<i>Level 1</i>	<i>Level 2</i>	<i>Level 1</i>	<i>Level 2</i>	<i>Level 1</i>	<i>Level 2</i>
A	Suhu <i>In</i>	100°C	101°C	102°C	103°C	107°C	108°C
B	Suhu <i>Out</i>	95°C	96°C	97°C	98°C	102°C	103°C

### 3.7 Perhitungan Derajat Kebebasan

Karena hanya ada 2 faktor (A dan B) serta 2 *level* (1 dan 2), maka derajat kebebasan total adalah  $(2-1) + (2-1) = 2$ .

### 3.8 Pemilihan Matriks *Orthogonal*

Derajat kebebasan untuk matriks ortogonal yang sesuai adalah:

$$L_4(2^3) = 3 \times (2 - 1) = 3 \text{ derajat kebebasan}$$

### 3.9 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Hasil percobaan diperoleh dengan cara uji pengeringan benang pada mesin *dryer* sesuai dengan matriks kombinasi *level* faktor. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat mengenai efek dari faktor yang ada maka dilakukan pengulangan (*replikasi*).

Tabel 2. Data hasil percobaan pengeringan benang warna putih, muda, dan tua

Eksperimen			Warna Putih			Mean	Warna Muda			Mean	Warna Tua			Mean
	A	B	R1	R2	R3		R1	R2	R3		R1	R2	R3	
1	1	1	10	17	14	13,66	17	6	10	11,00	35	16	19	23,33
2	1	2	8	13	13	11,33	8	13	7	9,33	16	21	9	15,33
3	2	1	18	12	12	14,66	14	16	8	12,66	7	19	35	20,33
4	2	2	12	13	13	11,00	4	11	2	5,66	14	5	12	10,33
<b>Rata-rata</b>						<b>12,66</b>				<b>9,66</b>				<b>17,33</b>

Contoh perhitungan *mean* eksperimen 1 percobaan pengeringan benang warna putih: untuk faktor A *level* 1 berarti suhu *in* 100°C dan faktor B *level* 1 berarti suhu *out* 95°C terdapat jumlah benang basah 10 *chees* pada percobaan pertama dan 17 *chees* pada replikasi 2 dan 14 *chees* pada replikasi 3, sehingga diperoleh rata-rata 13,667 *chees* yang masih basah. Dengan cara yang sama dapat diperoleh rata-rata benang basah untuk eksperimen berikutnya sehingga diperoleh rata-rata total untuk benang warna putih adalah 12, 667 *chees*, warna muda 9,667 *chees* dan warna tua 17,333 *chees*.

## 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh *Level* dari Faktor Terhadap Adanya Benang Basah

Untuk mengidentifikasi pengaruh *level* dari faktor terhadap adanya benang basah dilakukan pengolahan data banyaknya benang basah melalui kombinasi *level* dari masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned}\bar{A}_1 &= \frac{1}{2} (13,667 + 11,333) \\ &= 12,500 \text{ chees}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk faktor dan interaksi benang warna putih, muda dan tua seperti berikut:

Tabel 3. Respon banyaknya benang basah dari pengaruh faktor pada benang putih, muda dan tua

Level/Faktor	Warna Putih		Warna Muda		Warna tua	
	A	B	A	B	A	B
<i>Level</i> 1	<b>12,500</b>	14,166	10,166	11,833	19,333	21,833
<i>Level</i> 2	12,833	<b>11,166</b>	<b>9,166</b>	<b>7,500</b>	<b>15,333</b>	<b>12,833</b>
Selisih	0,333	3,000	1,000	4,333	4,000	9,000

Untuk mencapai nilai target lebih kecil, lebih baik (*smaller-the-better*), maka penentuan *level* yang optimal adalah yang mendapatkan hasil pengujian jumlah benang basah yang paling sedikit. Kombinasi *level* faktor yang lebih baik untuk benang berwarna putih adalah A<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, yaitu Suhu *In* 100 °C dan Suhu *Out* 96 °C, untuk benang berwarna muda adalah A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, yaitu suhu *In* 103 °C dan Suhu *Out* 98 °C, untuk benang berwarna tua adalah A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, yaitu suhu *In* 108 °C dan Suhu *Out* 103 °C.

### 4.2 Pengaruh Faktor Terhadap Variabilitas Banyaknya Benang Basah

Sesuai dengan karakteristik kualitas *smaller the better*, maka dihitung SNR (*Signal to Noise Rasio*) masing-masing faktor untuk benang warna putih, muda dan tua, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan SNR

Eksperimen			Warna Putih			Warna Muda			Warna Tua		
	A	B	$\mu$	$\sigma^2$	SNR	$\mu$	$\sigma^2$	SNR	$\mu$	$\sigma^2$	SNR
1	1	1	13,66	12,33	-22,99	11,00	31	-21,82	23,33	104,33	-28,12
2	1	2	11,33	8,33	-21,36	9,33	10,33	-19,88	15,33	36,33	-24,34
3	2	1	14,66	9,33	-23,51	12,66	17,33	-22,49	20,33	197,33	-27,86
4	2	2	11,00	7	-21,07	5,66	22,33	-17,36	10,33	22,33	-21,11
<b>Rata-rata</b>			<b>12,66</b>		<b>-22,23</b>	<b>9,66</b>		<b>-20,39</b>	<b>17,33</b>		<b>-25,36</b>

Pada benang berwarna putih dengan 3 replikasi menggunakan *level* 1 (100°C) faktor A (Suhu *In*) dan *level* 1 (95°C) dan faktor B (Suhu *Out*) diperoleh hasil sebanyak 10, 17, dan 14 *chees* yang masih basah, sehingga rata-rata benang basah 13,667 *chees* serta nilai variansinya, yaitu sebesar 12,333 sehingga SNR dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{SNR} = \eta = -10 \log_{10} (\sigma^2 + \bar{y}^2) \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(10+17+14)}{3} = 13,667 = y$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2 = \frac{(10-13,667)^2 + (17-13,667)^2 + (14-13,667)^2}{3-1} = 12,333$$

$$\begin{aligned} \eta_1 &= -10 \log_{10} (\sigma^2 + \bar{Y}^2) \\ &= -10 \log_{10} (12,333 + 13,667^2) \\ &= -10 \log_{10} 199,12 \\ &= -22,991 \end{aligned}$$

sehingga diperoleh SNR = -22,99 dengan cara yang sama dihitung untuk semua eksperimen untuk benang warna putih, muda, dan tua.

### 4.3 Pengaruh *Level* Faktor Terhadap Variansi Banyaknya Benang Basah

Perhitungan variabilitas nilai rasio SNR banyaknya benang basah warna putih pengaruh *level* 1 faktor A (Suhu *In* 100°C) adalah sebagai berikut:

$$\bar{A}_1 = \frac{(-22,99) + (-21,36)}{2} = -22,175$$

Perhitungan variabilitas nilai rasio SNR banyaknya benang basah warna putih pengaruh *level* 2 faktor A (Suhu *In* 101°C) adalah sebagai berikut:

$$\bar{A}_2 = \frac{(-23,51) + (-21,07)}{2} = -22,291$$

Perhitungan variabilitas nilai rasio SNR banyaknya benang basah warna putih pengaruh *level* 1 faktor B (Suhu *Out* 95°C) adalah sebagai berikut:

$$\bar{B}_1 = \frac{(-22,99) + (-23,51)}{2} = -23,251$$

Sedangkan perhitungan variabilitas nilai rasio SNR banyaknya benang basah warna putih pengaruh *level* 2 faktor B (Suhu *Out* 96°C) adalah sebagai berikut:

$$\bar{B}_2 = \frac{(-21,36) + (-21,07)}{2} = -21,216$$

Dengan cara yang sama diperoleh respon SNR jumlah benang basah warna muda dan warna tua dari pengaruh faktor. Dapat diringkas melalui Tabel 5.

Tabel 5. Respon rasio SNR banyaknya benang basah warna putih dari pengaruh faktor

	Warna Putih		Warna Muda		Warna Tua	
	A	B	A	B	A	B
Level 1	<b>-22,175</b>	-23,251	-20,852	-22,158	-26,229	-27,990
Level 2	-22,291	<b>-21,216</b>	<b>-19,929</b>	<b>-18,623</b>	<b>-24,484</b>	<b>-22,723</b>
Selisih	0,116	2,035	0,923	3,535	1,745	5,267

Walaupun karakteristik kualitas adalah semakin kecil semakin baik, tetapi rasio SNR didefinisikan sedemikian sehingga selalu dapat ditransformasikan karakteristik kualitas menjadi karakteristik semakin besar semakin baik. Diperoleh suhu *in* dan suhu *out* untuk benang berwarna putih adalah 100°C dan 96°C, untuk benang warna muda 103°C dan 98°C, serta untuk benang warna tua 108°C dan 103°C.

#### 4.4 Prediksi Rata-Rata Persentase Banyaknya Benang Basah

##### 4.4.1 Kondisi Awal

Dari data jumlah benang basah yang diperoleh dengan menggunakan pengaturan Suhu *In* dan Suhu *Out* awal dapat diperkirakan nilai rata-rata jumlah benang basah melalui perhitungan berikut.

Benang berwarna putih:

$$\bar{Y} = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(10 + 15 + 10 + 52 + 14)}{5} = 20,200 \text{chees}$$

Benang berwarna muda:

$$\bar{Y} = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(4 + 31 + 6 + 2 + 17)}{5} = 12 \text{chees}$$

Benang berwarna tua:

$$\bar{Y} = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(19 + 35 + 29 + 26 + 16)}{5} = 25 \text{chees}$$

##### 4.4.2 Metode Taguchi

Dari *level* masing - masing faktor yang telah diketahui dapat diperkirakan nilai rata - rata jumlah benang basah melalui perhitungan rata-rata benang basah selama percobaan dengan metode Taguchi untuk benang warna putih (12,667 *chees*) ditambah dengan rata-rata jumlah benang basah yang paling kecil dari tiap *level* pada masing-masing faktor (faktor Suhu *In* 100°C sebanyak 12,5 *chees* dan faktor Suhu *Out* 96°C sebanyak 11,166 *chees*) yang masing-masing dikurangi dengan rata-rata jumlah benang basah, sehingga didapat hasil sebesar 10,999 *chees* yang masih basah. Dengan cara yang sama dapat dihitung untuk benang warna muda dan tua.

Benang berwarna putih:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} &= \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= 12,667 + (12,5 - 12,667) + (11,166 - 12,667) \\ &= \mathbf{10,999 \text{chees}} \end{aligned}$$

Benang berwarna muda:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} &= \bar{Y} + (\bar{A}_2 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= 9,667 + (9,166 - 9,667) + (7,5 - 9,667) \\ &= \mathbf{6,999 \text{chees}} \end{aligned}$$

Benang berwarna Tua:

$$\begin{aligned}\mu_{prediksi} &= \bar{Y} + (\bar{A}_2 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= 17,333 + (15,333 - 17,333) + (12,833 - 17,333) \\ &= \mathbf{10,833 \text{ chees}}\end{aligned}$$

## 4.5 Prediksi SNR Persentase Banyaknya Benang Basah

### 4.5.1 Kondisi Awal

Dari data yang didapat dengan menggunakan pengaturan awal Suhu *In* dan Suhu *Out* dapat diperkirakan nilai SNR melalui perhitungan berikut.

Benang berwarna putih:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(10 + 15 + 10 + 52 + 14)}{5} = 20,2 \\ \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2 = \frac{(10 - 20,200)^2 + \dots + (14 - 20,200)^2}{5-1} = 321,2 \\ \eta_1 &= -10 \log_{10} (\sigma^2 + \bar{Y}^2) \\ &= -10 \log_{10} (321,2 + 20,2^2) \\ &= -10 \log_{10} 729,24 \\ &= \mathbf{-28,629}\end{aligned}$$

Benang berwarna muda:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(4 + 31 + 6 + 2 + 17)}{5} = 12 \\ \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2 = \frac{(4 - 12)^2 + \dots + (17 - 12)^2}{5-1} = 146,5 \\ \eta_1 &= -10 \log_{10} (\sigma^2 + \bar{Y}^2) \\ &= -10 \log_{10} (146,5 + 12^2) \\ &= -10 \log_{10} 290,5 \\ &= \mathbf{-24,631}\end{aligned}$$

Benang berwarna tua:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{(19 + 35 + 29 + 26 + 16)}{5} = 25 \\ \sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2 = \frac{(19 - 25)^2 + \dots + (16 - 25)^2}{5-1} = 58,5 \\ \eta_1 &= -10 \log_{10} (\sigma^2 + \bar{Y}^2) \\ &= -10 \log_{10} (58,5 + 25^2) \\ &= -10 \log_{10} 683,5 \\ &= \mathbf{-28,347}\end{aligned}$$

### 4.5.2 Metode Taguchi

Dari *level* yang terbaik dari masing-masing faktor yang telah diketahui dapat diperkirakan rata - rata jumlah benang basah melalui perhitungan berikut.

Benang berwarna putih:

$$\begin{aligned} \text{SNR}_{\text{prediksi}} &= \mu_{\text{prediksi}} = \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= -22,234 + (-22,175 + 22,234) + (-21,216 + 22,234) \\ &= \mathbf{-21,098} \end{aligned}$$

Perhitungan di atas sama dengan perhitungan prediksi rata-rata persentase banyaknya benang basah dengan menggunakan suhu optimal yang diperoleh dengan menggunakan metode Taguchi.

Benang berwarna muda:

$$\begin{aligned} \text{SNR}_{\text{prediksi}} &= \mu_{\text{prediksi}} = \bar{Y} + (\bar{A}_2 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= -20,391 + (-19,929 + 20,391) + (-18,623 + 20,391) \\ &= \mathbf{-22,621} \end{aligned}$$

Benang berwarna tua:

$$\begin{aligned} \text{SNR}_{\text{prediksi}} &= \mu_{\text{prediksi}} = \bar{Y} + (\bar{A}_2 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= -25,356 + (-24,484 + 25,356) + (-22,723 + 25,356) \\ &= \mathbf{-28,861} \end{aligned}$$

#### 4.6 Perbandingan Kondisi Awal Dengan Hasil Metode Taguchi

Berikut ini adalah perbandingan rata - rata jumlah benang basah dan SNR pada kondisi awal dengan hasil dari eksperimen Taguchi.

Tabel 6. Perbandingan kondisi awal dengan metode Taguchi pada benang berwarna putih, muda dan tua

	Warna Putih		Warna Muda		Warna Tua	
	Rata-rata	SNR	Rata-rata	SNR	Rata-rata	SNR
Kondisi Awal	20,2	-28,629	12	-24,631	25	-28,347
Taguchi	10,999	-21,098	6,999	-22,621	10,833	-28,861
Selisih	9,201	-7,531	5,001	-2,01	14,167	0,514

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan serta hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

- Faktor penyebab adanya benang basah setelah dikeringkan diantaranya adalah mesin sudah tua sehingga tidak dapat bekerja optimal, operator kurang mendapatkan *training*, pengaturan suhu yang sudah kurang sesuai, dan sebagian benang daya serap airnya kurang.
- Dengan menggunakan metode Taguchi diperoleh suhu *In* dan suhu *Out* proses mesin *dryer* untuk benang berwarna putih adalah 100°C dan 96°C, untuk benang berwarna muda adalah 103°C dan 98°C, dan untuk benang berwarna tua adalah 108°C dan 103°C.
- Perkiraan jumlah benang basah dapat berkurang sebanyak 9 *chees* untuk benang berwarna putih, 5 *chees* untuk benang warna muda dan 14 *chess* untuk benang warna tua

## REFERENSI

- [1]. Montgomery, Douglas C, "*Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1990.
- [2]. Ariani, Dorothea Wahyu, "*Pengendalian Kualitas Statistik*", Andi. Yogyakarta, 2004.
- [3]. Soejanto, Irwan, "*Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.
- [4]. Ross, Phillips J, "*Taguchi Technique for Quality Engineering: Quality Loss, Orthogonal Experiment, Parameter and Tolerance Design*", Mc Graw-Hill Inc, New York, 1988.