

**TESIS**

**“ DESAIN KUALITAS PEMBUATAN KAIN TENUN  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI ”**



**Nirmala  
15916220**

**MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2020**

**DESAIN KUALITAS PEMBUATAN KAIN TENUN MENGGUNAKAN  
METODE TAGUCHI**

**Tesis untuk Memperoleh Gelar Magister  
pada Program Studi Teknik Industri Program Magister  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**



**Nirmala  
15916220**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nirmala

NIM : 15916220

Jurusan : Teknik Industri

Program Studi : Magister Teknik Industri

Universitas : Universitas Islam Indonesia

menyatakan bahwa karya yang saya buat ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali terdapat cuplikan dan ringkasan yang sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Yogyakarta, Nopember 2020



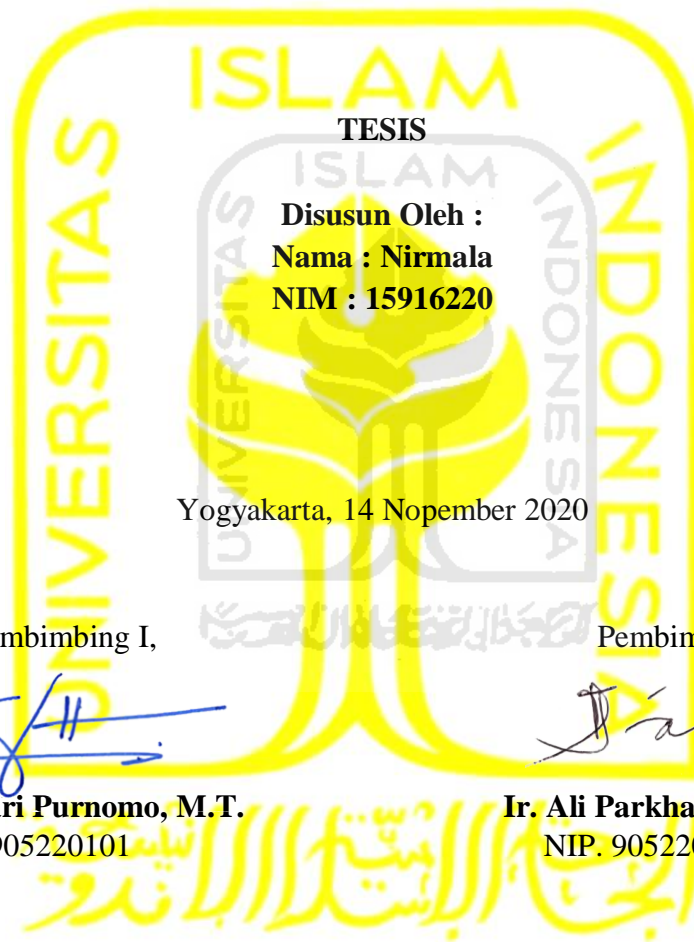
Nirmala

NIM. 15916220

*Nirmala*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**DESAIN KUALITAS PEMBUATAN KAIN TENUN  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**



**TESIS**

**Disusun Oleh :  
Nama : Nirmala  
NIM : 15916220**

Yogyakarta, 14 Nopember 2020

Pembimbing I,

**Prof. Dr. Hari Purnomo, M.T.**  
NIP. 905220101

Pembimbing II,

**Ir. Ali Parkhan, M.T.**  
NIP. 905220102

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**DESAIN KUALITAS PEMBUATAN KAIN TENUN  
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**TESIS**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Nirmala**

**NIM : 15916220**

Yogyakarta, 17 Nopember 2020

Tim Penguji

**Prof. Dr. Hari Purnomo, M.T.**

NIP. 905220101

Ketua Tim Penguji



**Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.**

NIP. 025200519

Anggota I



**Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.**

NIP. 985220102

Anggota II



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister

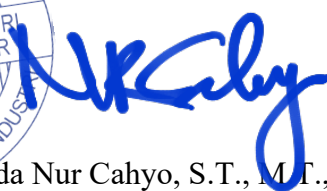
Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 025200519



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Teruntuk Istriku, Anakku Banyu dan Bintang yang selalu mendoakan setiap saat...  
Keluarga dan rekan-rekan yang selalu mendukung..*

*Terima kasih*



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Desain Kualitas Pembuatan Kain Tenun Menggunakan Metode Taguchi”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh Gelar Magister pada Program Studi Teknik Industri, Konsentrasi Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan dan dukungan kepada :

1. Bapak Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Program Magister Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Dr. Hari Purnomo, M.T., selaku dosen pembimbing I yang banyak memberikan bimbingan dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan, M.T., selaku dosen pembimbing II yang banyak memberikan bimbingan dalam penyusunan tesis ini.
4. Dosen dan karyawan Program Studi Teknik Industri, Program Magister Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu selama menempuh pendidikan.
5. Bapak Aris Supriyanto, S.Pd., M.Pd., selaku Koordinator Akademi Komunitas Negeri Kota Pekalongan beserta jajarannya.

6. Ibu Yeni Pujiastuti, S.Pd, selaku Kepala SMK Negeri 3 Pekalongan beserta jajarannya.
7. Bapak Drs. Nurhayatno, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan yang telah membantu pelaksanaan pengujian kain tenun.
8. Bapak Asfa Fuadi, ST, selaku pemilik perusahaan Craft Denim Indonesia yang memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian pembuatan kain tenun di perusahaannya.
9. Karyawan perusahaan Craft Denim Indonesia khususnya bagian penyambungan benang dan bagian pertenunan yang telah membantu pelaksanaan eksperimen penulis.
10. Istri, anak-anakku, keluarga atas segala dukungan dan doanya.
11. Rekan-rekan MTI XX dan SMK Negeri 3 Pekalongan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
12. Rekan-rekan AKN Kota Pekalongan dan SMK Negeri 3 Pekalongan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penulisan tesis ini tentunya penulis memiliki keterbatasan dan kekurangan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan tesis ini. Semoga tesis memiliki nilai manfaat bagi semuanya dan bernilai ibadah dari Allah SWT. Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, Nopember 2020

Penulis



## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di perusahaan Craft Denim Indonesia Pekalongan yang memproduksi kain tenun *custom* dan *hand made*, kain tenun yang dibuat untuk penelitian menggunakan bahan baku benang lusi serat *cotton* dan benang pakan serat *sisal*. Permasalahan dalam proses pembuatan kain tenun adalah bagaimana menentukan setting level kualitas yang optimal untuk hasil produksi proses pembuatan kain tenun yang sesuai dengan standar mutu kain. Variabel respon proses pembuatan kain tenun adalah kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain. Teknik penyelesaian masalah tersebut menggunakan metode Taguchi untuk mencari *setting level* optimal faktor-faktor proses pembuatan kain tenun.

Proses pembuatan kain tenun berdasarkan nilai MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum pada trial ke 103, yaitu total benang lusi = 62 helai/inch, total benang pakan = 62 helai/inch, kehalusan benang lusi = Ne1 30S, kehalusan benang pakan = Ne1 30/2, *twist* benang lusi = 32 tpi, *twist* benang pakan = 24 tpi, panjang *staple* serat *sisal* = 50 cm. dengan nilai MRSN 2,64. Berdasarkan respon optimum diperoleh nilai kekuatan tarik kain awal rata-rata sebesar 186,9 N setelah eksperimen menjadi rata-rata 255 N (naik 68,1 N) atau sekitar 26,7 % dan kekuatan sobek kain awal rata-rata 15,73 N setelah eksperimen menjadi rata-rata 20,15 N (naik 4,42 N) atau sekitar 21,9 %. *Quality loss* level optimum untuk kekuatan tarik kain dapat menghemat sebesar Rp. 18.923 - Rp.10.148 = Rp. 8.775/m<sup>2</sup> atau sebesar 30,2 % dan untuk kekuatan sobek kain menghemat sebesar Rp. 20.521 – Rp.12.500 = Rp. 8.021/m<sup>2</sup> atau sebesar 24.3 %.

Dari uji beda diperoleh data  $t_{tabel} = 2,447$ ,  $t_{hitung}$  kekuatan tarik kain = 10.521, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} = 10,521 > 2,447$ , artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik kain awal, sedangkan untuk  $t_{hitung}$  kekuatan sobek kain = 27,955, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} 27,955 > 2,447$  artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan sobek kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan sobek kain awal. Jadi kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan tarik dan kekuatan sobek awal.

*Kata Kunci : Serat Sisal, Proses Pembuatan Kain Tenun, Taguchi*

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Pendahuluan.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Asumsi-Asumsi.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Definisi <i>Quality</i> (Mutu / Kualitas).....	20
2.3. Pengendalian Kualitas.....	23
2.4. Desain Eksperimen.....	27
2.5. Metode Taguchi.....	29
2.6. Penentuan dan Pemilihan <i>Orthogonal Array</i> .....	35
2.7. <i>Multi Criteria Decision Making (MCDM)</i> .....	39
2.8. Definisi Serat Tekstil.....	43
2.9. Definisi Proses Pembuatan Kain Tenun (Pertenenan).....	46
2.10. Pengendalian Mutu Tekstil.....	50
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>54</b>
3.1. Tahap Identifikasi Masalah.....	54
3.2. Tahap Perencanaan Eksperimen.....	56
3.3. Instrumen Eksperimen.....	66
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	68

<b>BAB IV PENGOLAHAN DATA</b> .....	<b>70</b>
4.1. Pengumpulan Data .....	70
4.2. Pelaksanaan Eksperimen.....	78
4.3. Pengumpulan Data .....	82
4.4. Pengolahan Data .....	85
<b>BAB V PEMBAHASAN</b> .....	<b>130</b>
5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor .....	130
5.2. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk.....	134
5.3. Analisis Validasi Perbaikan Kualitas Produk .....	136
5.4. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen .....	137
5.5. Analisis Perbaikan Biaya Produk.....	138
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>140</b>
6.1. Kesimpulan.....	140
6.2. Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA .....	1403
LAMPIRAN .....	1409



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Notasi <i>Matriks Orthogonal</i> .....	37
Gambar 2.2. a. Tanaman <i>Sisal (Agave Sisalana)</i> , b. Serat <i>Sisal</i> .....	44
Gambar 2.3. Serat Kapas ( <i>Cotton</i> ) .....	45
Gambar 2.4. Skema pembuatan kain pada alat tenun .....	47
Gambar 2.5. Alat tenun gedogan.....	49
Gambar 2.6. Alat tenun bukan mesin (ATBM).....	49
Gambar 2.7. Mesin Tenun Teropong dan Mesin Tenun <i>Jaquard</i> .....	50
Gambar 3.1. <i>Fabric Strength Tester</i> .....	67
Gambar 3.2. Alat Uji Sobek Kain Sistem Pendulum Elemondorf.....	68
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian .....	69
Gambar 4. 1. Contoh uji pengujian kekuatan tarik kain .....	79
Gambar 4. 2. Contoh uji pengujian kekuatan sobek kain .....	81
Gambar 5.1. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	137
Gambar 5. 2. Grafik Perbandingan Kekuatan Sobek Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	138
Gambar 5.3. Alat Penyambungan Benang Weaver Knotter .....	139

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Orthogonal Array</i> Standar .....	38
Tabel 2.2. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8(2^7)$ Standar .....	38
Tabel 2.3. <i>Matriks Orthogonal Array</i> $L_4(2^3)$ Standar .....	39
Tabel 2.4. Perbedaan Antara MADM dan MODM.....	39
Tabel 3.1. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 2^7$ Standar .....	58
Tabel 3. 2. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 2^7$ Standar dan Jumlah Replikasi .....	58
Tabel 3. 3. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_4 2^3$ Standar .....	59
Tabel 3. 4. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_4 2^3$ Standar dan Jumlah Replikasi .....	59
Tabel 4.1. Faktor-faktor yang berpengaruh.....	71
Tabel 4.2. Faktor-faktor yang dilibatkan dalam ekperimen.....	73
Tabel 4. 3. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 2^7$ Standar .....	77
Tabel 4.4. Standar Mutu untuk Kain Tenun.....	82
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Kain (N) .....	84
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Kekuatan Sobek Kain (N).....	85
Tabel 4.7. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Tarik Kain .....	86
Tabel 4.8. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Sobek Kain.....	86
Tabel 4.9. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Tarik Kain.....	87
Tabel 4.10. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Sobek Kain.....	88
Tabel 4.11. Data Uji ANOVA Kekuatan Tarik Kain.....	89
Tabel 4.12. Data Uji ANOVA Kekuatan Sobek Kain .....	90
Tabel 4.13. Nilai SNR Kekuatan Tarik Kain .....	91
Tabel 4.14. Nilai SNR Kekuatan Sobek Kain.....	91
Tabel 4.15. Efek Tiap Faktor Kekuatan Tarik Kain (LTB) .....	92
Tabel 4.16. Efek Tiap Faktor Kekuatan Sobek Kain (LTB) .....	93
Tabel 4.17. 1/16 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ).....	93
Tabel 4.18. Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Tarik Kain (kg).....	94
Tabel 4.19. Penomoran untuk Trial 1/16 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ) .....	95
Tabel 4.20. Hasil Prediksi Kekuatan Tarik Kain (dalam kg).....	95
Tabel 4.21. Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Sobek Kain (kg) .....	101
Tabel 4.22. Hasil Prediksi Kekuatan Sobek Kain (Kg) .....	102
Tabel 4.23. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Kekuatan Tarik Kain .....	108
Tabel 4.24. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Kekuatan Sobek Kain.....	114
Tabel 4.25. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Proses Pembuatan Kain Tenun.....	119
Tabel 4.26. Setting Level Faktor Optimum Proses Pembuatan Kain Tenun .....	125

Tabel 4.27. Perbandingan Kekuatan Tarik Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi.....	126
Tabel 4.28. Perbandingan Kekuatan Sobek Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi .....	128
Tabel 5.1. Setting Level Faktor Optimal.....	130



# BAB I

## PENDAHULUAN

### **Pendahuluan**

Hasil dari suatu produk diharapkan memiliki berbagai macam karakteristik yang menggambarkan sebuah kualitas untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Yang mana kualitas produk dapat diukur dari karakteristik produk yang dihasilkan tersebut. Salah satu cara mengendalikan kualitas produk yaitu dengan perencanaan kualitas yang ditentukan terlebih dahulu kriteria dan spesifikasi yang diinginkan sebelum membuat produk. Pengendalian kualitas harus dirancang sebagai suatu bagian integral dari proses perancangan. Spesifikasi yang dikembangkan untuk pengendalian kualitas harus memungkinkan pengendalian efektif dari setiap produk guna menjamin bahwa produk tersebut secara konsisten memenuhi spesifikasi (Gasperzs, 2002). Peningkatan kualitas merupakan suatu tindakan yang diambil guna meningkatkan nilai produk melalui peningkatan efektivitas dan efisiensi serta usaha untuk mengurangi variabilitas suatu proses dengan mengurangi produksi yang tidak sesuai dengan keinginan pasar.

Proses pembuatan kain yang berasal dari bahan baku benang haruslah mempunyai kualitas yang baik sehingga selama produksi akan lancar dan menghasilkan kain. Kain yang terbuat dari benang pakan *cotton* dan benang pakan serat *sisal* mempunyai penampakan yang bagus, lembut, kekuatan tarik yang baik, kekuatan sobek yang baik dan mampu menyerap cairan dengan baik. Proses

pembuatan kain (pertenunan) menghasilkan kain tenun yang baik dapat memenuhi keinginan kepuasan konsumen, karena konsumen cenderung untuk memilih atau membeli hasil produksi yang mempunyai mutu tinggi dengan harga bersaing (Goet Poespo, 2009). Jaminan kualitas hasil produksi proses pembuatan kain diperlukan untuk memenuhi kepuasan konsumen, maka kualitas kain tenun yang dihasilkan diharapkan berada dalam batas spesifikasi yang sudah ditetapkan oleh standar mutu yang berlaku. Beberapa karakteristik yang menentukan kualitas kain antara lain konstruksi kain (kk), kekuatan tarik kain (kg), kekuatan sobek kain (kg), ketahanan gosok kain (F), dan daya serap kain (detik), ketahanan cuci kain (%), daya tembus udara (ft/menit).

Kualitas kain tenun yang dihasilkan diidentifikasi dari kekuatan tarik kain (kg) dan ketahanan sobek kain (kg). Kekuatan tarik kain diukur dari tetal benang pakan dan tetal benang pakan (helai/inch), antihan (*twist*) benang (tpi), kehalusan benang lusi dan benang pakan (Ne1), mengkeret benang lusi dan benang pakan (cm). Faktor yang mempengaruhi kekuatan sobek kain antara lain adalah kekuatan tarik per helai benang lusi dan pakan (gram), mulur per helai benang lusi dan pakan (cm), kehalusan benang lusi dan pakan (Ne1), panjang staple serat (cm), anyaman yang digunakan (*plain, keper, satin*). Kualitas kain tenun yang akan diteliti memiliki spesifikasi minimum dan maksimum yang telah ditentukan. Standar kualitas kain tenun yang dihasilkan mengacu pada SNI 08-0276-2009 (kekuatan tarik dan mulur kain tenun), spesifikasi kekuatan tarik kain minimal 226,5 kg untuk kearah lusi dan minimal 186,0 untuk kearah pakan. Pada pengujian kekuatan sobek kain mengacu pada SNI 08-0338-1989 (kekuatan sobek



kain metoda pendulum *elemendorf*), spesifikasi kekuatan sobek kain minimal 14,7 kg untuk kearah lusi dan kearah pakan. Produk memenuhi spesifikasi jika memiliki kualitas yang berada pada batas minimum standar ersebut.

Teknik penyelesaian masalah dipilih dengan eksperimen Taguchi untuk mencari *setting* level optimal faktor-faktor pada mesin tenun proses pembuatan kain, sehingga tujuan dari kedua karakteristik kualitas dapat dicapai. Dalam eksperimen Taguchi dilakukan kombinasi terhadap faktor-faktor yang akan diteliti sehingga diharapkan mampu memberikan total kerugian yang minimal, serta *quality loss function* yang digunakan sebagai fungsi kerugian. Melalui cara ini diharapkan parameter-parameter optimal pada proses pembuatan kain tenun dapat ditentukan secara lebih obyektif untuk dapat lebih menjamin dan meningkatkan kualitas hasil kain yang diinginkan dan meminimkan kerugian.

### **Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka perumusan yang diangkat adalah bagaimana menentukan *setting* level optimal pada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain pada proses pembuatan kain (pertenunan) secara simultan dan menentukan *quality loss function* sebagai fungsi kerugian dari proses pembuatan kain tenun.

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan permasalahan, maka tujuan yang dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain secara simultan.

2. Menentukan *setting* level terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kain tenun *larger the better* untuk kekuatan tarik kain dan *larger the better* untuk kekuatan sobek pada kain secara simultan.
3. Menentukan *quality loss function* level optimal yang ada pada proses pembuatan kain tenun.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini, yaitu:

1. Menghasilkan alternatif kain tenun yang baru dengan bahan baku serat *sisal* (*agave sisalana*) sebagai benang pakan dan serat *cotton* sebagai benang lusi.
2. Memeroleh *setting level* optimal untuk menghasilkan kain tenun yang baik dan sesuai dengan standar mutu yang berlaku.
3. Memeroleh *quality loss function* level optimal yang ada pada proses pembuatan kain tenun.

### **Batasan Masalah**

Agar lebih maksimal, terarah dan mudah difahami maka dalam penelitian ini dibatasi beberapa ruang lingkup, yaitu :

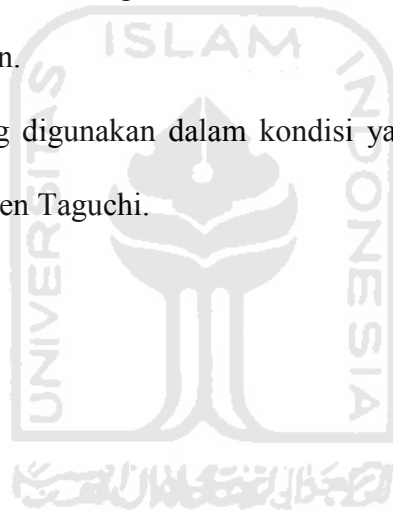
1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan pengukuran dilakukan di Bengkel Teknik Pembuatan Kain dan Laboratorium Fisika Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan.
2. Alat tenun yang digunakan menggunakan alat tenun bukan mesin (atbm).
3. Karakteristik kualitas yang digunakan untuk kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain adalah *larger the better*.
4. Faktor yang diidentifikasi adalah faktor terkendali.

5. Biaya yang ditimbulkan dalam pelaksanaan penelitian pembuatan kain tenun diabaikan.

### **Asumsi-Asumsi**

Asumsi penelitian diperlukan untuk menyederhanakan kompleksitas permasalahan yang diteliti, maka diperlukan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan pada proses pertenunan sesuai dengan yang ditentukan.
2. Operator yang terlibat dalam penelitian telah memenuhi kualifikasi dalam melakukan eksperimen.
3. Semua peralatan yang digunakan dalam kondisi yang baik dan mendukung pelaksanaan eksperimen Taguchi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan desain eksperimen menggunakan metode *Taguchi* pada penelitian ini adalah antara lain :

Mochammad Danny Sukardan, Dikdik Natawijaya, Puri Prettyanti, Cahyadi Cahyadi, Eva Novarini (2016) meneliti tentang tanaman Biduri (*Calotropis Gigantea*) yang akan dimanfaatkan sebagai alternatif serat tekstil sebagai bahan baku untuk proses pembuatan barang tekstil baru. Biduri merupakan tanaman perdu/ilalang yang dapat tumbuh liar di pesisir pantai, dataran tinggi bahkan di lokasi tanah keras dan berkapur. Di bagian dalam buahnya terdapat serat halus yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku serat tekstil. Untuk mengetahui karakteristik dan potensi pemanfaatannya, pada penelitian ini dilakukan karakterisasi berdasarkan morfologi, sifat kimia, fisika dan mekanik serta uji pemintalan. Sampel *Calotropis gigantea* yang digunakan diambil dari Semarang, Pangandaran, Ciamis, Cilacap dan Yogyakarta. Untuk pembandingan, dilakukan pula pengamatan pada serat kapas dan kapok. Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa morfologi serat *Calotropis gigantea* berbentuk hollow (berongga) dengan volume hollow 92,3 – 94,7 % dan rendemen serat 8,9 % dari berat buah. Kandungan selulosa 66,52 – 71,62 %; lignin 13,45 - 14,08 %; kadar air (MC 7,3 %; MR 7,9 %); rasio daya serap minyak : air 60,89 kali (g/g) dan 57,06 kali (g/cm<sup>3</sup>). Sifat fisika *Calotropis gigantea* : panjang  $\pm$  1,25

inchi; kerataan panjang 84,0; kekuatan per berkas 37,8 g/tex; efek kilau tinggi (+b 19,6); indeks serat pendek 7,8; mulur rendah (3,9 %); ringan dan halus (2,02 m); kaku; permukaan licin; mengapung di air dan minyak (buoyant). Hasil uji pemintalan 100% *Calotropis Gigantea* menunjukkan bahwa kualitas benang masih di bawah standar mutu benang ring tenun (carded) kapas 100 % (SNI 08-0033-2006). Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian, serat dari buah *Calotropis gigantea* memiliki karakteristik potensial sebagai bahan tekstil seperti filler untuk material pengapung dan penyerap tumpahan minyak.

Hazura, Mohamed, Hisyam Lee, Muhammad, dan Sarahintu, Mazalan (2008), dalam penelitian ini metode *Taguchi* digunakan untuk mengidentifikasi beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja protokol routing *Destination Sequence Distance Vector (DSDV)*. Kinerja protokol *routing DSDV* pada jaringan *ad hoc mobile* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kecepatan node, waktu jeda node dan beban trafik. Dengan menggunakan desain eksperimental ortogonal dan teknik analisis, kinerja protokol dapat dianalisis dengan kesimpulan yang lebih obyektif hanya melalui sejumlah kecil eksperimen simulasi.

Kinerja diukur sehubungan dengan rasio pengiriman paket. *Analisis varians (ANOVA)* dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor signifikan yang mempengaruhi respons dan kombinasi tingkat faktor terbaik ditentukan melalui analisis rasio *signal-to-noise*. Dari penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa beban trafik memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap rasio pengiriman paket, diikuti oleh waktu jeda. Rekomendasi dari penelitian ini adanya pengaturan optimal untuk performa terbaik ditentukan. Pengaturan optimal telah

menghasilkan peningkatan paket yang dikirim. Temuan ini menunjukkan bahwa metode Taguchi dapat menjadi alat yang berharga untuk menyelidiki efek utama atau interaksi beberapa faktor dalam kinerja protokol perutean jaringan ad hoc seluler.

Emel Ceyhun Sabır dan Çiğdem Sarpkaya (2014) meneliti parameter ukuran optimal untuk mendapatkan kekuatan benang berukuran baik dan efisiensi mesin tenun. Proses pengukuran telah dilakukan dengan menggunakan Ne 50/1, 60/1 dan 70/1 benang kapas dan 40, 50, 60, 70, 80, 90 m/menit kecepatan pengiriman benang pakan dalam mesin. Viskositas larutan ukuran disimpan sebagai 14, 20, 24 Ns/m<sup>2</sup>. Desain eksperimen Taguchi L18 digunakan untuk analisis faktor input yang dipilih. Kecepatan penggulungan ditemukan sebagai parameter yang paling berpengaruh untuk menentukan kekuatan benang dan efisiensi kecepatan mesin tenun. Kekuatan benang optimal ditemukan menggunakan benang katun Ne 70/1, kecepatan penggulungan 40 m/menit dan viskositas larutan ukuran 24 Ns/m<sup>2</sup>. Efisiensi mesin tenun optimal diperoleh dengan menggunakan benang kapas Ne 60/1, kecepatan pengiriman 70 m/menit dan viskositas larutan ukuran 20 Ns/m<sup>2</sup>.

Mohit Mittal (2015) meneliti tentang implementasi Metode *Taguchi* berbasis *Design of Experiments (DOE)* dalam operasi *Corrugation* untuk mengoptimalkan produktivitas. *The Orthogonal Array, Signal to Noise Ratio*, pengaruh faktor individu digunakan untuk mempelajari karakteristik kualitas pada operasi dalam industri kemasan bergelombang. Dalam proses penelitian, faktor kontrol kritis yaitu bahan baku, suhu *preheating*, *profil flute*, kecepatan gulungan

bergelombang, perekat, dan suhu rol tekanan dipertimbangkan. Dengan demikian, susunan ortogonal yang sesuai dirancang & eksperimen dilakukan. Setelah melakukan percobaan dilakukan perhitungan *signal to noise ratio* untuk menentukan nilai parameter yang optimum. Hasil ini dibandingkan dengan hasil metode faktorial lengkap.

Eksperimen dilakukan dengan faktor & levelnya masing-masing dari 8 percobaan dilakukan 3 kali (24 percobaan) untuk memperhitungkan variasi yang mungkin terjadi karena faktor kebisingan. Nilai terukur dari tingkat produksi yang diperoleh dari percobaan yang berbeda pada nilai tingkat dan faktor kontrol eksperimen yang menyajikan Mean, Rataan / Waktu (Outp / Menit) pada tiap nomor eksperimen.

Menghitung Rasio S / N. Rasio S / N dari semua percobaan dengan jenis fungsi kontrol yang Lebih Besar-Lebih-Lebih Baik, dari semua percobaan dihitung dan ditabulasikan. Rasio S / N untuk faktor kontrol individu.

Parameter Tingkat ; (a). bahan baku , (b). preheat temp S / N , (c). jenis flute rasio S / N , (d). rasio kecepatan S / N. Untuk menghitung "Laju Produksi" fungsi tujuan, jenis "*larger the better*" digunakan seperti yang ditunjukkan.  $\eta = -10 \log_{10} (i^2/n)$ . Analisis pengaruh faktor T =  $(251 + 269.60 + 259.33 + 297.66 + 264.66 + 209.33 + 245 + 289.33)/8 = 260.74$  48.5548.0247.647.84848.248.448.6, (e). rasio adhesive S / N, (f). rasio pressure roll temp S / N Level faktor yang sesuai dengan rasio S / N tertinggi dipilih untuk mengoptimalkan kondisi. Dari grafik linier ini jelas bahwa nilai optimal dari faktor-faktor dan levelnya diberikan di bawah ini.

Peningkatan kinerja dari DOE = Perkiraan kinerja pada kondisi optimal ( $Y_{opt}$ )  
 $Y_{opt} = 297.66$ . Perkiraan kinerja dapat dinyatakan dalam persentase peningkatan, jika kinerja saat ini diketahui. Asumsikan bahwa kinerja saat ini adalah rata-rata kinerja rata-rata ( $Y_{current}$ ) = 264,66 Peningkatan =  $x 100 = x 100 = 12,5\%$  4,8.

Konfirmasi eksperimen menunjukkan yang dilakukan menggunakan bahan baku jenis media kraft liner & beralur, 192,2 °C Temp. preheater, jenis gulungan bergelombang Flute Kasar, Gulungan Bergelombang berkecepatan 40 m / mnt, perekat jenis Hibrida Amilosa Tinggi, & Suhu Gulungan Tekanan 115 °C. Total 3 set eksperimen dilakukan & laju produksinya dihitung dapat dilihat bahwa hasilnya konsisten.

Gloy YS, Renkens W, Herty M, Gries T (2015) meneliti bahwa ketegangan benang pakan dan benang pakan adalah parameter utama dari proses pembuatan kain menenun. Analisis sistem *lead* mesin tenunke model simulasi untuk menghitung tegangan benang pakan. Validasi simulasi telah menunjukkan hal itu hasilnya sesuai dengan kenyataan. Pada langkah kedua, model yang ditingkatkan dari simulasi ini digunakan di kombinasi dengan algoritma genetika dan metode berbasis gradient untuk menghitung parameter pengaturan yang dioptimalkan untuk proses menenun. Fungsi biaya ditentukan dengan mempertimbangkan arah tegangan pakan yang diinginkan. Yang diketahui, bahwa kursus tegangan pakan yang rendah dan konstan cocok untuk menenun. Menggunakan algoritma genetika atau gradient. Metode berbasis mengarah pada parameter mesin tenun yang dioptimalkan. Menerapkan parameter pengaturan yang dioptimalkan pada alat tenun menunjukkan bahwa kualitas kain yang



dihasilkan dapat ditingkatkan. Analisis lebih lanjut dari kain yang diproduksi tidak menunjukkan pengaruh parameter mesin tenun yang dioptimalkan terhadap sifat mekanik atau produktivitas proses menenun. Oleh karena itu produktivitas menggambarkan kemampuan untuk menghasilkan lebih banyak meter kain tenun dalam waktu yang lebih singkat. Itu penting untuk mengurangi waktu penyiapan guna meningkatkan produktivitas. Waktu penyiapan dalam pabrik tenun terjadi terutama karena perubahan balok pakan dan adaptasi mesin tenun seperti mengubah lebar kerja atau kemahiran buluh. Secara umum, pekerja pabrik memiliki pengetahuan yang diperlukan untuk mengatur alat tenun atau pengaturan mesin disimpan dalam database pabrik tenun.

Untuk meningkatkan produktivitas, penting juga untuk mengurangi waktu henti mesin tenun. Waktu henti biasanya terjadi karena kesalahan penyisipan pakan atau benang pakan yang rusak. Sedangkan penghapusan salah pakan yang dimasukkan sudah otomatis pada alat tenun jet udara modern, perbaikan dari warp yang rusak harus dilakukan secara manual. Pengecualian tentu saja tinggi bahan pakan kekuatan seperti aramid atau karbon. Putusnya benang pakan terjadi jika tegangan pakan terlalu tinggi. Sebaliknya, jika tegangan pakan terlalu rendah, benang pakan akan macet dan kemudian putus. Selanjutnya juga tegangan pakan yang rendah mengarah ke formasi pembukaan mulut pakan yang tidak bersih. pembukaan mulut pakan yang jelas adalah dibutuhkan agar masalah penyisipan pakan berkurang. Kurva gerak untuk sandaran dengan mempertimbangkan parameter akun seperti konstruksi kain, pakan sifat benang, penarikan pakan dan pengaturan mesin tenun. Untuk produksi twill 6-pick dalam kondisi industri, motor sistem

sandaran yang digerakkan mengurangi kerusakan/cacat benang pakan sekitar 61% dibandingkan untuk mesin tenun dengan sandaran negatif dan 74% dibandingkan mesin tenun identik.

Saufik Luthfianto, Siswiyanti Siswiyanti, Ahmad Farid (2009) penelitian yang dilakukan menghasilkan hasil survey awal sekitar 20% produk yang mengalami cacat seperti warna yang tidak sama antara satu batik dengan batik lainnya, kualitas ka kain yang kurang nyaman dan kekuatan kain yang mudah robek sehingga ada beberapa batik tulis yang dikembalikan kepada pengrajin karena kualitasnya kurang bagus. Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental murni yang mengidentifikasi karakteristik kualitas dengan metode taguchi, terdiri 4 faktor terkendali masing-masing memiliki 2 level, Jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks orthogonal array yaitu 8 sehingga orthogonal array yang sesuai adalah L8 (27). Hasil penelitian ini adalah faktor - faktor yang berpengaruh pada hasil desain produk batik tulis Tegal adalah bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan dan pelilinan. Setting level optimal dari tingkat kualitas hasil desain sebagai dasar peningkatan kualitas produk batik tulis Tegal adalah pada bahan kain batik menggunakan mori primissima kupu, pewarnaan dengan warna naftol, pencelupan selama 50 menit dan pelilinan dengan suhu 70o C., dari analisis of variance mean dan SNR memberikan hasil yaitu F hitung lebih besar dari F tabel ini berarti bahwa semua faktor signifikan terhadap Ketahanan Luntur Warna terhadap Sabun, Ketahanan Luntur Warna terhadap Gosokan Kain, dan Kekuatan Tarik dan Mulur Kain. Peningkatan kualitas batik tulis Tegal dari pengujian ketahanan luntur warna

terhadap sabun, kekuatan tarik, dan ketahanan luntur warna terhadap gosokan kering masing-masing adalah sebesar 8%, 5,03% dan 17,33% dengan rata-rata peningkatan kualitas sebesar 10,12%.

Adi Maulana Saputra (2017) meneliti tahapan setelah pembuatan proses pembuatan kain tenun ke pembuatan batik. Pada proses ini ada yang disebut sebagai proses nglorot yaitu proses membersihkan kain batik dari lilin, di tahapan ini ada permasalahan yang membuat kualitas batik berkurang karena lilin masih ada yang menempel pada kain. Berdasarkan hasil penelitian di proses nglorot ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kandungan lilin pada kain yaitu air, bahan kimia (soda), waktu perebusan, jumlah kain, dan temperatur panas kompor. Akan tetapi CV. Batik Ayunda belum mengetahui kombinasi dan komposisi yang tepat dari semua faktor berpengaruh tersebut. Melalui desain eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi bisa menemukan kombinasi dan komposisi yang tepat dari semua faktor. Setelah melalui pengumpulan dan pengolahan data dapat diketahui kombinasi dengan komposisi yang tepat dari setiap faktor adalah Air sebanyak 105 liter, bahan kimia (soda) 700 gram, Waktu perebusan selama 15 menit, temperatur panas air yang digunakan 120 derajat celsius dan jumlah kain yang direbus sebanyak 28 pcs setiap sekali proses nglorot. Dan dari semua faktor yang berpengaruh, faktor yang paling dominan penaruhnya terhadap lilin adalah bahan kimia (soda) dengan persen kontribusi sebesar 36%.

Evan Nugraha, Rini Mulyani Sari (2018) meneliti kendala yang ada pada proses produksi beberapa corak kain katun yang diproduksi oleh PT. X, diantaranya kain katun tipe 185, tipe 186, tipe 188 dan tipe 189. Kendala dalam

bagian operasional produksi, khususnya bagian penenunan kain. Berdasarkan *literature review* yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa *lean* dapat diimplementasikan pada industri tekstil, namun tidak sepenuhnya, metode yang dipilih dalam melakukan penelitian ini metode studi kasus. Maka harus dibangun proporsi terlebih dahulu sehingga arah penelitian menjadi jelas dan terarah. Terdapat dua produk yang dipilih sebagai studi kasus yaitu katun 189 dan katun 188. Penelitian ini dilakukan dalam dua langkah. Langkah pertama berupa pengukuran performansi operasional situasi sebelum dan sesudah mengimplementasikan metode *lean*. Tahap terakhir adalah membandingkan antara data empiris dengan proposisi yang. Metode *lean* akan meningkatkan ketepatan pengiriman produk yang dapat dibuktikan dengan penurunan *cycle time* untuk kedua studi kasus berkisar antara 18,5% hingga 31,5%. Metode *cross case* diaplikasikan melalui pelaksanaan *kanban* dan *set up time reduction*, pembentukan *pull system* di rantai produksi. Alat ukur yang dipergunakan untuk melihat proses implementasi metode *lean* di industri tekstil adalah *cycle time* produk katun tipe 188 dan tipe 189. Langkah penerapan metode *lean* di industri tekstil adalah sebagai berikut: a) *training* yang terpadu bias terlaksana dengan dukungan *focus group discuss* dan *coordination* sebagai *moderating variable* yang baik akan mendukung terlaksananya *pull system* yang kontinu, b) pelaksanaan *pull system* dengan didukung pelaksanaan *set up time reduction* dan *kanban* yang kontinu, pelaksanaan *training* yang terpadu dengan dukungan *focus group discuss* dan *coordination* yang baik sebagai *moderating variable* akan meningkatkan ketepatan waktu pengiriman produk ke proses selanjutnya, c)

penerapan metode *lean* akan menurunkan *cycle time* untuk kedua studi kasus di industri tekstil, dengan rincian sebagai berikut: a. untuk studi kasus katun 189 menghasilkan penurunan sebesar 22,8%, b. untuk studi kasus katun 188 menghasilkan penurunan sebesar 13,9%. Dari penjelasan diatas terbukti bahwa proposisi waktu proses bisa direduksi kembali menjadi lebih cepat dengan menerapkan metode *lean*.

A. Parkhan, I. D. Widodo dan F.N. Amin (2017) meneliti kualitas pelet, salah satu bentuk pakan ternak, tidak hanya diukur dari nutrisinya konten tetapi juga oleh bentuk fisiknya. Kekuatan fisik pelet ditentukan dari tidak mudah hancur dan tidak mudah berjamur. Kedua karakteristik kualitas diukur dengan keandalan (pelet indeks daya tahan) dan ketahanan (persentase kadar air). Untuk meningkatkan kualitas Pelet, penelitian ini menerapkan metode Multi Response Signal to Noise (MRSN). Berat atribut kualitas produk yang digunakan akan mempengaruhi metode dalam menentukan yang dipilih alternatif. Untuk mengakomodasi bobot atribut kualitas produk yang dinamis, penelitian ini juga menjalankan analisis sensitivitas bobot atribut kualitas produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi level faktor yang menghasilkan pelet optimal adalah A2, B1, C1, D1, E1, F1, G2 atau kombinasi proses produksi dijalankan dengan tekanan uap 1,9 bar, kondisi suhu 80°C, cetakan pelet 3,5 mm, suhu pendingin 30°C, waktu dalam pendingin 2 menit, jarak rol 1,5 cm, waktu pengadukan 175 detik. Kombinasi optimal ini dapat meningkatkan PDI persentase sebesar 2,132% dan mengurangi perbedaan target isi air sebesar 0,234%. Kombinasi level faktor optimal akan berubah jika bobot untuk% PDI naik

menjadi lebih dari 0,77228 atau menurun menjadi kurang dari 0,00561 atau dengan kata lain kombinasi optimal akan tidak berubah jika berat untuk% PDI berada di kisaran 0,00561 - 0,77228.

Akhmad Nidhomuz Zaman dan Fatma Ayu Nuning Farida Afiatna (2017) meneliti tentang situasi industri yang semakin kompetitif ditambah lagi kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat menuntut setiap pelaku ekonomi maupun bisnis untuk mampu bergerak cepat, mengantisipasi keadaan dan mampu melihat tendensi keadaan persaingan usaha jauh ke depan. Maka setiap industri dituntut untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang terbaik agar tetap mampu bertahan dan saling bersaing dengan industri sejenis. PT KLM selalu meningkatkan kualitas produknya. Namun, kenyataan di lapangan masih terjadi penyimpangan kualitas dari kekuatan tarik benang yang disebabkan oleh faktor bahan baku dan setting mesin extruder antara lain Polypropylene (PP), Calcium Carbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), dan kecepatan screw. Metode dalam penelitian ini identifikasi faktor kekuatan benang plastik, pemilihan sesuai dengan Orthogonal Array, melakukan uji kualitas pada benang dengan alat uji tarik benang plastik, menghitung *Pooling of Error Variance*. Rumusan masalah penelitian ini adalah faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang plastik dan bagaimana kombinasi optimal dari faktor dan level yang berpengaruh berdasarkan metode Taguchi. Tujuan adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang plastik, serta menentukan kombinasi kekuatan tarik benang yang optimum. Berdasarkan identifikasi, maka faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang adalah polypropylene (PP), calcium

carbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan kecepatan screw. Hasil penelitian faktor yang mempengaruhi terhadap kuat tarik benang polypropylene (PP) pada level 1 sebanyak 9700 gram, faktor calcium carbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada level 1 sebanyak 3000 gram, dan faktor kecepatan screw pada level 2 sebesar 450 rpm.

Mohammad Zakaria, Md. Shakhawat Hossain, S.M. Bin Rafat Hasan Chowdhury, M.A. Sakib, Ronju Miah (2015), meneliti tentang cacat pada proses pembuatan kain/pertenenan banyak disebabkan pada proses persiapan pembuatan kain. Beberapa kesalahan seperti kanji terlalu kaku, kanji terlalu lengket, teganganbenang pakan berlebihan, benang pakan silang, sering terjadi dan tidak dapat diidentifikasi sebelum proses menenun. Modifikasi proses penenunan dengan *on-loom sizing* merupakan pengembangan dimana sizing dilakukan tepat pada saat sebelumnyatenun. Artinya satu unit size box ukuran miniatur untuk satu alat tenun.

Keberhasilan proses produksi sangat tergantung pada pemilihan bahan baku dan kapasitas produksinya. Dalam proyek ini bahan bakunya antara lain pati yang telah dimodifikasi (Tapioka), Parafinwax Tallow & binder digunakan sebagai bahan ukuran. Resep ukuran biasa yang digunakan antara lain pati 50.00, lilin parafin 3.00, dalda (lemak) 4.00, pengikat 4.00.n

Hasilnya dapat dievaluasi dengan mengukur kekuatan tarik benang pakan dengan pengujian kekuatan tarik universal (Model: M250-3CT) digunakan untuk mengukur kekuatan tarik Lab DUET. Prosedur pengujian dilakukan sesuai ASTM D 2256. Perbandingan kekuatan tarik antara benang pakan tak berukuran dan benang pakan berukuran ditunjukkan pada ukuran benang pakan meningkat

hingga (16.043-11.481) 4.562 g/tex dengan perpanjangan 11,52. Jelas bahwa ukuran pada alat tenun dilakukan dengan benar. Hasil testromatrik dari benang pakan (g / tex) Min 8,9 3.551 8.496, Maksimal 13.371 5.348 14.458, S.D 1.389 0.558 2.132, CV% 12.05 12.114 18.566. Hasil testromatrik dari benang pakan (g / tex) Min 7,04 2,815 13,015 Maksimal 13.369 5.346 19.56 S.D 2.088 0.836 2.452 CV% 21.053 21.08 15.255

Genisa Meira, Titi Soegiarty, Bandi Sobandi (2019) meneliti bahwa terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kelunturan pada kain tenun, salah satunya berdasarkan parameter keringat. Pada hasil uji ketahanan luntur warna yang telah dilakukan terhadap sampel batik, diperoleh nilai 2 untuk keringat asam dan basa yang menunjukkan bahwa hasil tersebut belum sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SNI. Oleh karena itu, dilakukan penelitian menggunakan desain eksperimen dengan ANOVA untuk mengidentifikasi faktor-faktor kendali dan menentukan nilai setting level optimal. Pada penelitian ini didapatkan setting level optimal dengan jenis kain rayon, jenis zat pewarna indigosol, jenis bahan pengunci waterglass dan kostik, rasio bahan pengunci  $\frac{1}{4}:\frac{3}{4}$ , jumlah pencelupan 3 kali, waktu pencucian 3 jam, jenis air: air pH 7,5, dan  $\text{NH}_3$  0,08mg/L. Hasil eksperimen konfirmasi juga telah menunjukkan hasil uji ketahanan luntur warna telah memenuhi standar SNI.

Yusniar Siregar, Mochamad Sahid Alamsyah, Moekarto Moeliono (2015), melakukan penelitian untuk untuk membuat benang *Slub* dengan menggunakan Mesin *Creative Caipo Spin Tester* yang dapat diaplikasikan pada kain tenun tradisional. Kain tenun dihasilkan dari benang pakan sutera dan tiga variasi



susunan benang pakan sutera dan benang *Slub* kapas. Proses pertenunan dilakukan dengan ATBM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kain yang menggunakan benang pakan *Slub* memiliki kekuatan sobek kain tertinggi yaitu sebesar 1,56 MPa dibandingkan dengan kain dengan benang pakan sutera atau sutera-*Slub*. Kekuatan tarik kain yang menggunakan benang pakan sutera-*Slub* dan pakan *Slub* lebih rendah bila dibandingkan dengan kain pakan sutera, yaitu masing-masing sebesar 34,39 MPa dan 16,02 MPa. Namun nilai kekuatan tarik dan kekuatan sobek dari ketiga jenis variasi kain masih sesuai dengan persyaratan mutu SNI 0051:2008 Kain Tenun untuk Kemeja. Kelangkaan kain yang menggunakan pakan *Slub* relatif cukup baik dengan nilai kelangkaan 0,79.

Nina Triawati (2007) meneliti tentang penggunaan benang rayon dalam pembuatan kaos (knitting) dan kain untuk hem batik (tenun). Eksperimen Taguchi merupakan metode pendekatan optimasi kualitas dengan tujuan untuk membuat suatu desain produk dan proses agar dapat mengurangi kemungkinan timbulnya variasi pada produk. Tujuan ini akan dapat tercapai jika perusahaan mampu mengidentifikasi adanya faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor-faktor tersebut pada tingkat atau level yang sesuai. Penelitian ini difokuskan pada bagaimana menentukan setting level optimal yang tepat dari proses pembuatan benang rayon nomor 30 pada mesin ring spinning dilihat dari karakteristik kualitas ketidakrataan benang, kekuatan tarik benang, dan puntiran pada benang sebagai upaya untuk meminimasi total kerugian yang diakibatkan variasi tiga karakteristik kualitas secara simultan. Pendekatan yang digunakan adalah dengan mengkombinasikan antara desain eksperimen dari

metode Taguchi, model regresi, dan optimasi dari quality loss function dengan menggunakan model non linear programming. Eksperimen yang dilakukan terdiri dari 3 tahap. Eksperimen tahap 1 berdasarkan setting perusahaan menggunakan sampel sebanyak 30 buah, eksperimen tahap 2 berdasarkan orthogonal array yang digunakan yaitu L27(3<sup>13</sup>) menggunakan 4 replikasi untuk tiap-tiap kombinasi level, eksperimen tahap 3 berdasarkan setting optimal menggunakan sampel sebanyak 10 buah.

Nilai karakteristik kualitas untuk ketidakrataan benang adalah sebesar 9,729 %, untuk kekuatan tarik benang sebesar 346,232 gram dan untuk puntiran pada benang sebesar 18,437. Total kerugian akibat tiga karakteristik kualitas pada kondisi aktual adalah sebesar Rp 171.372,00. Setelah dilakukan penelitian dengan hasil setting level optimal, diperoleh nilai karakteristik kualitas untuk ketidakrataan benang sebesar 9,480 %, untuk kekuatan tarik benang sebesar 351,093 gram dan untuk puntiran benang sebesar 18,092. Total kerugian pada kondisi optimal adalah sebesar Rp 119.328,00 per cone benang

Penelitian ini akan melakukan penentuan kombinasi level faktor pada rancangan kualitas kain hasil proses menenun dengan benang pakan serat *cotton* dan benang pakan serat *sisal* pada proses pembuatan kain menggunakan alat tenun bukan mesin dengan desain eksperimen menggunakan metode *taguchi*.

## **2.2. Definisi *Quality* (Mutu / Kualitas)**

Pengertian mutu/kualitas mencakup segala keistimewaan atau keunggulan yang memberikan kepuasan total kepada konsumen, meliputi keunggulan dalam

kualitas produk, harga, ketepatan waktu, pelayanan, keamanan dan pertimbangan moral (*Phill Crosby, 1998*)

Sementara (*Edward Deming, 2001*) ,menyatakan mutu berarti pemecahan masalah untuk mencapai penyempurnaan terus menerus. Dalam hal ini berarti mutu berarti sesuatu yang kontinu, senantiasa ada perbaikan, tidak stagnan.

*Gaspersz (2001)* mengatakan K. Ishikawa pencipta diagram tulang ikan, menyatakan mutu berarti kepuasan pelanggan, baik pelanggan internal maupun eksternal. kepuasan pelanggan internal akan menyebabkan kepuasan pelanggan eksternal. Dengan pengertian mutu/kualitas adalah faktor keputusan mendasar dari pelanggan, bukan ketetapan insinyur, pasar atau ketetapan manajemen. Tapi berdasarkan atas pengalaman nyata pelanggan terhadap produk dan jasa pelayanan, mengukurnya, mengharapkannya, dijanjikan atau tidak, sadar atau hanya dirasakan, operasional teknik atau subjektif sama sekali, dan selalu menggambarkan target yang bergerak dalam pasar kompetitif.

Kualitas merupakan gambaran total sifat dari suatu produk atau jasa pelayanan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk memberikan kebutuhan kepuasan, kecocokan penggunaan produk (*fitnes for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan (*Heizer dan Render, 1993*).

Montgomeri (2001) menyatakan kecocokan penggunaan suatu produk didasarkan atas lima ciri utama yaitu produk mempunyai daya tahan penggunaan lama (teknologi), produk meningkatkan citra atau status pemakainya (psikologis), produk tidak mudah rusak dan handal (waktu), adanya jaminan kualitas (quality assurance) dan sesuai etika jika digunakan (etika).

Menurut *Juran* (Besterfield dkk, 1995), kualitas adalah kesesuaian untuk penggunaan (*fitness for use*), ini berarti bahwa suatu produk atau jasa hendaklah sesuai dengan apa yang diperlukan atau diharapkan oleh pengguna, lebih jauh *Juran* mengemukakan lima dimensi kualitas yaitu :

- a. Rancangan (*design*), sebagai spesifikasi produk
- b. Kesesuaian (*conformance*), yakni kesesuaian antara maksud desain dengan penyampaian produk actual
- c. Ketersediaan (*availability*), mencakup aspek kedapatdipercayaan, serta ketahanan. Dan produk itu tersedia bagi konsumen untuk digunakan.
- d. Keamanan (*safety*), aman dan tidak membahayakan konsumen.

Berdasarkan definisi diatas, pengertian kualitas dalam konteks pengendalian proses statistik adalah bagaimana suatu produk mampu memenuhi spesifikasi dan toleransi yang ditetapkan oleh perusahaan yang didasarkan pada tuntutan konsumen yang mampu diterjemahkan oleh bagian desain perusahaan. Spesifikasi dan toleransi yang ditetapkan oleh bagian desain produk yang disebut sebagai kualitas desain (*quality of design*) selalu berorientasi kepada kebutuhan atau keinginan konsumen.

Dalam industri tekstil, pengendalian mutu merupakan salah satu aspek yang tidak dapat diabaikan terutama berkaitan dengan perkembangan industri tekstil itu sendiri yang harus mampu bersaing secara nasional maupun internasional sepanjang masa. Untuk kepentingan tersebut, selanjutnya akan disajikan hal-hal yang bertalian dengan masalah pengendalian mutu dalam industri tekstil

### 2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu kita ukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan yang standar. (Montgomeri, 2001)

Pengendalian kualitas merupakan proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Aktivitas pengendalian kualitas mencakup dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen. Pengendalian kualitas ditujukan mencapai seluruh target dari perbaikan terus-menerus, penemuan yang dipercepat, penyelesaian masalah dengan cepat, dan efektivitas biaya dalam meningkatkan kualitas produk. Pengendalian kualitas dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu pengendalian kualitas secara *off-line* dan pengendalian kualitas secara *on-line* (Soejanto, 2009).

#### 2.3.1. Pengendalian Kualitas Secara *Off-Line*

Pengendalian kualitas *off line* berhubungan dengan aktifitas selama pengembangan produk dan desain proses. Aktifitas yang dilakukan meliputi: identifikasi keinginan konsumen dan yang diharapkan konsumen, mendesain produk yang sesuai dengan harapan konsumen, mendesain produk secara konsisten dan secara ekonomi menguntungkan dan mengembangkan secara jelas dan cukup spesifik standar, prosedur, dan peralatan produksi. Taguchi memperkenalkan pendekatan *off line* dengan desain eksperimen yang ditujukan

untuk meminimumkan variasi disetiap nilai target, mendesain produk dan proses, sehingga kualitasnya *robust* terhadap kondisi lingkungan dan mengembangkan produk atau proses sehingga kualitas robust terhadap variasi komponen. *Robust* berarti produk atau proses yang secara konsisten berada pada target dan relatif tidak sensitif terhadap faktor yang sulit dikontrol. Pengendalian kualitas secara *off-line* dibagi menjadi 3 tahap (Belavendram, 1995), yaitu :

#### Tahap I : Perancangan Konsep

Tahap ini berhubungan dengan memunculkan ide dalam kegiatan perancangan dan pengembangan produk, dimana ide tersebut diidentifikasi dari keinginan konsumen. Model atau metode yang dapat digunakan pada tahap ini antara lain :

- a. *Quality Function Development*, yaitu menterjemahkan keinginan konsumen ke dalam istilah teknis.
- b. *Competitive Technology Assesment* : Melakukan *benchmark* terhadap sifat *robustness* dari teknologi pengembangan internal dan eksternal.
- c. *Design Of Experiment*, meliputi eksperimen faktorial penuh dan faktorial parsial untuk dapat mengetahui efek dari beberapa parameter serentak.

#### Tahap II : Perancangan Parameter

Tahap ini berfungsi untuk mengoptimalisasi level dari faktor kendali terhadap efek yang ditimbulkan oleh faktor lain sehingga produk yang ditimbulkan dapat tangguh terhadap *noise*. Karena itu perancangan parameter sering disebut sebagai *Robust Design*. Model atau metode yang digunakan dalam tahap ini antara lain :

- a. *Engineering Analysis*, melalui pelatihan, pengalaman, dan percobaan untuk menemukan variabilitas dan respon yang efektif.
- b. *The System P-Diagram* merupakan suatu model yang tangguh untuk menggambarkan dan menggolongkan berbagai parameter yang mempengaruhi *output system*.
- c. *Dynamic and Static Signal to Noise Optimization* yaitu mengoptimalkan suatu perancangan parameter untuk mengurangi variabilitas dengan menggunakan perhitungan *signal to noise ratio*.
- d. *Crossed Array Experiment* yaitu sebuah perancangan eksperimen khusus dengan cara memanfaatkan interaksi antara faktor kendali dan faktor *noise* sehingga membuat sistem lebih *robust*.

#### Tahap III : Perancangan Toleransi

Merupakan tahap terakhir dengan cara membuat *matrik orthogonal*, *loss function*, dan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menyeimbangkan biaya dan kualitas suatu produk.

Model atau metode yang digunakan pada tahap ini antara lain :

- a. *Quality Loss Function*, merupakan persamaan yang menghubungkan variasi dan performansi biaya produk dengan level deviasi dari target.
- b. *Analysis of Variance (ANOVA)*, yaitu suatu teknik statistik yang secara kuantitatif menentukan kontribusi variasi total, yang dibentuk dari setiap faktor *noise* dan faktor kendali. *Design of Experiment* meliputi eksperimen faktorial penuh dan faktorial parsial untuk dapat mengetahui efek dari beberapa parameter secara serentak.

### 2.3.2. Pengendalian Kualitas Secara *On-Line*

Pengendalian kualitas secara *on-line* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung *atau dengan kata lain on-line quality control* dilakukan ketika proses produksi mulai berjalan sampai produk selesai dibuat dan siap dipasarkan ke konsumen dengan mengendalikan variasi produk dan spesifikasi (Belavendram, 1995).

Pengendalian kualitas secara *on-line* juga digunakan pada mesin-mesin produksi yang ditujukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin produksi tersebut. Beberapa model yang digunakan dalam pengendalian kualitas secara *on-line* antara lain :

1. *Statistical Process Control*, digunakan untuk pengamatan, pengendalian, dan pengujian pada tiap tahap proses produksi agar dapat mengidentifikasi dan mengontrol terjadi penyimpangan.
2. *Static Signal-to-Noise-Ratio*, ditujukan untuk mereduksi variasi dengan menggunakan aplikasi dari *robust design* untuk memecahkan permasalahan dalam proses produksi.
3. *Compensation*, yaitu berbagai rencana pengendalian untuk menjaga agar proses yang terjadi sesuai dengan target.
4. *Loss Function-Based Process Control*, ditujukan untuk mengurangi pengurangan seluruh biaya produksi termasuk biaya per unit, biaya inspeksi, dan biaya *set-up* yang diperlukan dalam pengendalian proses serta *quality loss* yang diakibatkan oleh sisa variasi pada output.



## 2.4. Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah/ tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (Sudjana, 1991).

Desain suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Mengingat perlunya efisiensi waktu, biaya, tenaga, dan material yang digunakan maka desain eksperimen yang dibuat harus se-sederhana mungkin. Jadi desain eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum (Yusuf, 2009).

### 2.4.1. Prinsip Dasar Desain Eksperimen

Prinsip dasar dari suatu desain eksperimen yang meliputi beberapa hal, (Sudjana 1991) diantaranya :

#### 1. Replikasi

Replikasi atau pengulangan eksperimen dasar, dalam eksperimen diperlukan karena dapat :

- a. Memberikan tafsiran kekeliruan eksperimen yang dapat digunakan dalam menentukan panjang interval konfidensi atau dapat digunakan sebagai “satuan dasar pengukuran” untuk penetapan taraf signifikansi dari pada perbedaan - perbedaan yang diamati.
- b. Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.

c. Menghasilkan taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata suatu faktor.

## 2. Pengacakan

Salah satu asumsi dalam eksperimen adalah bahwa data pengamatan berdistribusi secara *independent*. Asumsi ini sulit terpenuhi, akan tetapi dengan jalan berpedoman kepada prinsip sampel acak yang diambil dari sebuah populasi atau berpedoman pada perlakuan acak terhadap unit eksperimen, maka pengujian dapat dijalankan seakan-akan asumsi yang telah diambil terpenuhi. Pengacakan memungkinkan untuk melanjutkan langkah-langkah berikutnya dengan anggapan soal *independent* menjadi suatu kenyataan.

## 3. Kontrol Lokal

Merupakan sebagian dari keseluruhan prinsip-prinsip desain yang harus dilaksanakan. Umumnya merupakan langkah-langkah yang berbentuk penyimpangan, pengelompokan, dan pemblokkan unit-unit eksperimen yang digunakan dalam desain (Sudjana, 1991).

### 2.4.2. Langkah - Langkah dalam Melaksanakan Desain Eksperimen

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan desain eksperimen adalah sebagai berikut (Sudjana 1991) :

- a. Menyatakan mengenai masalah atau persoalan yang akan dibahas.
- b. Merumuskan hipotesa.
- c. Menentukan teknik dan desain eksperimen yang diperlukan.
- d. Memeriksa semua hasil yang mungkin dan latar belakang atau alasan supaya eksperimen setepat mungkin memberikan informasi yang diperlukan.

- e. Mempertimbangkan semua hasil yang ditinjau dari prosedur statistik yang diharapkan berlaku untuk itu.
- f. Melakukan eksperimen.
- g. Penggunaan teknik statistik terhadap data hasil eksperimen.
- h. Mengambil kesimpulan dengan jalan menggunakan atau memperhitungkan derajat kepercayaan yang wajar mengenai satuan-satuan yang dinilai.
- i. Membandingkan kualitas proses yang baru dengan proses yang lama.

Desain eksperimen terdiri dari desain eksperimen konvensional dan desain eksperimen Taguchi. Desain eksperimen konvensional semakin ditinggalkan, karena membutuhkan jumlah eksperimen yang besar sehingga menghabiskan banyak waktu, biaya dan tenaga. Lain halnya dengan desain eksperimen Taguchi yang ditujukan untuk mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon dan interaksinya dengan jumlah eksperimen yang minimal dan memilih level faktor yang terbaik dengan kriteria tertentu sebagai parameter yang optimal. (Ali Parkhan, 2017).

## **2.5. Metode Taguchi**

Metode Taguchi diperkenalkan pertama kali oleh Genichi Taguchi, konsultan pengendalian kualitas dari Jepang pada saat pertemuan yang diselenggarakan oleh AT & T, sebuah perusahaan telekomunikasi terkemuka di Amerika Serikat. Dalam metode Taguchi digunakan matrik yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan

kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen (Peace, 1993).

Tujuan eksperimen Taguchi adalah mendesain cara meminimalkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Taguchi mengembangkan metode desain eksperimen dengan memanfaatkan sifat desain kokoh (*robust design*). Metode ini menghasilkan suatu rancangan proses untuk menghasilkan produk yang tidak sensitif terhadap faktor gangguan atau memiliki performansi yang tangguh (*robust performance*). Perancangan kokoh bermanfaat sebagai alat untuk meningkatkan produktifitas riset dan aktifitas pengembangan, sehingga produk berkualitas tinggi dapat dibuat secepatnya dengan biaya rendah. (Belavendram, 1995)

Menurut Taguchi (1987), ada 2 (dua) segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan. Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal Array* (Peace, 1993). Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian variabel-variabel input untuk masing-masing percobaan.

Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu (Montgomery, 2001) :

1. Kualitas harus didesain kedalam produk dan bukan sekedar memeriksanya. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
2. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

#### 2.5.1. Proses Desain Parameter

Dalam desain percobaan konvensional menganggap bahwa semua faktor sebagai penyebab variasi. Jika faktor-faktor tersebut dikendalikan atau dihilangkan maka variasi dapat dikurangi sehingga kualitas meningkat. Tetapi tidak semua faktor yang berpengaruh dapat dikendalikan tanpa mengeluarkan biaya, sehingga diperlukan pendekatan lain untuk meningkatkan kualitas. Taguchi (1987) telah mengkaji mengenai pendekatan yang digunakan dinamakan desain parameter Taguchi, membagi upaya untuk meningkatkan kualitas atas 3 (tiga) hal, yaitu :

1. Desain Sistem, upaya dimana konsep-konsep, ide-ide, metode baru dan lainnya dimunculkan untuk memberi peningkatan produk.
2. Desain Parameter, upaya untuk mencegah terjadinya variabilitas, dimana parameter-parameter ditentukan untuk menghasilkan performansi yang baik.
3. Desain Toleransi, upaya meningkatkan kualitas dengan mengetatkan toleransi pada parameter produk atau proses untuk mengurangi terjadinya variabilitas pada performansi produk.

### 2.5.2. Rasio *Signal to Noise (S/N Ratio)*

*S/N ratio* adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. Ada beberapa jenis *S/N ratio*, yaitu (Belavendram, 1995):

#### 1. *Smaller-the-Better (STB)*

Karakteristik kualitas yang menggambarkan semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Meskipun demikian, dalam penentuan level faktor optimal tetap dipilih nilai *S/N Ratio* yang terbesar (Belavendram, 1995). Nilai *S/N* untuk jenis karakteristik *STB* adalah :

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2-1)$$

dengan :

$n$  = Jumlah tes di dalam percobaan (*trial*).

$y_i$  = Nilai respon dari cuplikan ke –  $i$  untuk jenis eksperimen tertentu.

#### 2. *Larger-the-Better (LTB)*

Karakteristik kualitas yang menggambarkan semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai *S/N* untuk jenis karakteristik *LTB* adalah :

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2-2)$$

dengan :

$n$  = Jumlah tes di dalam percobaan (*trial*).

$y_i$  = Nilai respon dari cuplikan ke –  $i$  untuk jenis eksperimen tertentu.

#### 3. *Nominal-the-Better (NTB)*

Karakteristik kualitas yang menggambarkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu tersebut maka kualitasnya semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik NTB adalah :

$$S/N_{NTB} = 10 \log \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2-3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2.4)$$

dengan :

$n$  = Jumlah tes di dalam percobaan (*trial*).

$y_i$  = Nilai respon dari cuplikan ke –  $i$  untuk jenis eksperimen tertentu.

### 2.5.3. Faktor Kendali dan Faktor Noise

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk/proses kedalam dua kelompok yaitu faktor kendali dan faktor *noise*. Faktor kendali (*control factors*) yaitu suatu parameter yang dapat dikendalikan oleh perancang dengan memilih level-level faktor yang optimal agar dapat dihasilkan nilai karakteristik mutu yang tidak sensitif terhadap faktor *noise*. Sedangkan faktor noise (*noise factors*) yaitu suatu parameter yang menyebabkan terjadinya penyimpangan nilai karakteristik mutu dari nilai target, tetapi tidak dapat dikendalikan oleh perancang. Faktor noise juga disebut sebagai faktor gangguan atau *uncontrollable factors* yang mempengaruhi karakteristik mutu (respon) (Ali Parkhan, 2017).

Faktor *noise* terdiri dari 3 jenis, yaitu (Belavendram, 1995) :

1. Faktor *noise* eksternal, merupakan sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk.
2. Faktor *noise* dari unit ke unit (disebut juga sebagai variansi toleransi), merupakan hasil dari produksi dimana selalu ada perbedaan dari setiap item yang sejenis yang telah diproduksi.
3. Faktor *noise deteriorasi* (disebut juga *noise* internal) merupakan faktor yang berasal dari sesuatu (internal) yang berubah dari proses atau degradasi dari komponen mesin yang memasuki *over time*.

Dalam desain eksperimen Taguchi, pengaturan faktor *noise* melalui 3 (tiga) cara, yaitu :

1. Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan.
2. Dengan memasukkan faktor *noise* tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor kendali.
3. Dengan menganggap faktor kendali bervariasi.

#### 2.5.4. Perancangan Eksperimen Taguchi

Perancangan eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Peace, 1993). Ada beberapa langkah yang diusulkan Taguchi untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan.
2. Menentukan tujuan penelitian.
3. Menentukan metode dan alat pengukuran.



4. Identifikasi faktor.
5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor *noise*.
6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor.
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi.
8. Menggambarkan *linier graph* yang diperlukan untuk faktor kontrol dan interaksi.
9. Memilih Orthogonal Array.
10. Masukkan faktor atau interaksi ke dalam kolom.
11. Melakukan eksperimen.
12. Analisa hasil eksperimen.
13. Interpretasi hasil.
14. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal.
15. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal.
16. Menjalankan eksperimen konfirmasi (jika diperlukan).

## **2.6. Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array***

*Orthogonal Array* merupakan suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Setiap kolom mewakili faktor/ kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris menunjukkan keadaan dari faktor. Array disebut orthogonal karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen. Jadi *array orthogonal* adalah matriks seimbang dari faktor dan level, sedemikian sehingga pengaruh-pengaruh suatu faktor atau level tidak baur (*confounded*) dengan pengaruh faktor atau level yang lain. (Belavendram, 1995)

Langkah–langkah dalam menentukan dan memilih *orthogonal array* adalah sebagai berikut (Ali Parkhan, 2017) :

#### 2.6.1. Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas adalah banyak pengukuran bebas yang dapat dilakukan untuk menaksir sumber informasi. Angka derajat bebas menunjukkan perbandingan bebas (*fair*) yang dapat dilakukan pada sekelompok data. Perbandingan ini akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas. Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama, sehingga sebisa mungkin digunakan *orthogonal array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *orthogonal array* yang diperlukan dibutuhkan perhitungan derajat bebas (Susilawati, 2015).

Derajat bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

- a. Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B

$$\begin{aligned} V_A &= (\text{jumlah level faktor A}) - 1 \\ &= k_A - 1 \end{aligned} \tag{2-5}$$

$$\begin{aligned} V_B &= (\text{jumlah level faktor B}) - 1 \\ &= k_B - 1 \end{aligned} \tag{2-6}$$

- b. Untuk interaksi, missal interaksi A dan B

$$V_{A \times B} = (k_A - 1) \times (k_B - 1) \tag{2-7}$$

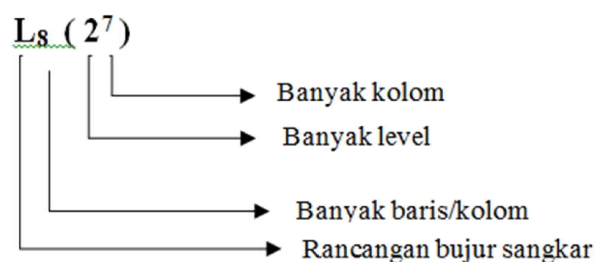
- c. Untuk derajat bebas total

$$(kA - 1) + (kB - 1) + (kA - 1)(kB - 1) \quad (2-8)$$

Tabel *orthogonal array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

### 2.6.2. *Orthogonal Array (OA)*

Matriks eksperimen adalah matriks yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan level dapat ditukar sesama matriks. Faktor-faktor dan level-level merupakan kondisi bermacam-macam proses yang ingin diteliti. Melakukan eksperimen dengan menggunakan bentuk matriks khusus (*array orthogonal*), bertujuan agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien. *Matrix orthogonal* atau *orthogonal array* terdiri dari kolom-kolom *orthogonal*, yaitu untuk setiap pasang kolom, semua kondisi *performance* muncul dalam jumlah yang sama. Dalam matriks *orthogonal*, kolom menyatakan faktor-faktor yang dipelajari, baris mewakili eksperimen individual, jumlah baris menyatakan banyaknya eksperimen yang harus dilakukan, dimana jumlah baris minimal sama dengan *degree of freedom* dan isi dari *matriks orthogonal* menyatakan level atau taraf dari faktor-faktor yang dipelajari.



Gambar 2.1. Notasi *Matriks Orthogonal*

Pemilihan *matriks orthogonal* yang dipakai tergantung pada derajat bebas atau *degree of freedom* yang digunakan, level faktor yang digunakan, resopakan dan biaya (Belavendram, 1995). Dalam memilih *array orthogonal* yang sesuai untuk semua eksperimen tertentu disyaratkan agar  $V_{OA} \geq V_{ji}$ , dengan  $V_{ji}$  : derajat bebas level faktor (Belavendram, 1995). Derajat bebas *array orthogonal* ( $V_{OA}$ ) selalu kurang 1 dari banyaknya eksperimen.

$$V_{OA} = n_{OA} - 1 \quad (2-9)$$

Dengan  $n_{OA}$  adalah banyaknya baris/eksperimen, sedangkan derajat bebas suatu faktor ( $V_{ji}$ ) adalah satu kurangnya dari jumlah level faktor tersebut.

$$V_{ji} = n_{ji} - 1 \quad (2-10)$$

dengan  $n_{ji}$  adalah banyaknya level.

Tabel 2.1 menunjukkan *orthogonal array* standar dengan keterangan jumlah faktor dan level yang digunakan. Tabel 2.2 menunjukkan *matriks orthogonal* dari *orthogonal array*  $L_8(2^7)$  standar dan tabel 2.3 menunjukkan *matriks orthogonal array*  $L_4(2^3)$ .

Tabel 2.1. *Orthogonal Array* Standar

2 Level 1	3 Level 1	4 Level 1	5 Level 1	Level Gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1 X 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1 X 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$			$L_{36}(2^{11} X 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3 X 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{64}(2^1 X 3^{25})$

Sumber : Belavendram, 1995.

Tabel 2.2. Matrik *Orthogonal Array*  $L_8(2^7)$  Standar

<i>Trial</i>	<i>Column Number</i>						
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>2</b>	1	1	1	2	2	2	2
<b>3</b>	1	2	2	1	1	2	2
<b>4</b>	1	2	2	2	2	1	1
<b>5</b>	2	1	2	1	2	1	2
<b>6</b>	2	1	2	2	1	2	1
<b>7</b>	2	2	1	1	2	2	1
<b>8</b>	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Belavendram, 1995.

Tabel 2. 3. *Matriks Orthogonal Array*  $L_4(2^3)$  Standar

<i>Trial</i>	<i>Columns Number</i>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	1	1	1
<b>2</b>	1	2	2
<b>3</b>	2	1	2
<b>4</b>	2	2	1

Sumber : Belavendram, 1995.

### 2.7. *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*

MCDM adalah suatu pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. MCDM dibagi menjadi dua yaitu *Multi Atribut Decision Making (MADM)* dan *Multi Objective Decision Making (MODM)*. Menurut Yoon, perbedaan keduanya adalah seperti terlihat dalam Tabel 2.4. (Kusumadewi, dkk 2006).

Tabel 2.4. Perbedaan Antara MADM dan MODM

	<b>MADM</b>	<b>MODM</b>
Kriteria (didefinisikan oleh)	Atribut	Tujuan
Tujuan	Implisit	Eksplisit
Atribut	Eksplisit	Implisit
Alternatif	Diskrit, dalam jumlah terbatas	Kontinu, dalam jumlah tak terbatas

Kegunaan	Seleksi	Desain
----------	---------	--------

Ada beberapa metode klasik penyelesaian masalah MADM (Ali Parkhan, 2017), diantaranya :

1. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*

TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dengan sopakan ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari sopakan ideal negatif (Hwang, 1981).. Adapun prosedur penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

Pertama-tama hitung rating kinerja setiap alternatif  $A_i$  pada setiap kriteria  $C_i$  ternormalisasi, yaitu:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n \quad (2-11)$$

Sopakan ideal positif  $A^+$  dan sopakan ideal negatif  $A^-$  dapat ditentukan berdasarkan rating ternormalisasi  $v_{ij}$  :

$$V_{ij} = W_j r_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n$$

Kemudian tentukan

$$\begin{aligned} A^+ &= \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\ &= \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\} \end{aligned} \quad (2-12)$$

$$\begin{aligned} A^- &= \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\ &= \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} \end{aligned}$$

- Jarak antara alternatif  $A_i$  dengan sopakan ideal positif dan positif dirumuskan :

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (2-13)$$

Nilai preferensi untuk setiap alternatif ( $C_i^*$ ):

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (2.14)$$

dimana  $i=1, 2, 3, \dots, m$

Nilai  $C_i^*$  terbesar menunjukkan alternatif yang terbaik.

## 2. Metode Multi Respon Signal To Noise (MRSN)

Langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) terdiri dari beberapa tahapan (Ali Parkhan, 2017), yaitu :

e. Menghitung *quality loss* ( $L_{ij}$ ) untuk setiap trial. Untuk karakteristik kualitas:

1) *Larger-the-better*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \quad (2.15)$$

2) *Nominal-the-best*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \quad (2.16)$$

3) *Smaller-the-better*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \quad (2.17)$$

dengan :

$y_{ijk}$  = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k ;

$m$  = nilai target

$n_i$  = replikasi untuk respon ke-i ;

$k$  = koefisien dari *quality loss*

f. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).

1) Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.

2) Normalisasi *quality loss* ( $C_{ij}$ ) tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*} \quad (2.18)$$

dengan :

$$L_i^* = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$$

g. Menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) setiap eksperimen :

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij} \quad (2.19)$$

dengan :

$w_i$  = bobot dari normalisasi respon ke-i

h. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10 \log(TNQL_j) \quad (2.20)$$

i. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN



terbesar.

## 2.8. Definisi Serat Tekstil

Serat adalah suatu benda yang perbandingan panjang dan diameternya besar sekali, sebagai bahan baku utama dalam pembuatan produk tekstil yaitu sebagai bahan baku membuat benang dan benang merupakan bahan baku untuk pembuatan kain baik itu untuk (*Matthews, 1994*). Salah satu karakter serat adalah panjang serat, perbandingan panjang serat dengan diameternya sangat besar sampai mencapai ratusan, bahkan untuk serat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk kain perbandingannya lebih besar dari seribu). Perbandingan yang sangat besar ini berguna untuk mendapatkan sifat fleksibel (mudah dirubah bentuk), sehingga memungkinkan serat tersebut dipintal menjadi benang. Panjang serat dan diameter menentukan nomor dan kehalusan seratnya, yang biasanya digunakan untuk menentukan nomor dan kehalusan serat-serat alam. Sedangkan untuk serat buatan panjang seratnya rata-rata seragam tergantung dari keinginan dari produsen (*Blake, et al. 1973*).

Sifat-sifat antara serat buatan dan serat alam mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing untuk diolah menjadi produk tekstil dan digolongkan sesuai dengan asalnya, seperti serat selulosa, serat protein, serat mineral yang diambil dari serat alam ataupun serat sintetik dan sejenisnya yang dibuat oleh manusia dengan cara polimerisasi atau kimiawi (*Stanley B-Hunt, 2004*).

### 2.2.1. Serat *Sisal* (*Agave Sisalana*)

*Agave Sisalana* merupakan tanaman asli Meksiko, tanaman *agave* pertama kali di bawa ke Indonesia oleh bangsa Spanyol pada abad ke 17 dan mulai

dibudidayakan pada areal perkebunan pada awal abad ke-19, sampai pada akhirnya pada abad ke-20 dinobatkan sebagai komoditas ekspor (Utomo, dkk. 2003).



Gambar 2.2. a. Tanaman *Sisal (Agave Sisalana)*, b. Serat *Sisal*

Sumber : *University of West Indies. <http://sta.edu> (2011)*

Ciri-ciri utama dari tanaman *sisal* adalah :

- a. Daunnya mengitari batang tanaman seperti bilah pedang.
- b. Daunnya berwarna hijau kebiru-biruan.
- c. Daunnya lurus dan kaku.
- d. Pada Pinggiran daun dan pucuk daun terdapat daun yang tajam-tajam.
- e. Tinggi batangnya hingga mencapai 2 meter.
- f. Tangkai bunga panjangnya hingga 4- 8 meter.
- g. Tumbuh di daerah yang panas, kering, dan ditanah kapur yang gembur.
- h. Pengembangbiakannya adalah cara bulbil.

Panjang serat yang dapat diambil rata – rata 120 - 150 cm dan berwarna putih berkilau serta halus tetapi hal ini terpenting dan bagaimana pengambilan yang dilakukan. Karena panjang tidaknya serat akan sangat dipengaruhi oleh banyak tidaknya saat yang putus pada saat pengambilannya (Utomo, dkk. 2003).

### 2.2.2. Serat Kapas

Serat kapas telah dikenal orang sejak kira-kira 5000 tahun sebelum Masehi, sukar menemukan negara mana yang pertama kali menggunakan serat kapas, tapi menurut para ahli India adalah negara tertua yang menggunakan serat kapas. Sejak saat itu serat kapas tersebar ke seluruh dunia dan merupakan bahan tekstil yang paling banyak digunakan diseluruh dunia. Lebih kurang 51 % dari produksi tekstil dunia masih terdiri dari serat kapas, dengan demikian kapas masih tetap memegang peranan penting dalam perindustrian tekstil, meskipun pemakaian bahan tekstil dari serat kapas semakin terdesak oleh penggunaan serat-serat buatan.

Pemisahan serat kapas dari bijinya disebut dengan proses ginning. Ginning meliputi poses pengeringan, pembersihan kapas berbiji, pemisahan serat dari biji, dan pembersihan serat. Biji-biji hapas yang telah dipisahkan kemudian dapat diperas untuk diambil seratnya dan ampasnya dapat digunakan sebagai makanan ternak atau untuk pupuk. Mesin pemisah serat ini ada dua macam, yaitu jenis gergaji dan jenis rol.



Gambar 2.3. Serat Kapas (*Cotton*)

Sumber : *University of West Indies. <http://sta.edu> (2011)*

### 2.2.3. Benang untuk proses pembuatan kain

Benang adalah susunan serat-serat sejajar yang teratur kearah memanjang yang diberi antihan (*twist*) maupun tanpa antihan. Macam-macam benang yang biasa digunakan pada proses pembuatan kain (pertenunan) antara lain :

- a) Benang lusi lusi yaitu benang tenun yang disusun sejajar searah dengan panjang kain untuk menyelipkan/menyilangkan benang pakan.
- b) Benang pakan yaitu benang yang dimasukkan melintang pada benang lusi ketika menenun kain yang searah dengan lebar kain.
- c) Benang stapel (*staple yarn*) yaitu benang yang dibuat dari serat-serat yang panjang seratnya pendek.
- d) Benang filamen (*filament yarn*) yaitu benang yang dibuat dari serat-serat yang panjang seratnya besar (filament).
- e) Benang tunggal (*single yarn*) yaitu benang yang terdiri dari satu helai benang hasil proses pemintalan
- f) Benang rangkap (*double yarn*) yaitu satu atau lebih benang tunggal yang digabungkan/dirangkap tanpa diberi antihan
- g) Benang gintir (*plied yarn*) yaitu dua atau lebih benang tunggal yang digabungkan kemudian diberi sejumlah antihan untuk setiap panjang tertentu

### 2.9. Definisi Proses Pembuatan Kain Tenun (Pertenunan)

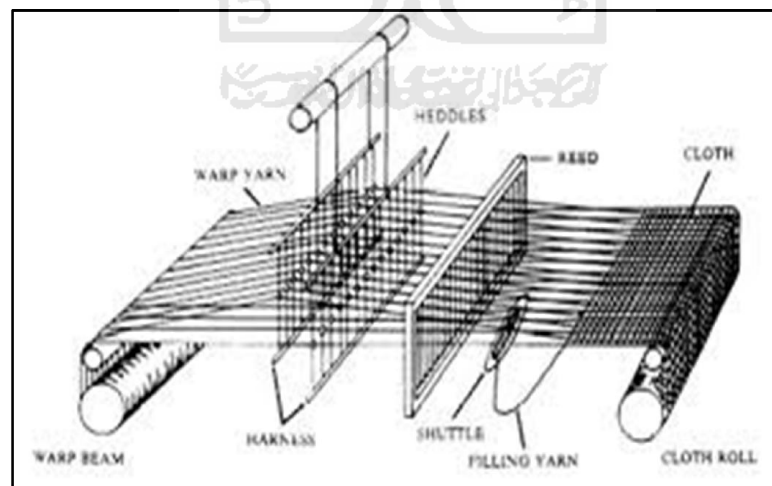
Proses pembuatan kain tenun yaitu proses menganyam atau menyilangkan antara dua kelompok benang yaitu kelompok pertama yang searah dengan panjang kain (benang lusi) dengan kelompok kedua yang searah dengan lebar kain (benang pakan) sehingga membentuk anyaman yang disebut dengan

kain tenun (Sabit Adanur, PhD, 2009). Proses ini dikerjakan dengan mengacu pada lima gerakan pokok yaitu:

1. pembukaan mulut lusi (*shedding motion*)
2. penyisipan benang lusi (*inserting motion*)
3. pengetekan benang lusi (*beating motion*)
4. penggulungan kain (*take up motion*)
5. penguluran benang lusi (*let off motion*)

Gerakan-gerakan tersebut dirangkai secara mekanis pada mesin tenun menjadi gerakan yang kontinu dalam penganyaman benang pakan yang searah dengan panjang kain dan benang pakan yang letaknya searah dengan lebar kain.

Semua gerakan-gerakan tersebut diatas tergabung dalam satu mekanisme yang saling berhubungan dalam pembuatan kain pada yang digambarkan dalam skema berikut :



Gambar 2.4. Skema pembuatan kain pada alat tenun

Teknologi mesin tenun berkembang mengikuti perkembangan teknologi pada umumnya. Pengembangan ini terfokus pada mekanisme gerakan pembukaan

mulut pakan yang menghasilkan variasi corak anyaman dan pengembangan penyisipan benang pakan untuk meningkatkan kecepatan peluncuran benang pakan. Sedangkan peralatan-peralatan yang lain dikembangkan untuk mengikuti dan mendukung perkembangan gerakan pembentukan mulut pakan dan peluncuran benang pakan.

#### 2.2.4. Macam – Macam Alat Tenun

Dari jaman dulu orang telah membuat kain tenun dengan peralatan untuk menenun yang prosesnya masih digerakkan dengan menggunakan tangan. Kini pembuatan kain prosesnya sudah digerakkan dengan mesin. Alat-alat tenun itu antara lain :

##### a) Gedogan

Gedogan yaitu alat tenun yang digerakkan dengan tenaga tangan. Alat ini merupakan alat yang paling sederhana dan masih digunakan di Indonesia terutama di daerah-daerah luar Jawa. Jenis kain yang dibuat dengan alat ini terutama kain yang bersifat tradisional dan mempunyai ciri atau corak khas daerah masing-masing (Sutandar, Tatan BK. Teks, 1980).

Daerah yang dikenal sebagai penghasil kain-kain jenis ini antara lain Bali, Lombok, Denpasar, Nusa Tenggara Timur, Samarinda dan Donggala.

Alat tenun gedogan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.5. Alat tenun gedogan

b) Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM)

Alat Tenun Bukan Mesin yaitu alat tenun yang digerakkan dengan tenaga tangan dan kaki. Alat ini banyak terdapat di Indonesia terutama di Jawa dan banyak digunakan oleh para perajin produk tenun atau home industri pembuatan kain. Baik bagian-bagian dari alatnya maupun bagian gerakan-gerakannya sudah lebih baik dan lebih sempurna daripada gedogan, sehingga proses pembuatannya lebih cepat dan macam kain yang dapat dibuat lebih banyak. Karena gerakan-gerakannya masih sederhana dan tidak begitu cepat, maka rangka bagian-bagian dari alat ini sebagian besar masih dibuat dari kayu (Sutandar, Tatan BK.Teks, 1980).

Alat tenun bukan mesin (ATBM) dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.6. Alat tenun bukan mesin (ATBM)

c) Alat Tenun Mesin ( ATM)

Alat tenun mesin yaitu alat tenun yang digerakkan oleh tenaga motor listrik.

Dengan digunakan tenaga penggerak (motor listrik) sehingga gerakannya lebih cepat, maka alat tenun mesin ini digunakan sebagai alat tenun pada perusahaan tekstil. Baik rangka dan bagian-bagian dari alat tenun ini hampir semua dibuat dari logam (besi) agar lebih kuat (Sabit Adanur, PhD, 2009).

Mesin tenun dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7. Mesin Tenun Teropong dan Mesin Tenun *Jaquard*

## 2.10. Pengendalian Mutu Tekstil

Pengendalian mutu secara ringkas dapat diartikan sebagai suatu sistem pengelolaan yang terus-menerus untuk menjamin tercapainya, sifat, karakter, atribut, atau tingkat keistimewaan dari suatu hasil produksi dengan menguasai secara baik tentang faktor-faktor yang berinteraksi dalam proses produksi yaitu bahan baku, proses produksi, dan spesifikasi produk yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam pengujian parameter mutu bahan-bahan tekstil telah dikembangkan cara-cara uji yang sudah baku. Ada dua hal berkaitan dengan pembukuan pengujian bahan-bahan tekstil yaitu menyangkut cara uji baku



(*standard of testing*) dan mutu baku (*standard of quality*). Kedua hal tersebut sudah dikenal luas meskipun untuk beberapa kalangan industri tekstil domestik masih banyak yang belum memahami sepenuhnya. Kegiatan atau aktivitas yang secara langsung berkaitan dengan proses terjadinya perubahan bahan mentah menjadi suatu produk dalam suatu perusahaan industri merupakan faktor penentu pula dalam pencapaian mutu maupun spesifikasi yang telah lebih dulu ditetapkan.

Standar ini meliputi ruang lingkup, acuan normatif, istilah dan definisi, syarat mutu, pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji, pengemasan dan penandaan kain tenun yang terbuat dari bermacam-macam serat atau serat sejenis dan campuran. Mutu kain tenun ditentukan oleh persyaratan sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.5. Standar Mutu untuk Kain Tenun.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kekuatan tarik kain per 2,5 cm Arah lusi Arah pakan	N (kg) N (kg)	min 226,5 (23) min 186,0 (19)
2	Kekuatan sobek kain <sup>1)</sup>	N (kg)	min 14,7 (1,5)
3	Daya serap terhadap air	t (detik)	maks 5
4	Perubahan dimensi Dalam pencucian dan pengeringan <sup>1)</sup> Setelah pencucian kering <sup>2)</sup>	% %	maks 2 maks 2
5	Kenampakan kain setelah pencucian berulang <sup>3)</sup>	DP	min 3,5
6	Ketahanan luntur warna terhadap : <sup>3)</sup>	Skala	
6.1	Pencucian Perubahan warna <sup>5)</sup> Penodaan <sup>6)</sup>		min 4 min 4
6.2	Pencucian kering <sup>2)</sup> Perubahan warna <sup>5)</sup>		min 4
6.3	Keringat asam dan basa Perubahan warna <sup>5)</sup> Penodaan <sup>6)</sup>		min 4 min 4

6.4	Gosokan Kering <sup>6)</sup> Basah <sup>6)</sup>		min 4 min 3-4
6.5	Sinar <sup>7)</sup>		min 4
<b>Catatan :</b>			
(1)	Untuk arah pakan dan pakan		
(2)	Untuk kain yang mengalami pencucian kering		
(3)	Untuk kain awet (durable-press)		
(4)	Untuk kain yang berwarna		
(5)	Skala abu-abu		
(6)	Skala penodaan		
(7)	Standar wol baru		

Sumber : Balai Besar Tekstil, 2017

Acuan standar yang digunakan untuk uji mutu kain sesuai dengan standar nasional untuk kain tenun antara lain adalah :

1. SNI 08-0276-2009, Cara uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun.
2. SNI 08-0338-1989, Cara uji kekuatan sobek kain tenun dengan alat pendulum (Elmendorf).
3. SNI 08-0279-1989, Cara uji daya serap bahan tekstil.
4. SNI 08-0288-1989, Cara uji tahan terhadap gosokan.
5. SNI 08-0298-1989, Cara uji kenampakan kain tenun kusut setelah pencucian berulang-ulang.
6. SNI 08-0285-1998, Cara uji tahan luntur warna terhadap pencucian rumah tangga dan komersial.
7. SNI 08-0289-1989, Cara uji tahan luntur warna terhadap cahaya.
8. SNI 08-4651-1998, Cara uji perubahan dimensi bahan tekstil setelah pencucian kering dengan menggunakan perkloroetilena.
9. SNI 08-1271-1996, Cara uji tahan slip benang dalam kain tenun pada jahitan sambungan.

a. Pengambilan contoh

Contoh uji diambil menurut masing-masing standar cara pengujian sebagaimana yang tercantum pada butir 6.

b. Cara Uji

Cara uji disesuaikan dengan standar SNI pengujian yang dilaksanakan.

c. Syarat lulus uji

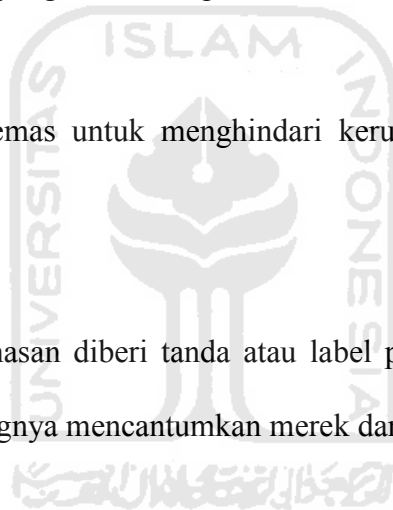
Kain tenun dinyatakan memenuhi syarat mutu apabila hasil pengujian memenuhi persyaratan yang tercantum pada tabel 1.

d. Pengemasan

Kain tenun harus dikemas untuk menghindari kerusakan dan memudahkan transportasi.

e. Penandaan

Kain tenun dalam kemasan diberi tanda atau label pada bagian yang mudah terlihat sekurang-kurangnya mencantumkan merek dan jenis serat.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini akan diuraikan secara sistematis mengenai tahapan penelitian yang dilakukan dalam perancangan eksperimen. Tahap-tahap penelitian dimulai dari tahap identifikasi masalah, perencanaan eksperimen, pelaksanaan, eksperimen, pengolahan data, analisa serta kesimpulan dan saran.

Uraian lebih lengkap tiap tahapnya akan dijelaskan dalam sub bab berikut ini.

#### **3.1. Tahap Identifikasi Masalah**

Tahap identifikasi masalah diawali dari menentukan area penelitian, latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian. Studi pustaka dan studi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi masalah lebih spesifik sehingga dapat ditentukan hipotesa penelitian. Tahap identifikasi masalah meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. *Menentukan area penelitian*, penelitian dilakukan di Home Industri Craft Denim Indonesia alamat Buaran Gang. 1 No. 29 Pekalongan untuk persiapan serta proses pembuatan kain tenun menggunakan alat tenun bukan tenun (atbm) dan Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan untuk pelaksanaan penelitian pengujian alat pengujian kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain.
2. *Latar belakang masalah*, masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini berdasarkan keadaan yang terjadi pada hasil akhir proses pertenunan berupa kain tenun. Kain tenun diuji kualitasnya di laboratorium pengujian tekstil

3. untuk mengetahui apakah kain tenun sudah sesuai dengan standar yang ditentukan.
4. *Perumusan masalah*, pengujian kain tenun dilakukan untuk menguji kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain. Kain tenun yang berkualitas baik adalah kain tenun dengan kekuatan tarik yang maksimal dan kekuatan sobek kain yang maksimal.. *Setting* dilakukan terhadap bahan baku proses pembuatan kain yaitu benang lusi dan benang pakan untuk mencapai kualitas yang terbaik. Optimasi kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain tidak dapat dilakukan secara paralel. Optimasi kedua karakteristik kualitas secara simultan dilakukan dengan perhitungan untuk memaksimalkan hasil kain tenun yang disebabkan dari dua karakteristik kualitas. Permasalahan yang muncul adalah bagaimana menentukan *setting* level optimal terhadap bahan baku yaitu benang lusi dan benang pakan untuk faktor-faktor yang berpengaruh sehingga kedua tujuan tersebut dapat dicapai.
5. *Tujuan dan manfaat penelitian*, tujuan penelitian adalah membuat kain tenun dengan bahan baku alternative serat sisal sebagai benang pakan dan serat cotton sebagai benang lusi. Manfaat penelitian adalah menghasilkan total *setting level* paling sesuai untuk kedua karakteristik kualitas yang diukur terhadap dua karakteristik kualitas yaitu kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain.
6. *Studi literatur*, pada tahap ini dilakukan pendalaman materi untuk penyelesaian masalah yang dirumuskan. Studi literature yang diutamakan pada proses pembuatan benang, pengujian kain tenun hasil proses pertenunan

dan faktor-faktor yang berpengaruh pada hasil proses pembuatan kainnya.

7. *Studi lapangan*, metode dilakukan untuk mendalami materi pada area penelitian, sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Pendalaman materi di lapangan meliputi proses pengambilan serat *sisal*, proses pertenunan kain tenun, prinsip kerja mesin tenun yang digunakan.

### 3.2. Tahap Perencanaan Eksperimen

Tahap ini dilakukan untuk menentukan faktor-faktor berpengaruh dan levelnya yang akan dilibatkan dalam eksperimen, kemudian dijelaskan dalam susunan *orthogonal array*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini yaitu:

1. *Identifikasi karakteristik kualitas*, langkah ini meliputi penentuan karakteristik kualitas yang akan diukur dan sistem pengukurannya. Dimana karakteristik yang diteliti adalah *larger the better* untuk kekuatan tarik kain dan *larger the better* untuk kekuatan sobek kain.
2. *Penentuan faktor berpengaruh*, faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas diklasifikasikan menjadi faktor kontrol (terkendali), faktor *noise* (tidak terkendali), faktor signal dan faktor skala.
3. *Identifikasi faktor terkendali*, faktor terkendali didefinisikan sebagai parameter yang nilainya dapat dikendalikan oleh ahli rekayasa desain. Faktor-faktor berpengaruh diidentifikasi melalui wawancara. *Brainstorming* dilakukan dengan pihak-pihak terkait yaitu kepala program keahlian teknik pembuatan kain, kepala bengkel (*maintenance*) teknik pembuatan kain, *toolman*

kompetensi keahlian teknik pembuatan kain dan kepala laboratorium pengujian tekstil. Sejumlah faktor yang telah diidentifikasi di atas untuk lebih mengetahui inti persoalan maka dari dua puluh faktor yang mempengaruhi kualitas kain kemudian dipilih sehingga menjadi faktor yang benar-benar diperlukan dari penelitian ini.

4. *Penentuan setting level faktor*, penentuan *setting level* didasarkan pada batasan operasional yang dilakukan saat ini dan perubahan yang masih mungkin agar hasil eksperimen sedekat mungkin dengan kenyataan.
5. Penentuan *orthogonal array*, pada langkah ini dilakukan perancangan desain eksperimen *orthogonal array* yang dikembangkan Taguchi. Faktor-faktor yang telah terpilih kemudian diaplikasikan ke *orthogonal array*. Langkah- langkah yang dilakukan dalam penentuan *orthogonal array* sebagai berikut:
  - a. Menghitung total jumlah derajat bebas yang diperlukan untuk eksperimen berdasarkan banyak faktor dan level dari faktor.
  - b. Memilih suatu *orthogonal array* yang mempunyai derajat bebas minimal.
  - c. Menggambarkan *graph linear* yang diperlukan.
  - d. Memilih *graph linear* standar yang sesuai.
  - e. Menyesuaikan *graph linear* yang diperlukan ke salah satu *graph linear* standar dari *orthogonal array* yang dipilih.
  - f. Mengisikan faktor dan interaksi ke *orthogonal array*.

#### **6. Tahap Pelaksanaan Eksperimen**

Pelaksanaan eksperimen bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor terhadap masing-masing karakteristik kualitas dan menghasilkan *setting*

level optimal yaitu kombinasi level faktor yang memberikan kualitas terbaik berdasarkan tipe masing-masing karakteristik kualitas respon (kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain).

### 7. Tahap Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini menggunakan Taguchi. Berdasarkan level yang digunakan pada masing-masing faktor kendali maka array orthogonal yang digunakan adalah  $L_8 2^7$ , sebagaimana tabel berikut :

Tabel 3.1. Matrik *Orthogonal Array*  $L_8 2^7$  Standar

Trial	Column Number						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Tabel 3. 2. Matrik *Orthogonal Array*  $L_8 2^7$  Standar dan Jumlah Replikasi

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan			
	A	B	C	D	E	F	G	Replikasi ke			
	Coloumn Number							1	2	3	4
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	y11	y12	y13	y14
2	1	1	1	2	2	2	2	y21	y22	y23	y24
3	1	2	2	1	1	2	2	y31	y32	y33	y34
4	1	2	2	2	2	1	1	y41	y42	y43	y44
5	2	1	2	1	2	1	2	y51	y52	y53	y54
6	2	1	2	2	1	2	1	y61	y62	y63	y64
7	2	2	1	1	2	2	1	y71	y72	y73	y74
8	2	2	1	2	1	1	2	y81	y82	y83	y84



Keterangan Matrik Orthogonal Array  $L_8 2^7$  Standar :

8 : menunjukkan banyaknya baris atau eksperimen.

2 : menunjukkan banyaknya level.

7 : menunjukkan banyaknya faktor atau kolom.

Tabel 3. 3. Matrik *Orthogonal Array*  $L_4 2^3$  Standar

<i>Trial</i>	<b>Faktor Kendali</b>		
	A	B	C
	<i>Coloumn Number</i>		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Tabel 3. 4. Matrik *Orthogonal Array*  $L_4 2^3$  Standar dan Jumlah Replikasi

<i>Trial</i>	<b>Faktor Kendali</b>			<b>Data Hasil Percobaan</b>			
	A	B	C				
	<i>Coloumn Number</i>			<b>Replikasi ke</b>			
	1	2	3	1	2	3	4
1	1	1	1	y11	y12	y13	y14
2	1	2	2	y21	y22	y23	y24
3	2	1	2	y31	y32	y33	y34
4	2	2	1	y41	y42	y43	y44

Prosedur analisis hasil eksperimen dengan metode Taguchi dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Uji Normalitas Data

Uji normalitas ditujukan untuk mengetahui kesesuaian antara distribusi frekuensi hasil pengamatan dengan *expected normal curve frequencies*, menggunakan *chi-square distribution*. Uji kebaikan suai antara frekuensi yang teramati dengan frekuensi harapan adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.2)$$

dengan :

$O_i$  = frekuensi teramati

$E_i$  = frekuensi harapan bagi sel ke- $i$

b. Uji Homogenitas Variansi

Uji homogenitas variansi ditujukan untuk mengetahui homogenitas (kesamaan) variansi populasi normal. Cara untuk menguji homogenitas  $k$  buah ( $k \geq 2$ ) variansi populasi yang berdistribusi normal, antara lain dapat menggunakan uji Barlett:

$$\chi^2 = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\} \quad (3.3)$$

$$B = (\log s^2) \sum (n_i - 1) \quad (3.4)$$

$$S^2 = \frac{\sum (n_i - 1) S_i^2}{\sum (n_i - 1)} \quad (3.5)$$

$S^2$  = variansi gabungan dari semua sampel

Dengan taraf nyata  $\alpha$ , hipotesis  $H_0$  ditolak jika  $\chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{(1-\alpha)(k-1)}$ , dimana  $\chi^2_{(1-\alpha)(k-1)}$ , diperoleh dari tabel Chi-Kuadrat dengan tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  dan  $dk = (k-1)$ .

c. Analisis Variansi ( ANOVA )

ANOVA adalah teknik yang digunakan untuk memecahkan total variasi eksperimen kedalam sumber-sumber yang diamati. Total variasi didekomposisi kedalam komponen-komponen pembentuknya berupa faktor utama dan atau interaksi antar faktor. Langkah-langkah perhitungan dalam analisis variansi multifaktor adalah sebagai berikut (Ross, 1988) :

1) Menghitung harga-harga *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK)

a) Total *Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total, dengan

$$\bar{T} = \frac{T}{N} = \bar{y} \text{ dan } T = \sum_{i=1}^N y_i$$

Persamaan diatas dapat dirumuskan kembali menjadi :

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} \quad (3.6)$$

dengan :

$y_i$  = nilai respon (data pengamatan) ke  $i$

$\bar{T} = \bar{y}$  = rata-rata respon

$N$  = jumlah pengamatan

b) *Sum of Square* atau jumlah kuadrat untuk suatu faktor, misal faktor A

$$SSA = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A^2}{n_{Ai}} \right) - \frac{T^2}{N} \right] \quad (3.7)$$

dengan :

$SSA = \text{Sum of Square faktor A}$

$A_i = \text{jumlah nilai pengamatan dibawah level ke-i faktor A}$

$n_{A_i} = \text{banyaknya data pengamatan dibawah level ke-i faktor A}$

$A_i^2 = \text{rata-rata nilai pengamatan dibawah level ke-i faktor A}$

$K_A = \text{banyaknya level faktor A}$

Secara umum *Sum of Square* (SS) suatu faktor dapat dihitung dengan

rumus :

$$SS = \sum (a(m_i - m)^2) \quad (3.8)$$

dengan :

$SS = \text{Sum of Square untuk setiap faktor}$

$A = \text{Jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orhogonal}$

$m_i = \text{rata-rata efek tiap level faktor}$

$i = 1, 2, \dots, k$

2) Menghitung *degree of freedom* (df) atau derajat bebas

a) *Degree of freedom* total ( $df_T$ ) dirumuskan dengan :

$$df_T = N - 1 \quad (3.9)$$

atau

$$df_T = df_{faktor} + df_{interaksi} + df_{error} \quad (3.10)$$

b) *Degree of freedom* suatu faktor, dirumuskan dengan :

$$df = k - 1 \quad (3.11)$$

c) *Degree of freedom error* ( $df_e$ ) dirumuskan dengan :

$$df_e = df_T - df_{faktor} - df_{interaksifaktor} \quad (3.12)$$

d) Menghitung *mean of square* (Mq) suatu faktor atau interaksi faktor, dengan rumus :

$$Mq_A = \frac{SSA}{df_A} \quad (3.13)$$

3) Menghitung F ratio suatu faktor dengan rumus :

$$F_{ratio} = \frac{Mq}{Mqe} \quad (3.14)$$

a) Menghitung *pure of square* (SS') suatu faktor dengan rumus :

$$SS' = SS - (df \times Mqe) \quad (3.15)$$

b) Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor, dengan rumus :

$$P = \left[ \frac{SS'}{SS_T} \right] \times 100\% \quad (3.16)$$

e. Menghitung Nilai *Signal to Noise Ratio* ( SNR )

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas untuk daya serap warna dan kekuatan tarik benang adalah larger the better. Nilai SNR dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S/N_{LTB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (3.17)$$

f. Menghitung Efek Tiap Faktor

Efek tiap faktor terhadap nilai SNR, ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efek faktor terdapat nilai SNR} = \frac{1}{a} (\sum \eta_o) \quad (3.18)$$

dengan :

$o$  = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

$a$  = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom *orthogonal*

*array*

$\eta$  = nilai SNR yang digunakan

g. Menghitung Nilai MRSN

Jika nilai optimal masing-masing variabel respon diperoleh dari kombinasi level faktor yang berbeda, maka diperlukan langkah untuk mengoptimalkan seluruh variabel respon secara simultan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode MRSN (Parkhan, Ali et.al, 2017).

## **8. Tahap Verifikasi**

Tahap ini dilakukan dengan melakukan eksperimen konfirmasi dan perhitungan *confidence interval*. Langkah-langkah tahap verifikasi akan dijelaskan dalam uraian sebagai berikut:

1. Pelaksanaan eksperimen konfirmasi, eksperimen konfirmasi dilakukan untuk membuktikan performansi yang diramalkan yaitu kondisi optimal untuk level faktor-faktor dalam eksperimen. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimum dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen seharusnya dievaluasi lagi dan eksperimen tambahan yang diperlukan. Jumlah sampel atau replikasi dalam eksperimen konfirmasi diambil sebanyak  $r$ . Keputusan kondisi optimal dapat diterima atau tidak yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai estimasi dan rata-rata hasil eksperimen konfirmasi dengan masing-masing level kepercayaan.
2. Perhitungan *confidence interval*, *confidence interval* merupakan perkiraan antara dua nilai statistik dengan tingkat probabilitas tertentu dimana nilai sebenarnya berada di dalamnya. Pada tahap ini akan dijelaskan perbandingan perhitungan *confidence interval* untuk hasil estimasi nilai karakteristik kualitas dengan perhitungan *confidence interval* untuk rata-

rata hasil eksperimen konfirmasi.

### **9. Analisis Dan Interpretasi Hasil Penelitian**

Analisis dan interpretasi hasil, pada bagian ini dijelaskan hasil perhitungan metode Taguchi mulai dari identifikasi masalah yang dalam proses pembuatan kain tenun sebelum diterapkannya metode Taguchi, penentuan *setting* level optimal sampai pada saat *setting* optimal diterapkan dalam eksperimen konfirmasi sehingga dapat terlihat jelas sejauh mana keefektifan dari pembahasan masalah tersebut dan manfaat diterapkannya Taguchi.

### **10. Kesimpulan Dan Saran**

Kesimpulan dan saran, berisi tentang hal-hal yang dapat disimpulkan dari pengolahan yang telah dilakukan seperti mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses pembuatan kain tenun, *setting* optimal dan *quality loss function* pada penelitian yang dihasilkan. Sedangkan saran menjelaskan mengenai hal-hal yang harus dipertimbangkan oleh peneliti agar kualitas produk kain tenun yang dihasilkan dapat lebih meningkat kualitasnya.

### **3.3. Instrumen Eksperimen**

Peralatan pengujian kain tenun yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Pengujian kekuatan tarik kain dilaksanakan dengan alat *fabric strength tester* dan hasil uji dinyatakan dalam satuan kilogram. Alat uji kekuatan dilengkapi dengan peralatan antara lain :
  - a. klem atas untuk memegang kain contoh uji atas,



- b. klem bawah untuk memegang kain contoh uji bawah,
- c. handle on dan stop mesin
- d. beban,
- e. handle pemutar beban manual
- f. switch on/off
- g. skala kekuatan (kg)
- h. motoran



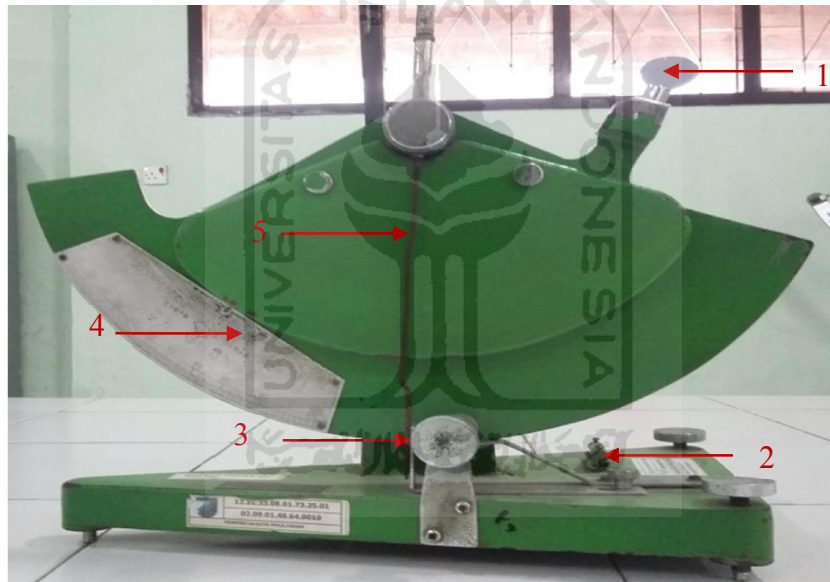
Gambar 3.1. *Fabric Strength Tester*

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK N 3 Pekalongan

- 2. Pengujian kekuatan sobek kain tenun dilaksanakan dengan alat uji sistem

pendulum *elemondorf* dan hasil uji dinyatakan dalam satuan kilogram. Alat uji kekuatan ini dilengkapi dengan peralatan antara lain :

- a. klem atas untuk memegang kain contoh uji atas,
- b. klem bawah untuk memegang kain contoh uji bawah,
- c. handle penyangga pendulum
- d. beban pendulum
- e. skala kekuatan (kg)

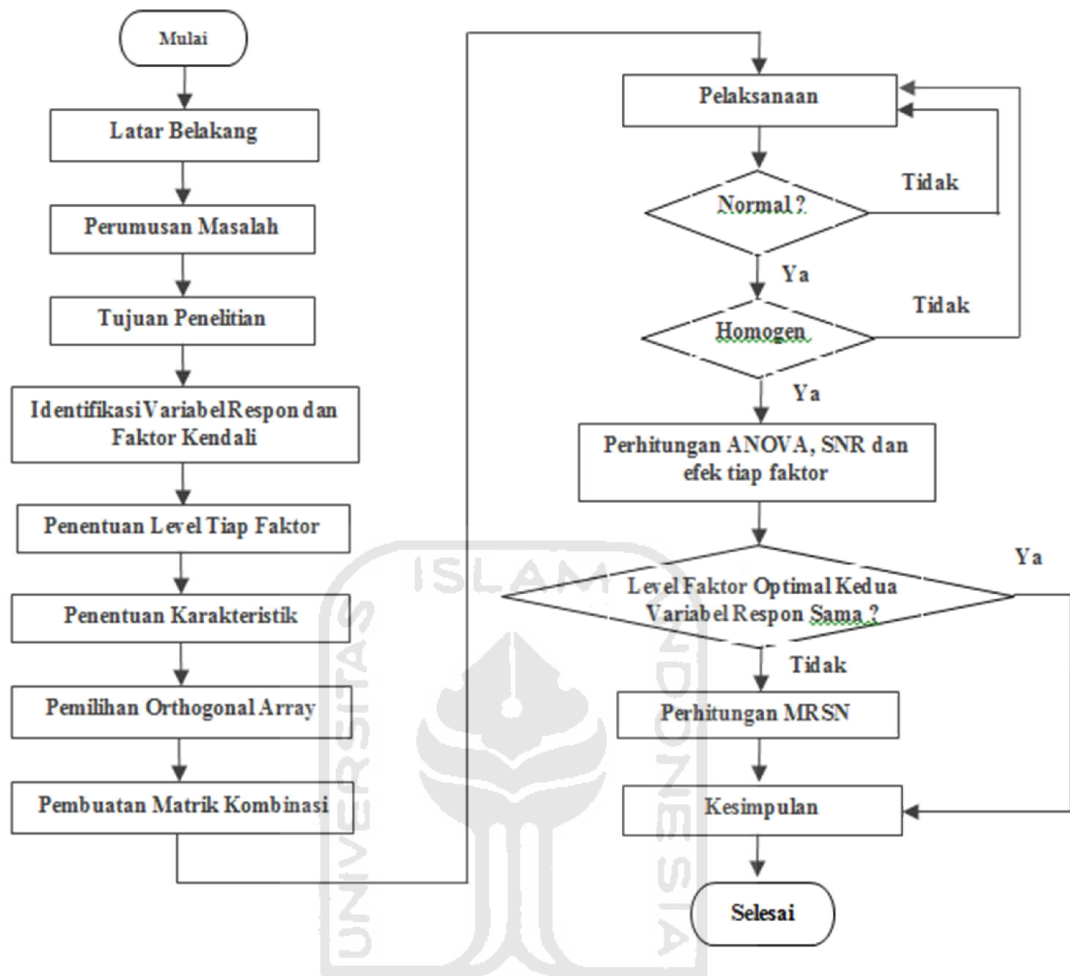


Gambar 3.2. Alat Uji Sobek Kain Sistem Pendulum *Elemondorf*

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK N 3 Pekalongan

### 3.4. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang digunakan sebagai panduan dalam pelaksanaan penelitian ini :



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

### **PENGOLAHAN DATA**

Bab ini membahas proses pengumpulan data eksperimen dan proses pengolahan data hasil eksperimen. Langkah-langkah serta hasil pengumpulan dan pengolahan data diuraikan pada sub bab dibawah ini.

#### **4.1. Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data meliputi identifikasi karakteristik kualitas, penentuan faktor berpengaruh, penentuan *setting level* faktor, dan penentuan *orthogonal array*. Uraian lebih lanjut akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

##### **4.1.1. Identifikasi Karakteristik Kualitas**

Karakteristik kualitas yang diukur adalah kekuatan tarik kain dengan karakteristik *larger the better* dan kekuatan sobek kain dengan karakteristik *larger the better*. Sedangkan sistem pengukuran yang digunakan dalam eksperimen sebagai berikut:

1. Obyek pengukuran adalah kain tenun hasil proses pembuatan kain dengan benang lusi menggunakan serat *cotton* dan benang pakan menggunakan serat *sisal*.
2. Operator pengukuran yaitu operator pengujian pada laboratorium pengujian tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan.
3. Tempat pengukuran adalah di laboratorium pengujian tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan.
4. Cara pengujian dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia SNI 08-

0276-2009 tentang uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun dan SNI 08-0338-1989 tentang uji kekuatan sobek kain metoda pendulum *elemendorf*,

5. Alat yang digunakan untuk pengukuran kekuatan tarik kain adalah *Fabric Streng Tester* dan alat untuk pengukuran kekuatan sobek kain adalah alat uji sistem pendulum *Elemendorf*.
6. Besaran yang dipakai untuk kekuatan tarik kain adalah kilogram (N), sedangkan untuk kekuatan sobek kain adalah kilogram (N).

#### 4.1.2. Penentuan Faktor Berpengaruh

Pada tahap ini diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas melalui studi literatur dan wawancara dengan pihak-pihak terkait yaitu kepala program studi, kepala bengkel/*maintenance* dan *toolman* program studi teknik pembuatan kain SMK Negeri 3 Pekalongan, pemilik perusahaan Craft Denim Indonesia, operator dan *maintenance* pembuatan kain pada perusahaan Craft Denim Indonesia dan kepala laboratorium pengujian tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan.

Faktor-faktor berpengaruh diidentifikasi melalui studi literatur dan wawancara dengan pihak-pihak terkait dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1. Faktor-faktor yang berpengaruh

No	Nama Faktor	Sumber
1	tetal benang lusi	wawancara
2	tetal benang pakan	wawancara
3	mengkeret benang lusi	wawancara
4	mengkeret benang pakan	wawancara
5	tegangan benang lusi	studi literatur

6	kehalusan benang pakan	studi literatur
7	kehalusan benang lusi	studi literatur
8	<i>twist</i> benang lusi	studi literatur
9	<i>twist</i> benang pakan	studi literatur
10	Kekuatan Tarik Kain lusi	studi literatur
11	Kekuatan Tarik Kain pakan	studi literatur
12	panjang <i>staple</i>	wawancara
13	variasi distribusi panjang serat <i>sisal</i>	wawancara
14	sambungan benang pakan	wawancara
15	anyaman kain	wawancara
16	putus benang	wawancara
17	<i>flying waste</i>	wawancara
18	nomor sisir	studi literatur
19	kondisi ruang laboratorium	studi literatur
20	kondisi ruang produksi	wawancara

Sumber: Studi literatur dan wawancara, 2020

#### 4.1.3. Identifikasi Faktor Terkendali

Sejumlah faktor yang telah diidentifikasi di atas untuk lebih mengetahui inti persoalan maka dari duapuluh faktor yang mempengaruhi kualitas kain tenun kemudian dipilih sehingga menjadi faktor yang benar-benar diperlukan dari penelitian ini. Pemilihan faktor dilakukan dengan wawancara. *Brainstorming* dilakukan dengan pihak-pihak terkait baik dari dari pihak intelektual maupun pelaku usaha di bidang pembuatan kain tenun, sehingga diperoleh faktor-faktor yang dapat dilibatkan dalam eksperimen pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2. Faktor-faktor yang dilibatkan dalam eksperimen

Jenis Faktor	Kode	Nama Faktor
Terkendali	A	tetal benang lusi
	B	tetal benang pakan
	C	kehalusan benang lusi
	D	kehalusan benang pakan
	E	<i>twist</i> benang lusi
	F	<i>twist</i> benang pakan
	G	panjang staple serat <i>sisal</i>

Sumber: Studi literatur dan wawancara, 2020

#### 4.1.4. Penentuan Setting Level Faktor

Penentuan *setting* level didasarkan pada studi literasi dan wawancara dengan pihak terkait yang menghasilkan uraian sebagai berikut ;

##### a. Tetal benang lusi.

Interval antar level 1 sebesar 50 helai/inchi dan level 2 sebesar 62 helai/inchi. Apabila tetal lusi pada kain dibawah 50 helai/inchi maka kain menjadi rapuh dan mudah sobek karena susunan benang lusi pada kain yang terlalu sedikit. Dan apabila kain tenun menggunakan tetal lusi diatas 62 helai/inchi maka kain akan terlalu kaku (seperti kain terpal) dan kekuatannya terlalu besar sehingga tidak dapat digunakan sebagai produk sandang.

##### b. Tetal benang pakan.

Pemilihan level untuk tetal benang pakan menggunakan 2 level yang telah disesuaikan dengan *pick* atau banyaknya peluncuran benang pakan yang terjadi selama proses pembuatan kain. Interval antar level 1

sebesar 48 helai/inchi dan level 2 sebesar 58 helai/inchi. Apabila tetal pakan pada kain dibawah 48 helai/inchi maka kain menjadi rapuh dan mudah sobek karena susunan benang pakan pada kain yang searah lebar terlalu jarang, sebaliknya jika kain tenun menggunakan tetal pakan diatas 58 helai/inchi maka kain akan terlalu kaku (seperti kain terpal) dan kekuatannya terlalu sehingga tidak dapat digunakan sebagai sandang.

c. Kehalusan benang lusi.

Benang lusi yang digunakan untuk proses pembuatan kain ini adalah benang tunggal dan level yang dipilih sebanyak 2 level dengan level 1 sebesar 30 Ne1 dan level 2 sebesar 40 Ne1, yang disesuaikan dengan acuan standar uji penomoran benang. Diameter benang lusi yang lebih besar Ne1 30 akan membuat kekuatan tarik dan sobek kain kearah lusi semakin kuat karena komposisi serat yang ada pada benang lebih besar sehingga lebih kuat menahan beban dan diameter benang yang lebih kecil Ne1 40 akan membuat kekuatan kain rendah karena komposisi serat dalam benang yang lebih sedikit. Untuk ketentuan diameter benang ini dibuat pada proses pembuatan benang (*spinning*).

d. Kehalusan benang pakan.

Level yang dipilih untuk faktor ini adalah sebanyak 2 level dimana kehalusan benang pakan pada penelitian ini menggunakan benang rangkap dengan level 1 sebesar 30/2 Ne1 dan level 2 sebesar 40/2 Ne1 disesuaikan dengan acuan standar uji penomoran benang pakan. Benang rangkap adalah benang yang dibuat dengan cara merangkap dua



buah benang pakan menjadi satu dengan diberi antihan/*twist*. Diameter benang pakan yang lebih besar Ne1 30/2 akan membuat kekuatan tarik dan sobek kain kearah pakan semakin kuat karena komposisi serat yang ada pada benang lebih besar sehingga lebih kuat menahan beban dan diameter benang yang lebih kecil Ne1 40/2 akan membuat kekuatan kain rendah karena komposisi serat dalam benang yang lebih sedikit.

e. *Twist* benang lusi.

Untuk *twist* benang lusi level yang dipilih adalah sebanyak 2 level dimana dipilih jumlah antihan minimum dan maksimum. Jumlah antihan benang lusi untuk level 1 adalah 20 *twist*/inchi dan level 2 adalah 32 *twist*/inchi untuk benang tunggal. Jumlah antihan ini dipilih agar mampu menahan beban tarik dengan baik dan kain menjadi tidak mudah sobek, semakin besar antihan yang ada pada benang lusi akan meningkatkan kekuatan benang karena ikatan serat pada benang semakin banyak akan semakin baik. Antihan benang dibawah angka 20/inchi akan mengakibatkan kekuatan benang rendah karena ikatan serat pada benang terlalu kecil sehingga serat mudah lolos dari ikatannya. Dan antihan benang lusi 32/inchi akan membuat ikatan serat solid dan kencang serta benang menjadi lebih mantap dalam menahan beban tarik dan sobek kain.

f. *Twist* benang pakan.

*Twist* benang pakan level yang dipilih adalah sebanyak 2 level yaitu untuk level 1 adalah 12 *twist*/inchi dan level 2 adalah 24 *twist*/inchi

untuk benang gintir. Jumlah antihan ini dipilih agar mampu menahan beban tarik dengan baik dan kain menjadi tidak mudah sobek, semakin besar antihan yang ada pada benang pakan akan meningkatkan kekuatan benang karena ikatan serat pada benang semakin banyak akan semakin baik. Antihan benang dibawah angka 12/inchi akan mengakibatkan kekuatan benang rendah karena ikatan serat pada benang yang digintir terlalu kecil sehingga serat mudah lolos dari ikatannya dan antihan menjadi terbuka. Dan antihan benang lusi 24/inchi akan membuat ikatan serat solid dan kencang serta benang menjadi lebih mantap dalam menahan beban tarik dan sobek kain.

g. Panjang *staple sisal*.

Panjang *staple* serat sisal yang dijadikan benang pakan pada proses pembuatan kain mempengaruhi kekuatan tarik kain karena permukaan gesek antar serat pada benang pakan baik dan jumlah sambungan benang yang lebih sedikit. Level yang dipilih adalah 2 level yaitu untuk panjang *staple* minimal adalah 50 cm dan panjang *staple* maksimal adalah 85 cm. Stapel yang terlalu pendek kurang dari 50 cm mengakibatkan sambungan pada benang pakan menjadi lebih banyak sehingga kekuatan benang lebih kecil dan kain yang dihasilkanpun kekuatan tarik dan sobeknya rendah. Panjang staple diatas 85 cm membuat staple serat *sisal* terlalu kecil diameternya sehingga mengurangi kekuatan benang yang dihasilkan dan membuat kekuatan tarik dan sobek kain yang dihasilkan jelek. Panjang *staple* ini dapat ditentukan dalam

proses pengambilan serat *sisal* dari daunnya dan diameter serat dipengaruhi oleh usia dari daun tanaman *sisal* yang diambil.

#### 4.1.5. Penentuan Orthogonal Array

Matrik eksperimen adalah matrik yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan level dapat ditukar sesama matrik. Faktor dan level merupakan pengaturan berbagai parameter proses atau produk yang akan diteliti. Tujuan eksperimen dengan menggunakan bentuk matrik khusus (*orthogonal array*) yaitu agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien. *Orthogonal array* yang dapat digunakan harus memiliki derajat kebebasan terkecil sama dengan 7. Pada eksperimen ini terdapat 7 faktor terkendali dimana masing-masing memiliki 2 level dan tidak ada faktor interaksi, sehingga penentuan faktor adalah bebas. Jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks *orthogonal array* yaitu  $2^7$ . Sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_8(2^7)$  karena *orthogonal array* ini dapat mengakomodasi jumlah faktor dan level yang ada.

Berdasarkan level yang digunakan pada masing-masing faktor kendali maka *orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_8 2^7$  sebagaimana tabel berikut:

Tabel 4. 3. Matrik *Orthogonal Array*  $L_8 2^7$  Standar

<i>Trial</i>	<i>Column Number</i>						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2

4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

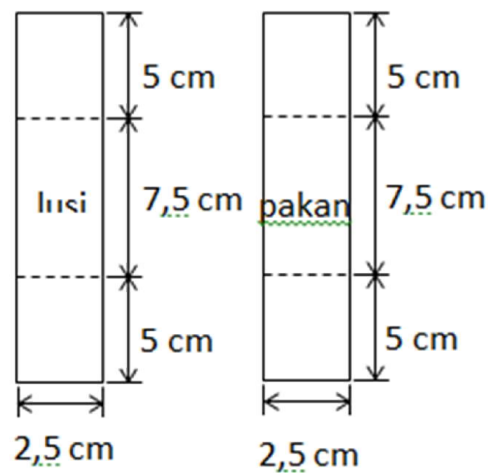
#### 4.2. Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen dilakukan pada perusahaan CRAFT DENIM INDONESIA yang beralamat di Buaran Gang. 1 No. 29 Pekalongan dan Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan yang beralamat di Jalan Perintis Kemerdekaan No. 30 Pekalongan.

Pelaksanaan eksperimen merupakan fase pengumpulan data hasil eksperimen berdasarkan matrik *orthogonal array* yang telah dipilih. Langkah-langkah pelaksanaan eksperimen dapat dijelaskan sebagai berikut :

##### 4.2.1. Pelaksanaan Pengujian Kekuatan Tarik Kain

- 1) Menyiapkan alat yang digunakan.
  - a. Catat kondisi ruangan saat pengujian.
  - b. Periksa dan teliti apakah setting alat sudah benar.
- 2) Menyiapkan contoh uji.
  - a. Memotong kain contoh uji (dengan cara pita / potong) ke arah lusi maupun ke arah pakan
  - b. Potong contoh uji dengan ukuran 17,5 x 2,5 cm untuk kain dengan tetal >20 hl/inch dan 17,5 x 3,75 cm untuk kain dengan tetal <20 hl/inch ke arah lusi dan arah pakan.



Gambar 4. 1. Contoh uji pengujian kekuatan tarik kain

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK N 3 Pekalongan

### 3) Melaksanakan Pengujian

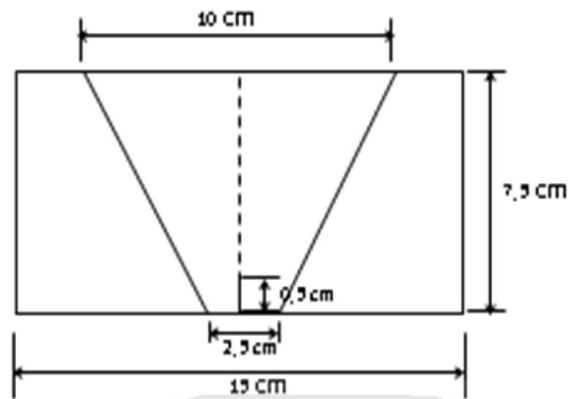
- a. Kain contoh uji dipasang pada penjepit. Pada saat pemasangan contoh uji, pada penjepit atas seluruh contoh uji boleh dipasangkan semuanya. Hal ini agar tidak terlalu berulangnya bongkar-pasang contoh uji pada penjepit. Pemasangan contoh uji yang sekaligus mengakibatkan mengecilnya kemungkinan contoh uji untuk selip dari penjepit atas. Namun demikian bila pemasangannya kurang teliti, yang terjadi malah sebaliknya.
- b. Contoh uji bagian bawah dipasang pada penjepit bawah. Namun, pemberian tegangan awal hendaknya tidak melebihi batas toleransi. Adapun batas toleransinya yaitu sebesar 6 ons atau kira-kira 3 kg.
- c. Motor dijalankan dengan menekan tombol penggerak motor ke atas.

- d. Tombol penarik penjepit diputar bawah ke bawah. Pedal motor diinjak, maka penjepit bergerak ke bawah. Ketika mulur tepat pada saat putus, pedal motor dilepaskan.
- e. Mengamati skala kekuatan dan mulur yang dihasilkan dari hasil pengujian. Pada saat putus kedudukan ayunan terletak diantara 9 – 45° terhadap garis tegak lurus.
- f. Skala yang dibaca, yaitu skala bagian tengah, karena digunakan bebannya 100 kg.
- g. Untuk mengembalikan penjepit bawah ke posisi semula, dengan cara memutar tombol penjepit bawah ke atas, dan pedal motor diinjak.
- h. Pengujian dilakukan untuk 3 contoh uji. Masing – masing untuk arah lusi dan pakan.
- i. Membaca kekuatan tarik dalam satuan kilogram (Kg) dan mulur dalam satuan centimeter (cm).
- j. Catat semua data yang telah didapat.

#### 4.2.2. Pelaksanaan Pengujian Kekuatan Sobek Kain

- 1) Menyiapkan alat yang digunakan.
  - a. Catat kondisi ruangan saat pengujian.
  - b. Periksa dan teliti apakah setting alat sudah benar.
- 2) Menyiapkan contoh uji.
  - a. Memotong kain contoh uji (dengan cara trapesium) ke arah lusi maupun ke arah pakan

- b. Potong contoh uji dengan ukuran 15 x 7,5 cm
- c. Potong contoh uji ke arah lusi maupun ke arah pakan



Gambar 4. 2. Contoh uji pengujian kekuatan sobek kain

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK N 3 Pekalongan

- 3) Melaksanakan pengujian.
  - a. Contoh uji dipasang pada sepasang penjepit sedemikian rupa sehingga terletak di tengah-tengah dan tepi bawah contoh uji segaris dasar penjepit, kedua penjepit dirapatkan dengan memutar sekerup pengencang, sehingga tekanan pada kedua penjepit sama besar. Contoh uji terpasang bebas dengan dengan bagian atas diatur melengkung searah ayunan pendulum.
  - b. Melakukan sobekan awal dengan menekan batang pisau.
  - c. Penahan pendulum ditekan sampai pendulum berayun mencapai lintasan ayunan kemudian pendulum ditahan dengan tangan tanpa mengubah posisi jarum penunjuk.
  - d. Kekuatan sobek dapat dibaca pada skala dalam satuan persen.

- e. Hasil pengujian diulang apabila contoh uji selip pada penjepit dan sobekan menyimpang dari arah sobekan awal.
- f. Catat semua data yang telah didapat.

### 4.3. Pengumpulan Data

Berikut standar mutu kain tenun yang harus dipenuhi oleh bahan tekstil dikeluarkan oleh Balai Besar Tekstil dan sesuai dengan standar SNI yang digunakan pada pengujian standar mutu yang disyaratkan. Standar mutu ini yang digunakan oleh dalam penelitian ini sebagai dasar acuan dalam melaksanakan penelitian. Berikut adalah standar mutu kain tenun yang dikeluarkan oleh Balai Besar Tekstil Indonesia :

Tabel 4.4. Standar Mutu untuk Kain Tenun.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kekuatan tarik kain per 2,5 cm Arah lusi Arah pakan	N (kg) N (kg)	min 226,5 (23) min 186,0 (19)
2	Kekuatan sobek kain <sup>1)</sup>	N (kg)	min 14,7 (1,5)
3	Daya serap terhadap air	t (detik)	maks 5
4	Gosokan Kering <sup>6)</sup> Basah <sup>6)</sup>		min 4 min 3-4
5	Kenampakan kain setelah pencucian berulang <sup>3)</sup>	DP	min 3,5
6	Ketahanan luntur warna terhadap : <sup>3)</sup>	Skala	
6.1	Pencucian Perubahan warna <sup>5)</sup> Penodaan <sup>6)</sup>		min 4 min 4
6.2	Pencucian kering <sup>2)</sup> Perubahan warna <sup>5)</sup>		min 4
6.3	Keringat asam dan basa Perubahan warna <sup>5)</sup> Penodaan <sup>6)</sup>		min 4 min 4



6.4	Perubahan dimensi Dalam pencucian dan pengeringan <sup>1)</sup> Setelah pencucian kering <sup>2)</sup>	% %	maks 2 maks 2
6.5	Sinar <sup>7)</sup>		min 4
<b>Catatan :</b>			
(1)	Untuk arah pakan dan pakan		
(2)	Untuk kain yang mengalami pencucian kering		
(3)	Untuk kain awet (durable-press)		
(4)	Untuk kain yang berwarna		
(5)	Skala abu-abu		
(6)	Skala penodaan		
(7)	Standar wol baru		

Sumber : Balai Besar Tekstil, 2017

Acuan satndar yang digunakan untuk uji mutu kain sesuai dengan standar nasional untuk kain tenun, antara lain adalah :

1. SNI 08-0276-2009, Cara uji kekuatan tarik dan mulur kain tenun.
2. SNI 08-0338-1989, Cara uji kekuatan sobek kainn tenun dengan alat pendulum (Elmendorf).
3. SNI 08-0279-1989, Cara uji daya serap bahan tekstil.
4. SNI 08-0288-1989, Cara uji tahan terhadap gosokan.
5. SNI 08-0298-1989, Cara uji kenampakan kain tenun kusut setelah pencucian berulang-ulang.
6. SNI 08-0285-1998, Cara uji tahan luntur warna terhadap pencucian rumah tangga dan komersial.
7. SNI 08-0289-1989, Cara uji tahan luntur warna terhadap cahaya.
8. SNI 08-4651-1998, Cara uji perubahan dimensi bahan tekstil setelah pencucian kering dengan menggunakan perkloroetilena.

9. SNI 08-1271-1996, Cara uji tahan slip benang dalam kain tenun pada jahitan sambungan.

10. Pengambilan contoh

Contoh uji diambil menurut masing-masing standar cara pengujian sebagaimana yang tercantum pada butir 6.

11. Cara Uji

Cara uji disesuaikan dengan standar SNI pengujian yang dilaksanakan.

12. Syarat lulus uji

Kain tenun dinyatakan memenuhi syarat mutu apabila hasil pengujian memenuhi persyaratan yang tercantum pada tabel 1.

Data kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain hasil eksperimen menggunakan metode Taguchi ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Kain (N)

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan				Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G					
	Coloumn Number							Replikasi ke				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	215	210	215	215	213.8
2	1	1	1	2	2	2	2	195	215	195	205	202.5
3	1	2	2	1	1	2	2	215	230	230	235	227.5
4	1	2	2	2	2	1	1	200	225	200	185	202.5
5	2	1	2	1	2	1	2	210	200	220	205	208.8
6	2	1	2	2	1	2	1	215	220	195	195	206.3
7	2	2	1	1	2	2	1	260	265	250	245	255.0

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan				Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G					
	Coloumn Number							Replikasi ke				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
8	2	2	1	2	1	1	2	230	245	235	235	236.3

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan

Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Kekuatan Sobek Kain (N)

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan				Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G					
	Coloumn Number							Replikasi ke				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	21	21.5	21	21.5	21.25
2	1	1	1	2	2	2	2	19.9	20.1	20.4	20.2	20.15
3	1	2	2	1	1	2	2	18.7	18	19	18.3	18.50
4	1	2	2	2	2	1	1	17.7	18.2	17.9	17.8	17.90
5	2	1	2	1	2	1	2	19.4	19.6	19.9	20.3	19.80
6	2	1	2	2	1	2	1	17.5	17.5	17.2	17.6	17.45
7	2	2	1	1	2	2	1	19.9	20.1	20.4	20.2	20.15
8	2	2	1	2	1	1	2	17.1	16.7	16.7	17.2	16.93

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan

#### 4.4. Pengolahan Data

Berdasarkan data hasil eksperimen diperlukan langkah-langkah berikut:

### 4.2.3. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

#### 1. Kekuatan Tarik Kain.

Tabel 4.7. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Tarik Kain

Batas Kelas	Titik Tengah Xi	Frek fi	Fi Xi	Xi <sup>2</sup>	Fi Xi <sup>2</sup>	Bb	Ba	z		Luas Interval			ei	chi <sup>2</sup>
185-197	191	5	955	36481	182405	184.5	197.5	-1.65	1.06	0.4505	0.3554	0.0951	3.0432	1.2582
198-210	204	7	1428	41616	291312	197.5	210.5	-1.06	0.46	0.3554	0.1772	0.1782	5.7024	0.2953
211-223	217	7	1519	47089	329623	210.5	223.5	-0.46	0.13	0.1772	0.0517	0.2289	7.3248	0.0144
224-236	230	6	1380	52900	317400	223.5	236.5	0.13	0.72	0.0517	0.2642	0.2125	6.8	0.0941
237-249	243	2	486	59049	118098	236.5	249.5	0.72	1.32	0.2642	0.4066	0.1424	4.5568	1.4346
250-262	256	4	1024	65536	262144	249.5	262.5	1.32	1.91	0.4066	0.4719	0.0653	2.0896	1.7466
263-275	269	1	269	72361	72361	262.5	275.5	1.91	2.51	0.4719	0.494	0.0221	0.7072	0.1212
		32	7061		1573343									4.9644

Berdasarkan uji normalitas data variabel respon kekuatan tarik kain memiliki  $\chi^2$  hitung = 4,96  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;4)} = 9,49$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen kekuatan tarik kain berdistribusi normal.

#### 2. Kekuatan Sobek Kain

Tabel 4.8. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Sobek Kain

Batas Kelas	Titik Tengah Xi	Frek fi	Fi Xi	Xi <sup>2</sup>	Fi Xi <sup>2</sup>	Bb	Ba	z		Luas Interval			ei	chi <sup>2</sup>
16,3-17,0	16.65	6	99.9	277.223	1663.34	16.25	17.05	-1.52	-0.99	0.4357	0.3389	0.0968	3.0976	2.71950
7,1-17,8	17.45	8	139.6	304.503	2436.02	17.05	17.85	-0.99	-0.47	0.3389	0.1808	0.1581	5.0592	1.70942
7,9-18,6	18.25	4	73	333.063	1332.25	17.85	18.65	-0.47	0.05	0.1808	0.0199	0.2007	6.4224	0.91368

8,7-19,4	19.05	3	57.15	362.903	1088.71	18.65	19.45	0.05	0.57	0.0199	0.2157	0.1958	6.2656	1.70201
9,5-20,2	19.85	5	99.25	394.023	1970.11	19.45	20.25	0.57	1.09	0.2157	0.3621	0.1464	4.6848	0.02121
20,3-21,0	20.65	4	82.6	426.423	1705.69	20.25	21.05	1.09	1.61	0.3621	0.4463	0.0842	2.6944	0.63264
21,1-21,8	21.45	2	42.9	460.103	920.205	21.05	21.85	1.61	2.13	0.4463	0.4834	0.0371	1.1872	0.55647
		32	594.4		11116.3									8.25494

Berdasarkan uji normalitas data variabel respon kekuatan sobek kain memiliki  $\chi^2$  hitung = 8,25  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;4)} = 9,49$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen kekuatan sobek kain berdistribusi normal.

#### 4.2.4. Uji Homogenitas Data

Uji homogenitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan Tarik Kain

Tabel 4.9. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Tarik Kain

Replika	db = n-1	Si <sup>2</sup>	db Si <sup>2</sup>	log Si <sup>2</sup>	db log Si <sup>2</sup>
1	7	407.14	2850	2.61	18.27
2	7	426.79	2988	2.63	18.41
3	7	407.14	2850	2.61	18.27
4	7	457.14	3200	2.66	18.62
$\Sigma$	28	1698.21	11887.5	10.51	73.57

Varian Gabungan                      424.55

Log S Gabungan                      2.6

Bartlet                                      73.58

Chi kuadrat hitung                    0.03

Chi kuadrat table                    7.81473

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon kekuatan tarik kain memiliki  $\chi^2$  hitung = 0,03  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;3)} = 7,81$  maka  $h_0$  diterima artinya data hasil eksperimen kekuatan tarik kain homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

## 2. Kekuatan Sobek Kain

Tabel 4.10. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Sobek Kain

Replika	db = n-1	Si <sup>2</sup>	db Si <sup>2</sup>	log Si <sup>2</sup>	db log Si <sup>2</sup>
1	7	1.91	13	0.28	1.96
2	7	2.60	18	0.41	2.90
3	7	2.63	18	0.42	2.94
4	7	2.54	18	0.41	2.84
$\Sigma$	28	9.68	67.77625	1.52	10.65

Varian Gabungan                    2.42

Log S Gabungan                    0.4

Bartlet                                    10.75

Chi kuadrat hitung                    0.24

Chi kuadrat tabel                    7.81473

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon kekuatan sobek kain memiliki  $\chi^2$  hitung = 0,24  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;3)} = 7,81$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen kekuatan sobek kain homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

#### 4.2.5. Uji ANOVA

Uji ANOVA data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan Tarik Kain

Tabel 4.11. Data Uji ANOVA Kekuatan Tarik Kain

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F	SS'	P
					Table		
A	1	1,800.00	1,800.00	17.63	4.26	1,697.92	13.61
B	1	4,050.00	4,050.00	39.67	4.26	3,947.92	31.65
C	1	1,953.13	1,953.13	19.13	4.26	1,851.04	14.84
D	1	1,653.13	1,653.13	16.19	4.26	1,551.04	12.44
E	1	112.50	112.50	1.10	4.26	10.42	0.08
F	1	450.00	450.00	4.41	4.26	347.92	2.79
G	1	3.13	3.13	0.03	4.26	-98.96	-0.79
Residu	24	2,450.00	102.08				
Total	31	12,471.88					74.63

Berdasarkan tujuh faktor kendali diatas, terdapat lima faktor yaitu faktor A, faktor B, faktor C, faktor D dan faktor F mempunyai F hitung masing-masing 17,63; 39,67; 19,13; 16,19; dan 4,41 lebih besar dari F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B C, D dan F ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B, C, D dan F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan tarik kain. Terdapat dua faktor yaitu E dan G mempunyai F hitung masing-masing 1,10; dan 0,03 lebih kecil dari F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor E dan G diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor E dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan tarik kain.

## 2. Kekuatan Sobek Kain.

Tabel 4.12. Data Uji ANOVA Kekuatan Sobek Kain

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F Table	SS'	P
A	1	6.04	6.04	72.91	4.26	5.96	8.75
B	1	13.39	13.39	161.69	4.26	13.31	19.56
C	1	11.64	11.64	140.56	4.26	11.56	16.99
D	1	26.46	26.46	319.55	4.26	26.38	38.77
E	1	7.51	7.51	90.66	4.26	7.43	10.91
F	1	0.07	0.07	0.85	4.26	-0.01	-0.02
G	1	0.95	0.95	11.42	4.26	0.86	1.27
Residu	24	1.99	0.08				
Total	31	68.04					96.23

Berdasarkan tujuh faktor kendali di atas, terdapat enam faktor yaitu faktor A, faktor B, faktor C, faktor D, faktor E dan faktor G yang mempunyai F hitung masing-masing 72,91; 161,69; 140,56; 319,55; 90,66 dan 11,42 lebih besar dari F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B, C, D, E dan G ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan sobek kain. Terdapat satu faktor yaitu F mempunyai F hitung = 0,85 lebih kecil F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor F diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan sobek kain.

### 4.2.6. Signal to Noise Ratio (SNR)

Hasil perhitungan nilai SNR ditunjukkan oleh tabel berikut :



Tabel 4.13. Nilai SNR Kekuatan Tarik Kain

Trial	Faktor Kendali							SNR
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	46.60
2	1	1	1	2	2	2	2	46.11
3	1	2	2	1	1	2	2	47.12
4	1	2	2	2	2	1	1	46.07
5	2	1	2	1	2	1	2	46.38
6	2	1	2	2	1	2	1	46.25
7	2	2	1	1	2	2	1	48.12
8	2	2	1	2	1	1	2	47.46

Tabel 4.14. Nilai SNR Kekuatan Sobek Kain

Trial	Faktor Kendali							SNR
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	26.55
2	1	1	1	2	2	2	2	26.08
3	1	2	2	1	1	2	2	25.34
4	1	2	2	2	2	1	1	25.06
5	2	1	2	1	2	1	2	25.93
6	2	1	2	2	1	2	1	24.83
7	2	2	1	1	2	2	1	26.08
8	2	2	1	2	1	1	2	24.57

#### 4.2.7. Efek Tiap Faktor

Efek tiap faktor ditujukan untuk mengetahui formulasi yang akan menghasilkan kombinasi level faktor terbaik bagi masing-masing variabel respon, analisis efek tiap faktor adalah sebagai berikut :

### 1. Kekuatan Tarik Kain

Berdasarkan tabel 4.13. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap kekuatan tarik kain berikut :

Tabel 4.15. Efek Tiap Faktor Kekuatan Tarik Kain (LTB)

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	46.47	46.33	<b><u>47.07</u></b>	<b><u>47.05</u></b>	<b><u>46.858</u></b>	46.62	46.76
Level 2	<b><u>47.05</u></b>	<b><u>47.19</u></b>	46.45	46.47	46.667	<b><u>46.90</u></b>	<b><u>46.77</u></b>
Selisih	0.577	0.860	0.617	0.584	0.191	0.275	0.010
Ranking	4	1	2	3	6	5	7
Optimal	A2	B2	C1	D1	E1	F2	G2

Karena berdasarkan ANOVA faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor B, C dan D, A dan F maka untuk faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan (faktor E, dan G). Kombinasi level faktor terbaik variabel respon Kekuatan Tarik Kain sebagai berikut : B2, C1, D1, A2, F2, E1 dan G2.

### 2. Kekuatan Sobek Kain

Berdasarkan tabel 4.14. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap kekuatan sobek kain berikut :

Tabel 4.16. Efek Tiap Faktor Kekuatan Sobek Kain (LTB)

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	<u>25.76</u>	<u>25.85</u>	<u>25.82</u>	<u>25.97</u>	25.322	<u>25.52</u>	<u>25.63</u>
Level 2	25.35	25.26	25.29	25.14	<u>25.789</u>	<u>25.59</u>	25.48
Selisih	0.402	0.587	0.531	0.838	0.467	0.061	0.150
Rank	5	2	3	1	4	7	6
Optimal	A1	B1	C1	D1	E2	F2	G1

Karena berdasarkan ANOVA faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor D, B, C, E dan A, sedangkan faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan (faktor G, F). Kombinasi level faktor terbaik kekuatan sobek kain sebagai berikut : D1, B1, C1, E2, A1, G1, dan F2.

#### 4.2.8. Prediksi Nilai Variabel Respon

Kombinasi level faktor optimal pada masing-masing variabel respon berbeda, oleh karena itu diperlukan analisis multi respon. Faktor yang berpengaruh terhadap Kekuatan Tarik Kain Kain dan Kekuatan Sobek Kain secara simultan adalah A, B, C, D, E, F dan G sehingga diperlukan analisis terhadap 128 alternatif kombinasi sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.17. 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

			A1								A2							
			B1				B2				B1				B2			
			C1		C2		C1		C2		C1		C2		C1		C2	
			D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
E1	F1	G1	■															
		G2													■			
	F2	G1											■					
		G2					■											
E2	F1	G1						■										
		G2									■							
	F2	G1												■				
		G2		■														

Berdasarkan data pada tabel 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.17, dengan 7 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda Kekuatan Tarik Kain (dalam kg) berikut :

Tabel 4.18. Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Tarik Kain (kg)

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = 138.2 + (1.875A) + (1.75B) - (1.5C) - (3D) - (0.208E) + (0.625F) - (0.286G)$
2	$Y_2 = 57.1 + (1.04A) + (3B) - (1.5C) - (0D) + (0E) + (1.04F) - (0.21G)$
3	$Y_3 = 146.52 + (1.25A) + (2.25B) - (1.25C) - (4.5D) - (0.2D) - (0E) + (0.14F)$
4	$Y_4 = 189.7 + (0.83A) + (2B) - (2C) - (4D) - (0.83E) + (0.83F) + (0.285G)$

Berdasarkan tabel 4.17. dapat disusun penomoran untuk trial 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) dengan 7 faktor 2 level sebagai berikut :

Tabel 4.19. Penomoran untuk Trial 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

			A1								A2							
			B1				B2				B1				B2			
			C1		C2		C1		C2		C1		C2		C1		C2	
			D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
E1	F1	G1	<b>1</b>	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89	97	105	113	121
		G2	2	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90	98	<b>106</b>	114	122
	F2	G1	3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	<b>91</b>	99	107	115	123
		G2	4	12	20	28	36	44	<b>52</b>	60	68	76	84	92	100	108	116	124
E2	F1	G1	5	13	21	29	37	45	53	<b>61</b>	69	77	85	93	101	109	117	125
		G2	6	14	22	30	38	46	54	62	70	78	<b>86</b>	94	102	110	118	126
	F2	G1	7	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95	<b>103</b>	111	119	127
		G2	8	<b>16</b>	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128

*Keterangan : cetak tebal menunjukkan trial yang sudah dieksperimentkan*

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.18 dan penomoran untuk trial 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.19 dapat disusun hasil prediksi kekuatan tarik kain sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.20. Hasil Prediksi Kekuatan Tarik Kain (dalam kg)

Trial	Kombinasi Level							Replikasi ke-				RATA2
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	215	210	215	215	213.7
2	1	1	1	1	1	1	2	205	203	220	225	213.1
3	1	1	1	1	1	2	1	222	223	215	225	221.2
4	1	1	1	1	1	2	2	212	215	220	235	220.6
5	1	1	1	1	2	1	1	212	210	213	205	210.0
6	1	1	1	1	2	1	2	202	203	218	215	209.4

7	1	1	1	1	2	2	1	220	223	213	215	217.5
8	1	1	1	1	2	2	2	210	215	218	225	216.9
9	1	1	1	2	1	1	1	200	210	193	195	199.4
10	1	1	1	2	1	1	2	190	203	197	205	198.7
11	1	1	1	2	1	2	1	207	223	193	205	206.8
12	1	1	1	2	1	2	2	197	215	197	215	206.2
13	1	1	1	2	2	1	1	197	210	190	185	195.6
14	1	1	1	2	2	1	2	187	203	195	195	195.0
15	1	1	1	2	2	2	1	205	223	190	195	203.1
16	1	1	1	2	2	2	2	195	215	195	205	202.5
17	1	1	2	1	1	1	1	200	195	203	195	198.1
18	1	1	2	1	1	1	2	190	188	207	205	197.5
19	1	1	2	1	1	2	1	207	208	203	205	205.6
20	1	1	2	1	1	2	2	197	200	207	215	205.0
21	1	1	2	1	2	1	1	197	195	200	185	194.4
22	1	1	2	1	2	1	2	187	188	205	195	193.8
23	1	1	2	1	2	2	1	205	208	200	195	201.9
24	1	1	2	1	2	2	2	195	200	205	205	201.2
25	1	1	2	2	1	1	1	185	195	180	175	183.7
26	1	1	2	2	1	1	2	175	188	185	185	183.1
27	1	1	2	2	1	2	1	192	208	180	185	191.2
28	1	1	2	2	1	2	2	182	200	185	195	190.6
29	1	1	2	2	2	1	1	182	195	178	165	180.0
30	1	1	2	2	2	1	2	172	188	183	175	179.4

31	1	1	2	2	2	2	1	190	208	178	175	187.5
32	1	1	2	2	2	2	2	180	200	183	185	186.9
33	1	2	1	1	1	1	1	232	240	238	235	236.2
34	1	2	1	1	1	1	2	222	233	242	245	235.6
35	1	2	1	1	1	2	1	240	253	238	245	243.7
36	1	2	1	1	1	2	2	230	245	242	255	243.1
37	1	2	1	1	2	1	1	230	240	235	225	232.5
38	1	2	1	1	2	1	2	220	233	240	235	231.9
39	1	2	1	1	2	2	1	237	253	235	235	240.0
40	1	2	1	1	2	2	2	227	245	240	245	239.4
41	1	2	1	2	1	1	1	217	240	215	215	221.9
42	1	2	1	2	1	1	2	207	233	220	225	221.2
43	1	2	1	2	1	2	1	225	253	215	225	229.3
44	1	2	1	2	1	2	2	215	245	220	235	228.7
45	1	2	1	2	2	1	1	215	240	213	205	218.1
46	1	2	1	2	2	1	2	205	233	218	215	217.5
47	1	2	1	2	2	2	1	222	253	213	215	225.6
48	1	2	1	2	2	2	2	212	245	218	225	225.0
49	1	2	2	1	1	1	1	217	225	225	215	220.6
50	1	2	2	1	1	1	2	207	218	230	225	220.0
51	1	2	2	1	1	2	1	225	238	225	225	228.1
52	1	2	2	1	1	2	2	215	230	230	235	227.5
53	1	2	2	1	2	1	1	215	225	223	205	216.9
54	1	2	2	1	2	1	2	205	218	228	215	216.3

55	1	2	2	1	2	2	1	222	238	223	215	224.4
56	1	2	2	1	2	2	2	212	230	228	225	223.7
57	1	2	2	2	1	1	1	202	225	203	195	206.2
58	1	2	2	2	1	1	2	192	218	207	205	205.6
59	1	2	2	2	1	2	1	210	238	203	205	213.7
60	1	2	2	2	1	2	2	200	230	207	215	213.1
61	1	2	2	2	2	1	1	200	225	200	185	202.5
62	1	2	2	2	2	1	2	190	218	205	195	201.9
63	1	2	2	2	2	2	1	207	238	200	195	210.0
64	1	2	2	2	2	2	2	197	230	205	205	209.4
65	2	1	1	1	1	1	1	237	223	230	225	228.7
66	2	1	1	1	1	1	2	227	215	235	235	228.1
67	2	1	1	1	1	2	1	245	235	230	235	236.2
68	2	1	1	1	1	2	2	235	228	235	245	235.6
69	2	1	1	1	2	1	1	235	223	228	215	225.0
70	2	1	1	1	2	1	2	225	215	233	225	224.4
71	2	1	1	1	2	2	1	242	235	228	225	232.5
72	2	1	1	1	2	2	2	232	228	233	235	231.9
73	2	1	1	2	1	1	1	222	223	208	205	214.3
74	2	1	1	2	1	1	2	212	215	212	215	213.7
75	2	1	1	2	1	2	1	230	235	208	215	221.8
76	2	1	1	2	1	2	2	220	228	212	225	221.2
77	2	1	1	2	2	1	1	220	223	205	195	210.6
78	2	1	1	2	2	1	2	210	215	210	205	210.0



79	2	1	1	2	2	2	1	227	235	205	205	218.1
80	2	1	1	2	2	2	2	217	228	210	215	217.5
81	2	1	2	1	1	1	1	222	208	218	205	213.1
82	2	1	2	1	1	1	2	212	200	222	215	212.5
83	2	1	2	1	1	2	1	230	220	218	215	220.6
84	2	1	2	1	1	2	2	220	213	222	225	219.9
85	2	1	2	1	2	1	1	220	208	215	195	209.4
86	2	1	2	1	2	1	2	210	200	220	205	208.7
87	2	1	2	1	2	2	1	227	220	215	205	216.9
88	2	1	2	1	2	2	2	217	213	220	215	216.2
89	2	1	2	2	1	1	1	207	208	195	185	198.7
90	2	1	2	2	1	1	2	197	200	200	195	198.1
91	2	1	2	2	1	2	1	215	220	195	195	206.2
92	2	1	2	2	1	2	2	205	213	200	205	205.6
93	2	1	2	2	2	1	1	205	208	193	175	195.0
94	2	1	2	2	2	1	2	195	200	198	185	194.4
95	2	1	2	2	2	2	1	212	220	193	185	202.5
96	2	1	2	2	2	2	2	202	213	198	195	201.9
97	2	2	1	1	1	1	1	255	253	253	245	251.2
98	2	2	1	1	1	1	2	245	245	257	255	250.6
99	2	2	1	1	1	2	1	262	265	253	255	258.7
100	2	2	1	1	1	2	2	252	258	257	265	258.1
101	2	2	1	1	2	1	1	252	253	250	235	247.5
102	2	2	1	1	2	1	2	242	245	255	245	246.9

103	2	2	1	1	2	2	1	260	265	250	245	255.0
104	2	2	1	1	2	2	2	250	258	255	255	254.4
105	2	2	1	2	1	1	1	240	253	230	225	236.8
106	2	2	1	2	1	1	2	230	245	235	235	236.2
107	2	2	1	2	1	2	1	247	265	230	235	244.3
108	2	2	1	2	1	2	2	237	258	235	245	243.7
109	2	2	1	2	2	1	1	237	253	228	215	233.1
110	2	2	1	2	2	1	2	227	245	233	225	232.5
111	2	2	1	2	2	2	1	245	265	228	225	240.6
112	2	2	1	2	2	2	2	235	258	233	235	240.0
113	2	2	2	1	1	1	1	240	238	240	225	235.6
114	2	2	2	1	1	1	2	230	230	245	235	235.0
115	2	2	2	1	1	2	1	247	250	240	235	243.1
116	2	2	2	1	1	2	2	237	243	245	245	242.4
117	2	2	2	1	2	1	1	237	238	238	215	231.9
118	2	2	2	1	2	1	2	227	230	243	225	231.2
119	2	2	2	1	2	2	1	245	250	238	225	239.4
120	2	2	2	1	2	2	2	235	243	243	235	238.7
121	2	2	2	2	1	1	1	225	238	218	205	221.2
122	2	2	2	2	1	1	2	215	230	222	215	220.6
123	2	2	2	2	1	2	1	232	250	218	215	228.7
124	2	2	2	2	1	2	2	222	243	222	225	228.1
125	2	2	2	2	2	1	1	222	238	215	195	217.5
126	2	2	2	2	2	1	2	212	230	220	205	216.9

127	2	2	2	2	2	2	1	230	250	215	205	225.0
128	2	2	2	2	2	2	2	220	243	220	215	224.4

Berdasarkan data pada tabel 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.17, dengan 7 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda kekuatan sobek kain (kg) berikut :

Tabel 4.21. Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Sobek Kain (kg)

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = 37.445 - (0.0708A) - (0.11B) - (0.115C) - (0.34D) + (0.05416E) + (0.01666F) - (0.00714G)$
2	$Y_3 = 40.57 - (0.08125A) - (0.1425B) - (0.1275C) - (0.335D) + (0.089E) - (0.00625F) - (0.02G)$
3	$Y_3 = 37.96 - (0.0854A) - (0.1125B) - (0.1125C) - (0.405D) + (0.097E) + (0.03125F) - (0.0035G)$
4	$Y_4 = 39.767 - (0.05208A) - (0.1525B) - (0.1275C) - (0.375D) + (0.08125E) - (0.01F) - (0.00785G)$

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.21 dan penomoran untuk trial 1/16 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.19 dapat disusun hasil prediksi kekuatan sobek kain (kg) sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.22. Hasil Prediksi Kekuatan Sobek Kain (Kg)

Trial	Kombinasi Level							Replikasi ke-				RATA2
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	21.0	21.5	21.0	21.5	21.25
2	1	1	1	1	1	1	2	20.8	20.8	20.9	21.2	20.92
3	1	1	1	1	1	2	1	21.2	21.4	21.4	21.4	21.35
4	1	1	1	1	1	2	2	21.0	20.7	21.2	21.1	21.01
5	1	1	1	1	2	1	1	21.7	22.6	22.1	22.5	22.22
6	1	1	1	1	2	1	2	21.4	21.9	22.0	22.2	21.88
7	1	1	1	1	2	2	1	21.9	22.5	22.5	22.4	22.31
8	1	1	1	1	2	2	2	21.6	21.8	22.4	22.1	21.97
9	1	1	1	2	1	1	1	19.3	19.8	19.0	19.6	19.43
10	1	1	1	2	1	1	2	19.1	19.1	18.8	19.4	19.10
11	1	1	1	2	1	2	1	19.5	19.8	19.3	19.5	19.53
12	1	1	1	2	1	2	2	19.3	19.1	19.2	19.2	19.19
13	1	1	1	2	2	1	1	20.0	20.9	20.1	20.6	20.40
14	1	1	1	2	2	1	2	19.7	20.2	20.0	20.3	20.06
15	1	1	1	2	2	2	1	20.2	20.8	20.5	20.5	20.49
16	1	1	1	2	2	2	2	19.9	20.1	20.4	20.2	20.15
17	1	1	2	1	1	1	1	19.9	20.2	19.9	20.2	20.05
18	1	1	2	1	1	1	2	19.6	19.5	19.7	20.0	19.71
19	1	1	2	1	1	2	1	20.1	20.2	20.2	20.1	20.14
20	1	1	2	1	1	2	2	19.8	19.5	20.1	19.8	19.80

21	1	1	2	1	2	1	1	20.5	21.3	21.0	21.2	21.01
22	1	1	2	1	2	1	2	20.3	20.6	20.9	20.9	20.67
23	1	1	2	1	2	2	1	20.7	21.2	21.4	21.1	21.11
24	1	1	2	1	2	2	2	20.5	20.5	21.3	20.8	20.77
25	1	1	2	2	1	1	1	18.2	18.6	17.8	18.4	18.23
26	1	1	2	2	1	1	2	17.9	17.9	17.7	18.1	17.89
27	1	1	2	2	1	2	1	18.4	18.5	18.2	18.2	18.32
28	1	1	2	2	1	2	2	18.1	17.8	18.1	18.0	17.99
29	1	1	2	2	2	1	1	18.8	19.6	19.0	19.3	19.19
30	1	1	2	2	2	1	2	18.6	18.9	18.9	19.1	18.85
31	1	1	2	2	2	2	1	19.0	19.6	19.4	19.2	19.29
32	1	1	2	2	2	2	2	18.8	18.9	19.2	18.9	18.95
33	1	2	1	1	1	1	1	19.9	20.1	19.9	20.0	19.96
34	1	2	1	1	1	1	2	19.7	19.4	19.7	19.7	19.62
35	1	2	1	1	1	2	1	20.1	20.0	20.2	19.9	20.05
36	1	2	1	1	1	2	2	19.9	19.3	20.1	19.6	19.72
37	1	2	1	1	2	1	1	20.6	21.2	21.0	21.0	20.92
38	1	2	1	1	2	1	2	20.3	20.5	20.9	20.7	20.59
39	1	2	1	1	2	2	1	20.8	21.1	21.4	20.8	21.02
40	1	2	1	1	2	2	2	20.5	20.4	21.3	20.6	20.68
41	1	2	1	2	1	1	1	18.2	18.4	17.8	18.1	18.14
42	1	2	1	2	1	1	2	18.0	17.7	17.7	17.8	17.80
43	1	2	1	2	1	2	1	18.4	18.3	18.2	18.0	18.23
44	1	2	1	2	1	2	2	18.2	17.6	18.1	17.7	17.90

45	1	2	1	2	2	1	1	18.9	19.5	19.0	19.1	19.10
46	1	2	1	2	2	1	2	18.6	18.8	18.9	18.8	18.77
47	1	2	1	2	2	2	1	19.1	19.4	19.4	19.0	19.20
48	1	2	1	2	2	2	2	18.8	18.7	19.2	18.7	18.86
49	1	2	2	1	1	1	1	18.8	18.8	18.7	18.7	18.75
50	1	2	2	1	1	1	2	18.5	18.1	18.6	18.4	18.42
51	1	2	2	1	1	2	1	19.0	18.7	19.1	18.6	18.85
52	1	2	2	1	1	2	2	18.7	18.0	19.0	18.3	18.50
53	1	2	2	1	2	1	1	19.4	19.9	19.9	19.7	19.72
54	1	2	2	1	2	1	2	19.2	19.2	19.8	19.4	19.38
55	1	2	2	1	2	2	1	19.6	19.8	20.3	19.6	19.81
56	1	2	2	1	2	2	2	19.4	19.1	20.1	19.3	19.47
57	1	2	2	2	1	1	1	17.1	17.1	16.7	16.8	16.93
58	1	2	2	2	1	1	2	16.8	16.4	16.6	16.6	16.60
59	1	2	2	2	1	2	1	17.3	17.1	17.1	16.7	17.03
60	1	2	2	2	1	2	2	17.0	16.4	17.0	16.4	16.69
61	1	2	2	2	2	1	1	17.7	18.2	17.9	17.8	17.90
62	1	2	2	2	2	1	2	17.5	17.5	17.7	17.5	17.56
63	1	2	2	2	2	2	1	17.9	18.1	18.2	17.7	17.99
64	1	2	2	2	2	2	2	17.7	17.4	18.1	17.4	17.66
65	2	1	1	1	1	1	1	20.2	20.5	20.0	20.9	20.38
66	2	1	1	1	1	1	2	19.9	19.8	19.8	20.6	20.05
67	2	1	1	1	1	2	1	20.4	20.5	20.3	20.8	20.48
68	2	1	1	1	1	2	2	20.1	19.8	20.2	20.5	20.14

69	2	1	1	1	2	1	1	20.8	21.6	21.1	21.9	21.35
70	2	1	1	1	2	1	2	20.6	20.9	21.0	21.6	21.01
71	2	1	1	1	2	2	1	21.0	21.5	21.5	21.7	21.44
72	2	1	1	1	2	2	2	20.8	20.8	21.4	21.5	21.11
73	2	1	1	2	1	1	1	18.5	18.9	17.9	19.0	18.56
74	2	1	1	2	1	1	2	18.2	18.2	17.8	18.7	18.23
75	2	1	1	2	1	2	1	18.7	18.8	18.3	18.9	18.66
76	2	1	1	2	1	2	2	18.4	18.1	18.2	18.6	18.32
77	2	1	1	2	2	1	1	19.1	19.9	19.1	20.0	19.53
78	2	1	1	2	2	1	2	18.9	19.2	19.0	19.7	19.19
79	2	1	1	2	2	2	1	19.3	19.9	19.5	19.9	19.62
80	2	1	1	2	2	2	2	19.1	19.2	19.3	19.6	19.29
81	2	1	2	1	1	1	1	19.0	19.3	18.8	19.6	19.18
82	2	1	2	1	1	1	2	18.8	18.6	18.7	19.3	18.84
83	2	1	2	1	1	2	1	19.2	19.2	19.2	19.5	19.27
84	2	1	2	1	1	2	2	19.0	18.5	19.1	19.2	18.94
85	2	1	2	1	2	1	1	19.7	20.3	20.0	20.6	20.14
86	2	1	2	1	2	1	2	19.4	19.6	19.9	20.3	19.80
87	2	1	2	1	2	2	1	19.9	20.3	20.4	20.5	20.24
88	2	1	2	1	2	2	2	19.6	19.6	20.2	20.2	19.90
89	2	1	2	2	1	1	1	17.3	17.6	16.8	17.7	17.36
90	2	1	2	2	1	1	2	17.1	16.9	16.7	17.5	17.02
91	2	1	2	2	1	2	1	17.5	17.5	17.2	17.6	17.45
92	2	1	2	2	1	2	2	17.3	16.8	17.1	17.3	17.12

93	2	1	2	2	2	1	1	18.0	18.7	18.0	18.7	18.32
94	2	1	2	2	2	1	2	17.7	18.0	17.8	18.4	17.99
95	2	1	2	2	2	2	1	18.2	18.6	18.3	18.6	18.42
96	2	1	2	2	2	2	2	17.9	17.9	18.2	18.3	18.08
97	2	2	1	1	1	1	1	19.1	19.1	18.8	19.4	19.09
98	2	2	1	1	1	1	2	18.8	18.4	18.7	19.1	18.75
99	2	2	1	1	1	2	1	19.3	19.0	19.2	19.2	19.18
100	2	2	1	1	1	2	2	19.0	18.3	19.1	19.0	18.85
101	2	2	1	1	2	1	1	19.7	20.2	20.0	20.3	20.05
102	2	2	1	1	2	1	2	19.5	19.5	19.9	20.1	19.72
103	2	2	1	1	2	2	1	19.9	20.1	20.4	20.2	20.15
104	2	2	1	1	2	2	2	19.7	19.4	20.2	19.9	19.81
105	2	2	1	2	1	1	1	17.4	17.4	16.8	17.5	17.27
106	2	2	1	2	1	1	2	17.1	16.7	16.7	17.2	16.93
107	2	2	1	2	1	2	1	17.6	17.4	17.2	17.4	17.37
108	2	2	1	2	1	2	2	17.3	16.7	17.1	17.1	17.03
109	2	2	1	2	2	1	1	18.0	18.5	18.0	18.5	18.24
110	2	2	1	2	2	1	2	17.8	17.8	17.8	18.2	17.90
111	2	2	1	2	2	2	1	18.2	18.4	18.3	18.3	18.33
112	2	2	1	2	2	2	2	18.0	17.7	18.2	18.1	17.99
113	2	2	2	1	1	1	1	17.9	17.8	17.7	18.1	17.88
114	2	2	2	1	1	1	2	17.7	17.1	17.6	17.8	17.55
115	2	2	2	1	1	2	1	18.1	17.8	18.1	18.0	17.98
116	2	2	2	1	1	2	2	17.9	17.1	18.0	17.7	17.64



117	2	2	2	1	2	1	1	18.6	18.9	18.9	19.1	18.85
118	2	2	2	1	2	1	2	18.3	18.2	18.7	18.8	18.51
119	2	2	2	1	2	2	1	18.8	18.8	19.2	18.9	18.94
120	2	2	2	1	2	2	2	18.5	18.1	19.1	18.7	18.61
121	2	2	2	2	1	1	1	16.2	16.2	15.7	16.2	16.06
122	2	2	2	2	1	1	2	16.0	15.5	15.6	15.9	15.73
123	2	2	2	2	1	2	1	16.4	16.1	16.1	16.1	16.16
124	2	2	2	2	1	2	2	16.2	15.4	15.9	15.8	15.82
125	2	2	2	2	2	1	1	16.9	17.2	16.8	17.2	17.03
126	2	2	2	2	2	1	2	16.6	16.5	16.7	16.9	16.69
127	2	2	2	2	2	2	1	17.1	17.2	17.2	17.1	17.12
128	2	2	2	2	2	2	2	16.8	16.5	17.1	16.8	16.79

#### 4.2.9. Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN

Karena kondisi optimal kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain diperoleh dari kombinasi level faktor yang berbeda, maka diperlukan analisis untuk mengoptimalkan kondisi yang berbeda tersebut menggunakan Taguchi multi respon. Taguchi multi respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah prosedur MRSN. Langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Menghitung *quality loss* ( $L_{ij}$ ) untuk setiap *trial*.

Batas fungsional kekuatan tarik kain tipe *larger the better* adalah nilai

batas bawah 186,9 N (kg) sampai dengan nilai batas atas 255,0 N (kg) terdapat peningkatan 68,1 N (kg). Batas fungsional kekuatan sobek kain tipe *larger the better* adalah nilai batas bawah 15,73 N (kg) nilai batas atas 20,15 N (kg) terdapat peningkatan 4,42 N (kg).

Berdasarkan hasil interview dengan pemilik perusahaan Craft Denim Indonesia bahwa biaya pemakaian kebutuhan bahan proses pembuatan kain tenun dengan benang lusi serat *cotton* dan benang pakan serat *sisal* membutuhkan biaya untuk level I adalah Rp. 38.000 dan untuk level II adalah Rp. 49.000 dengan rencana dan harga terlampir. Fungsi kerugian (k) kekuatan tarik kain = Rp. 18.823 x (186.9)<sup>2</sup> = Rp. 657.505.790 dan fungsi kerugian (k) kekuatan sobek kain = Rp. 20.510 x (15.7)<sup>2</sup> = Rp. 5.073.643

## 2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).

Kekuatan Tarik Kain relatif lebih penting dibanding Kekuatan Sobek Kain dan dipilih istilah linguistiknya "*High*" dan "*Medium*". Tingkat kepentingan relatif ditunjukkan oleh tabel *linguistic term*. Istilah tersebut dikonversikan kedalam bilangan *fuzzy*. Berdasarkan tabel *crisp scores of fuzzy number*, diperoleh Kekuatan Tarik Kain = 0,750 dan Kekuatan Sobek Kain = 0,583. Jadi bobot kedua variabel respon adalah :

a. Kekuatan Tarik Kain ( $W_1$ ) =  $0,750 / (0,750 + 0,583) = 0,56$

b. Kekuatan Sobek Kain ( $W_2$ ) =  $0,583 / (0,750 + 0,583) = 0,44$

## 3. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

Nilai MRSNj dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w_i C_{ij}$  Kekuatan Tarik Kain

Trial	Kombinasi Level							Replikasi ke-				RATA2	L1j	C1j	w*C1j
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4				
1	1	1	1	1	1	1	1	215	210	215	215	213.7	14,399	0.702	0.39
2	1	1	1	1	1	1	2	205	203	220	225	213.1	14,563	0.710	0.40
3	1	1	1	1	1	2	1	222	223	215	225	221.2	13,448	0.656	0.37
4	1	1	1	1	1	2	2	212	215	220	235	220.6	13,572	0.662	0.37
5	1	1	1	1	2	1	1	212	210	213	205	210.0	14,918	0.727	0.41
6	1	1	1	1	2	1	2	202	203	218	215	209.4	15,045	0.733	0.41
7	1	1	1	1	2	2	1	220	223	213	215	217.5	13,913	0.678	0.38
8	1	1	1	1	2	2	2	210	215	218	225	216.9	14,004	0.683	0.38
9	1	1	1	2	1	1	1	200	210	193	195	199.4	16,601	0.809	0.46
10	1	1	1	2	1	1	2	190	203	197	205	198.7	16,691	0.814	0.46
11	1	1	1	2	1	2	1	207	223	193	205	206.8	15,492	0.755	0.42
12	1	1	1	2	1	2	2	197	215	197	215	206.2	15,546	0.758	0.43
13	1	1	1	2	2	1	1	197	210	190	185	195.6	17,297	0.843	0.47
14	1	1	1	2	2	1	2	187	203	195	195	195.0	17,328	0.845	0.48
15	1	1	1	2	2	2	1	205	223	190	195	203.1	16,109	0.785	0.44
16	1	1	1	2	2	2	2	195	215	195	205	202.5	16,114	0.786	0.44
17	1	1	2	1	1	1	1	200	195	203	195	198.1	16,768	0.817	0.46
18	1	1	2	1	1	1	2	190	188	207	205	197.5	16,959	0.827	0.47
19	1	1	2	1	1	2	1	207	208	203	205	205.6	15,562	0.759	0.43
20	1	1	2	1	1	2	2	197	200	207	215	205.0	15,701	0.765	0.43
21	1	1	2	1	2	1	1	197	195	200	185	194.4	17,449	0.851	0.48
22	1	1	2	1	2	1	2	187	188	205	195	193.8	17,582	0.857	0.48
23	1	1	2	1	2	2	1	205	208	200	195	201.9	16,163	0.788	0.44

24	1	1	2	1	2	2	2	195	200	205	205	201.2	16,255	0.792	0.45
25	1	1	2	2	1	1	1	185	195	180	175	183.7	19,574	0.954	0.54
26	1	1	2	2	1	1	2	175	188	185	185	183.1	19,654	0.958	0.54
27	1	1	2	2	1	2	1	192	208	180	185	191.2	18,139	0.884	0.50
28	1	1	2	2	1	2	2	182	200	185	195	190.6	18,178	0.886	0.50
29	1	1	2	2	2	1	1	182	195	178	165	180.0	20,514	1.000	0.56
30	1	1	2	2	2	1	2	172	188	183	175	179.4	20,502	0.999	0.56
31	1	1	2	2	2	2	1	190	208	178	175	187.5	18,958	0.924	0.52
32	1	1	2	2	2	2	2	180	200	183	185	186.9	18,923	0.922	0.52
33	1	2	1	1	1	1	1	232	240	238	235	236.2	11,788	0.575	0.32
34	1	2	1	1	1	1	2	222	233	242	245	235.6	11,896	0.580	0.33
35	1	2	1	1	1	2	1	240	253	238	245	243.7	11,088	0.541	0.30
36	1	2	1	1	1	2	2	230	245	242	255	243.1	11,172	0.545	0.31
37	1	2	1	1	2	1	1	230	240	235	225	232.5	12,184	0.594	0.33
38	1	2	1	1	2	1	2	220	233	240	235	231.9	12,266	0.598	0.34
39	1	2	1	1	2	2	1	237	253	235	235	240.0	11,446	0.558	0.31
40	1	2	1	1	2	2	2	227	245	240	245	239.4	11,507	0.561	0.32
41	1	2	1	2	1	1	1	217	240	215	215	221.9	13,445	0.655	0.37
42	1	2	1	2	1	1	2	207	233	220	225	221.2	13,505	0.658	0.37
43	1	2	1	2	1	2	1	225	253	215	225	229.3	12,633	0.616	0.35
44	1	2	1	2	1	2	2	215	245	220	235	228.7	12,672	0.618	0.35
45	1	2	1	2	2	1	1	215	240	213	205	218.1	13,961	0.681	0.38
46	1	2	1	2	2	1	2	205	233	218	215	217.5	13,983	0.682	0.38
47	1	2	1	2	2	2	1	222	253	213	215	225.6	13,096	0.638	0.36
48	1	2	1	2	2	2	2	212	245	218	225	225.0	13,102	0.639	0.36

49	1	2	2	1	1	1	1	217	225	225	215	220.6	13,528	0.659	0.37
50	1	2	2	1	1	1	2	207	218	230	225	220.0	13,648	0.665	0.37
51	1	2	2	1	1	2	1	225	238	225	225	228.1	12,660	0.617	0.35
52	1	2	2	1	1	2	2	215	230	230	235	227.5	12,751	0.622	0.35
53	1	2	2	1	2	1	1	215	225	223	205	216.9	14,035	0.684	0.38
54	1	2	2	1	2	1	2	205	218	228	215	216.3	14,117	0.688	0.39
55	1	2	2	1	2	2	1	222	238	223	215	224.4	13,112	0.639	0.36
56	1	2	2	1	2	2	2	212	230	228	225	223.7	13,171	0.642	0.36
57	1	2	2	2	1	1	1	202	225	203	195	206.2	15,593	0.760	0.43
58	1	2	2	2	1	1	2	192	218	207	205	205.6	15,644	0.763	0.43
59	1	2	2	2	1	2	1	210	238	203	205	213.7	14,568	0.710	0.40
60	1	2	2	2	1	2	2	200	230	207	215	213.1	14,597	0.712	0.40
61	1	2	2	2	2	1	1	200	225	200	185	202.5	16,269	0.793	0.45
62	1	2	2	2	2	1	2	190	218	205	195	201.9	16,263	0.793	0.45
63	1	2	2	2	2	2	1	207	238	200	195	210.0	15,166	0.739	0.42
64	1	2	2	2	2	2	2	197	230	205	205	209.4	15,147	0.738	0.42
65	2	1	1	1	1	1	1	237	223	230	225	228.7	12,593	0.614	0.35
66	2	1	1	1	1	1	2	227	215	235	235	228.1	12,687	0.618	0.35
67	2	1	1	1	1	2	1	245	235	230	235	236.2	11,804	0.575	0.32
68	2	1	1	1	1	2	2	235	228	235	245	235.6	11,871	0.579	0.33
69	2	1	1	1	2	1	1	235	223	228	215	225.0	13,030	0.635	0.36
70	2	1	1	1	2	1	2	225	215	233	225	224.4	13,090	0.638	0.36
71	2	1	1	1	2	2	1	242	235	228	225	232.5	12,197	0.595	0.33
72	2	1	1	1	2	2	2	232	228	233	235	231.9	12,235	0.596	0.34
73	2	1	1	2	1	1	1	222	223	208	205	214.3	14,376	0.701	0.39

74	2	1	1	2	1	1	2	212	215	212	215	213.7	14,397	0.702	0.39
75	2	1	1	2	1	2	1	230	235	208	215	221.8	13,465	0.656	0.37
76	2	1	1	2	1	2	2	220	228	212	225	221.2	13,466	0.656	0.37
77	2	1	1	2	2	1	1	220	223	205	195	210.6	14,953	0.729	0.41
78	2	1	1	2	2	1	2	210	215	210	205	210.0	14,923	0.727	0.41
79	2	1	1	2	2	2	1	227	235	205	205	218.1	13,979	0.681	0.38
80	2	1	1	2	2	2	2	217	228	210	215	217.5	13,937	0.679	0.38
81	2	1	2	1	1	1	1	222	208	218	205	213.1	14,530	0.708	0.40
82	2	1	2	1	1	1	2	212	200	222	215	212.5	14,629	0.713	0.40
83	2	1	2	1	1	2	1	230	220	218	215	220.6	13,542	0.660	0.37
84	2	1	2	1	1	2	2	220	213	222	225	219.9	13,609	0.663	0.37
85	2	1	2	1	2	1	1	220	208	215	195	209.4	15,095	0.736	0.41
86	2	1	2	1	2	1	2	210	200	220	205	208.7	15,144	0.738	0.42
87	2	1	2	1	2	2	1	227	220	215	205	216.9	14,043	0.685	0.39
88	2	1	2	1	2	2	2	217	213	220	215	216.2	14,069	0.686	0.39
89	2	1	2	2	1	1	1	207	208	195	185	198.7	16,770	0.818	0.46
90	2	1	2	2	1	1	2	197	200	200	195	198.1	16,763	0.817	0.46
91	2	1	2	2	1	2	1	215	220	195	195	206.2	15,608	0.761	0.43
92	2	1	2	2	1	2	2	205	213	200	205	205.6	15,581	0.760	0.43
93	2	1	2	2	2	1	1	205	208	193	175	195.0	17,537	0.855	0.48
94	2	1	2	2	2	1	2	195	200	198	185	194.4	17,452	0.851	0.48
95	2	1	2	2	2	2	1	212	220	193	185	202.5	16,280	0.794	0.45
96	2	1	2	2	2	2	2	202	213	198	195	201.9	16,190	0.789	0.44
97	2	2	1	1	1	1	1	255	253	253	245	251.2	10,426	0.508	0.29
98	2	2	1	1	1	1	2	245	245	257	255	250.6	10,486	0.511	0.29

99	2	2	1	1	1	2	1	262	265	253	255	258.7	9,837	0.480	0.27
100	2	2	1	1	1	2	2	252	258	257	265	258.1	9,881	0.482	0.27
101	2	2	1	1	2	1	1	252	253	250	235	247.5	10,764	0.525	0.30
102	2	2	1	1	2	1	2	242	245	255	245	246.9	10,800	0.526	0.30
103	2	2	1	1	2	2	1	260	265	250	245	255.0	10,143	0.494	0.28
104	2	2	1	1	2	2	2	250	258	255	255	254.4	10,166	0.496	0.28
105	2	2	1	2	1	1	1	240	253	230	225	236.8	11,791	0.575	0.32
106	2	2	1	2	1	1	2	230	245	235	235	236.2	11,803	0.575	0.32
107	2	2	1	2	1	2	1	247	265	230	235	244.3	11,114	0.542	0.30
108	2	2	1	2	1	2	2	237	258	235	245	243.7	11,114	0.542	0.30
109	2	2	1	2	2	1	1	237	253	228	215	233.1	12,226	0.596	0.34
110	2	2	1	2	2	1	2	227	245	233	225	232.5	12,204	0.595	0.33
111	2	2	1	2	2	2	1	245	265	228	225	240.6	11,505	0.561	0.32
112	2	2	1	2	2	2	2	235	258	233	235	240.0	11,476	0.559	0.31
113	2	2	2	1	1	1	1	240	238	240	225	235.6	11,874	0.579	0.33
114	2	2	2	1	1	1	2	230	230	245	235	235.0	11,933	0.582	0.33
115	2	2	2	1	1	2	1	247	250	240	235	243.1	11,149	0.544	0.31
116	2	2	2	1	1	2	2	237	243	245	245	242.4	11,191	0.546	0.31
117	2	2	2	1	2	1	1	237	238	238	215	231.9	12,300	0.600	0.34
118	2	2	2	1	2	1	2	227	230	243	225	231.2	12,326	0.601	0.34
119	2	2	2	1	2	2	1	245	250	238	225	239.4	11,533	0.562	0.32
120	2	2	2	1	2	2	2	235	243	243	235	238.7	11,545	0.563	0.32
121	2	2	2	2	1	1	1	225	238	218	205	221.2	13,554	0.661	0.37
122	2	2	2	2	1	1	2	215	230	222	215	220.6	13,545	0.660	0.37
123	2	2	2	2	1	2	1	232	250	218	215	228.7	12,709	0.620	0.35

124	2	2	2	2	1	2	2	222	243	222	225	228.1	12,690	0.619	0.35
125	2	2	2	2	2	1	1	222	238	215	195	217.5	14,117	0.688	0.39
126	2	2	2	2	2	1	2	212	230	220	205	216.9	14,058	0.685	0.39
127	2	2	2	2	2	2	1	230	250	215	205	225.0	13,209	0.644	0.36
128	2	2	2	2	2	2	2	220	243	220	215	224.4	13,148	0.641	0.36
						Min		172	188	178	165	179.4	9837	0.48	0.27
						Max		262	265	257	265	258.7	20514	1.00	0.56

Tabel 4.24. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w_i C_{ij}$  Kekuatan Sobek Kain

Trial	Kombinasi Level							Replikasi ke-				RATA2	L <sub>ij</sub>	C <sub>ij</sub>	w <sup>*</sup> C <sub>ij</sub>
	A	B	C	D	E	F	G	1	2	3	4				
1	1	1	1	1	1	1	1	21.0	21.5	21.0	21.5	21.25	11,238	0.548	0.24
2	1	1	1	1	1	1	2	20.8	20.8	20.9	21.2	20.92	11,601	0.565	0.25
3	1	1	1	1	1	2	1	21.2	21.4	21.4	21.4	21.35	11,134	0.543	0.24
4	1	1	1	1	1	2	2	21.0	20.7	21.2	21.1	21.01	11,496	0.560	0.25
5	1	1	1	1	2	1	1	21.7	22.6	22.1	22.5	22.22	10,288	0.501	0.22
6	1	1	1	1	2	1	2	21.4	21.9	22.0	22.2	21.88	10,604	0.517	0.23
7	1	1	1	1	2	2	1	21.9	22.5	22.5	22.4	22.31	10,197	0.497	0.22
8	1	1	1	1	2	2	2	21.6	21.8	22.4	22.1	21.97	10,513	0.512	0.22
9	1	1	1	2	1	1	1	19.3	19.8	19.0	19.6	19.43	13,447	0.655	0.29
10	1	1	1	2	1	1	2	19.1	19.1	18.8	19.4	19.10	13,916	0.678	0.30
11	1	1	1	2	1	2	1	19.5	19.8	19.3	19.5	19.53	13,307	0.648	0.28
12	1	1	1	2	1	2	2	19.3	19.1	19.2	19.2	19.19	13,776	0.671	0.29
13	1	1	1	2	2	1	1	20.0	20.9	20.1	20.6	20.40	12,207	0.595	0.26
14	1	1	1	2	2	1	2	19.7	20.2	20.0	20.3	20.06	12,613	0.615	0.27



15	1	1	1	2	2	2	1	20.2	20.8	20.5	20.5	20.49	12,087	0.589	0.26
16	1	1	1	2	2	2	2	19.9	20.1	20.4	20.2	20.16	12,491	0.609	0.27
17	1	1	2	1	1	1	1	19.9	20.2	19.9	20.2	20.05	12,629	0.615	0.27
18	1	1	2	1	1	1	2	19.6	19.5	19.7	20.0	19.71	13,064	0.637	0.28
19	1	1	2	1	1	2	1	20.1	20.2	20.2	20.1	20.14	12,508	0.609	0.27
20	1	1	2	1	1	2	2	19.8	19.5	20.1	19.8	19.80	12,941	0.631	0.28
21	1	1	2	1	2	1	1	20.5	21.3	21.0	21.2	21.01	11,501	0.560	0.25
22	1	1	2	1	2	1	2	20.3	20.6	20.9	20.9	20.67	11,877	0.579	0.25
23	1	1	2	1	2	2	1	20.7	21.2	21.4	21.1	21.11	11,396	0.555	0.24
24	1	1	2	1	2	2	2	20.5	20.5	21.3	20.8	20.77	11,771	0.574	0.25
25	1	1	2	2	1	1	1	18.2	18.6	17.8	18.4	18.23	15,282	0.745	0.33
26	1	1	2	2	1	1	2	17.9	17.9	17.7	18.1	17.89	15,854	0.773	0.34
27	1	1	2	2	1	2	1	18.4	18.5	18.2	18.2	18.32	15,115	0.737	0.32
28	1	1	2	2	1	2	2	18.1	17.8	18.1	18.0	17.99	15,687	0.764	0.33
29	1	1	2	2	2	1	1	18.8	19.6	19.0	19.3	19.19	13,787	0.672	0.29
30	1	1	2	2	2	1	2	18.6	18.9	18.9	19.1	18.85	14,276	0.696	0.30
31	1	1	2	2	2	2	1	19.0	19.6	19.4	19.2	19.29	13,645	0.665	0.29
32	1	1	2	2	2	2	2	18.8	18.9	19.2	18.9	18.95	14,133	0.689	0.30
33	1	2	1	1	1	1	1	19.9	20.1	19.9	20.0	19.96	12,738	0.621	0.27
34	1	2	1	1	1	1	2	19.7	19.4	19.7	19.7	19.62	13,180	0.642	0.28
35	1	2	1	1	1	2	1	20.1	20.0	20.2	19.9	20.05	12,618	0.615	0.27
36	1	2	1	1	1	2	2	19.9	19.3	20.1	19.6	19.72	13,060	0.636	0.28
37	1	2	1	1	2	1	1	20.6	21.2	21.0	21.0	20.92	11,594	0.565	0.25
38	1	2	1	1	2	1	2	20.3	20.5	20.9	20.7	20.59	11,977	0.584	0.26
39	1	2	1	1	2	2	1	20.8	21.1	21.4	20.8	21.02	11,490	0.560	0.24

40	1	2	1	1	2	2	2	20.5	20.4	21.3	20.6	20.68	11,872	0.579	0.25
41	1	2	1	2	1	1	1	18.2	18.4	17.8	18.1	18.14	15,425	0.752	0.33
42	1	2	1	2	1	1	2	18.0	17.7	17.7	17.8	17.80	16,009	0.780	0.34
43	1	2	1	2	1	2	1	18.4	18.3	18.2	18.0	18.23	15,262	0.744	0.33
44	1	2	1	2	1	2	2	18.2	17.6	18.1	17.7	17.90	15,846	0.772	0.34
45	1	2	1	2	2	1	1	18.9	19.5	19.0	19.1	19.10	13,908	0.678	0.30
46	1	2	1	2	2	1	2	18.6	18.8	18.9	18.8	18.77	14,406	0.702	0.31
47	1	2	1	2	2	2	1	19.1	19.4	19.4	19.0	19.20	13,769	0.671	0.29
48	1	2	1	2	2	2	2	18.8	18.7	19.2	18.7	18.86	14,267	0.695	0.30
49	1	2	2	1	1	1	1	18.8	18.8	18.7	18.7	18.75	14,428	0.703	0.31
50	1	2	2	1	1	1	2	18.5	18.1	18.6	18.4	18.42	14,965	0.729	0.32
51	1	2	2	1	1	2	1	19.0	18.7	19.1	18.6	18.85	14,288	0.696	0.30
52	1	2	2	1	1	2	2	18.7	18.0	19.0	18.3	18.51	14,824	0.722	0.32
53	1	2	2	1	2	1	1	19.4	19.9	19.9	19.7	19.72	13,056	0.636	0.28
54	1	2	2	1	2	1	2	19.2	19.2	19.8	19.4	19.38	13,516	0.659	0.29
55	1	2	2	1	2	2	1	19.6	19.8	20.3	19.6	19.81	12,934	0.630	0.28
56	1	2	2	1	2	2	2	19.4	19.1	20.1	19.3	19.47	13,394	0.653	0.29
57	1	2	2	2	1	1	1	17.1	17.1	16.7	16.8	16.93	17,700	0.862	0.38
58	1	2	2	2	1	1	2	16.8	16.4	16.6	16.6	16.60	18,423	0.898	0.39
59	1	2	2	2	1	2	1	17.3	17.1	17.1	16.7	17.03	17,504	0.853	0.37
60	1	2	2	2	1	2	2	17.0	16.4	17.0	16.4	16.69	18,227	0.888	0.39
61	1	2	2	2	2	1	1	17.7	18.2	17.9	17.8	17.90	15,844	0.772	0.34
62	1	2	2	2	2	1	2	17.5	17.5	17.7	17.5	17.56	16,454	0.802	0.35
63	1	2	2	2	2	2	1	17.9	18.1	18.2	17.7	17.99	15,679	0.764	0.33
64	1	2	2	2	2	2	2	17.7	17.4	18.1	17.4	17.66	16,288	0.794	0.35

65	2	1	1	1	1	1	1	20.2	20.5	20.0	20.9	20.38	12,222	0.596	0.26
66	2	1	1	1	1	1	2	19.9	19.8	19.8	20.6	20.05	12,634	0.616	0.27
67	2	1	1	1	1	2	1	20.4	20.5	20.3	20.8	20.48	12,101	0.590	0.26
68	2	1	1	1	1	2	2	20.1	19.8	20.2	20.5	20.14	12,512	0.610	0.27
69	2	1	1	1	2	1	1	20.8	21.6	21.1	21.9	21.35	11,145	0.543	0.24
70	2	1	1	1	2	1	2	20.6	20.9	21.0	21.6	21.01	11,503	0.561	0.25
71	2	1	1	1	2	2	1	21.0	21.5	21.5	21.7	21.44	11,040	0.538	0.24
72	2	1	1	1	2	2	2	20.8	20.8	21.4	21.5	21.11	11,397	0.555	0.24
73	2	1	1	2	1	1	1	18.5	18.9	17.9	19.0	18.56	14,744	0.718	0.31
74	2	1	1	2	1	1	2	18.2	18.2	17.8	18.7	18.23	15,285	0.745	0.33
75	2	1	1	2	1	2	1	18.7	18.8	18.3	18.9	18.66	14,578	0.710	0.31
76	2	1	1	2	1	2	2	18.4	18.1	18.2	18.6	18.32	15,117	0.737	0.32
77	2	1	1	2	2	1	1	19.1	19.9	19.1	20.0	19.53	13,323	0.649	0.28
78	2	1	1	2	2	1	2	18.9	19.2	19.0	19.7	19.19	13,786	0.672	0.29
79	2	1	1	2	2	2	1	19.3	19.9	19.5	19.9	19.62	13,181	0.642	0.28
80	2	1	1	2	2	2	2	19.1	19.2	19.3	19.6	19.29	13,643	0.665	0.29
81	2	1	2	1	1	1	1	19.0	19.3	18.8	19.6	19.18	13,805	0.673	0.29
82	2	1	2	1	1	1	2	18.8	18.6	18.7	19.3	18.84	14,303	0.697	0.30
83	2	1	2	1	1	2	1	19.2	19.2	19.2	19.5	19.27	13,662	0.666	0.29
84	2	1	2	1	1	2	2	19.0	18.5	19.1	19.2	18.94	14,159	0.690	0.30
85	2	1	2	1	2	1	1	19.7	20.3	20.0	20.6	20.14	12,518	0.610	0.27
86	2	1	2	1	2	1	2	19.4	19.6	19.9	20.3	19.80	12,946	0.631	0.28
87	2	1	2	1	2	2	1	19.9	20.3	20.4	20.5	20.24	12,394	0.604	0.26
88	2	1	2	1	2	2	2	19.6	19.6	20.2	20.2	19.90	12,822	0.625	0.27
89	2	1	2	2	1	1	1	17.3	17.6	16.8	17.7	17.36	16,859	0.822	0.36

90	2	1	2	2	1	1	2	17.1	16.9	16.7	17.5	17.02	17,525	0.854	0.37
91	2	1	2	2	1	2	1	17.5	17.5	17.2	17.6	17.45	16,659	0.812	0.36
92	2	1	2	2	1	2	2	17.3	16.8	17.1	17.3	17.12	17,324	0.844	0.37
93	2	1	2	2	2	1	1	18.0	18.7	18.0	18.7	18.32	15,130	0.737	0.32
94	2	1	2	2	2	1	2	17.7	18.0	17.8	18.4	17.99	15,694	0.765	0.33
95	2	1	2	2	2	2	1	18.2	18.6	18.3	18.6	18.42	14,961	0.729	0.32
96	2	1	2	2	2	2	2	17.9	17.9	18.2	18.3	18.08	15,524	0.756	0.33
97	2	2	1	1	1	1	1	19.1	19.1	18.8	19.4	19.09	13,926	0.679	0.30
98	2	2	1	1	1	1	2	18.8	18.4	18.7	19.1	18.75	14,434	0.703	0.31
99	2	2	1	1	1	2	1	19.3	19.0	19.2	19.2	19.18	13,786	0.672	0.29
100	2	2	1	1	1	2	2	19.0	18.3	19.1	19.0	18.85	14,292	0.696	0.30
101	2	2	1	1	2	1	1	19.7	20.2	20.0	20.3	20.05	12,621	0.615	0.27
102	2	2	1	1	2	1	2	19.5	19.5	19.9	20.1	19.72	13,057	0.636	0.28
103	2	2	1	1	2	2	1	19.9	20.1	20.4	20.2	20.15	12,500	0.609	0.27
104	2	2	1	1	2	2	2	19.7	19.4	20.2	19.9	19.81	12,935	0.630	0.28
105	2	2	1	2	1	1	1	17.4	17.4	16.8	17.5	17.27	17,022	0.829	0.36
106	2	2	1	2	1	1	2	17.1	16.7	16.7	17.2	16.93	17,701	0.863	0.38
107	2	2	1	2	1	2	1	17.6	17.4	17.2	17.4	17.37	16,826	0.820	0.36
108	2	2	1	2	1	2	2	17.3	16.7	17.1	17.1	17.03	17,505	0.853	0.37
109	2	2	1	2	2	1	1	18.0	18.5	18.0	18.5	18.24	15,266	0.744	0.33
110	2	2	1	2	2	1	2	17.8	17.8	17.8	18.2	17.90	15,841	0.772	0.34
111	2	2	1	2	2	2	1	18.2	18.4	18.3	18.3	18.33	15,101	0.736	0.32
112	2	2	1	2	2	2	2	18.0	17.7	18.2	18.1	17.99	15,675	0.764	0.33
113	2	2	2	1	1	1	1	17.9	17.8	17.7	18.1	17.88	15,866	0.773	0.34
114	2	2	2	1	1	1	2	17.7	17.1	17.6	17.8	17.55	16,488	0.803	0.35

115	2	2	2	1	1	2	1	18.1	17.8	18.1	18.0	17.98	15,699	0.765	0.33
116	2	2	2	1	1	2	2	17.9	17.1	18.0	17.7	17.64	16,321	0.795	0.35
117	2	2	2	1	2	1	1	18.6	18.9	18.9	19.1	18.85	14,286	0.696	0.30
118	2	2	2	1	2	1	2	18.3	18.2	18.7	18.8	18.51	14,815	0.722	0.32
119	2	2	2	1	2	2	1	18.8	18.8	19.2	18.9	18.94	14,143	0.689	0.30
120	2	2	2	1	2	2	2	18.5	18.1	19.1	18.7	18.61	14,671	0.715	0.31
121	2	2	2	2	1	1	1	16.2	16.2	15.7	16.2	16.06	19,671	0.959	0.42
122	2	2	2	2	1	1	2	16.0	15.5	15.6	15.9	15.73	20,521	1.000	0.44
123	2	2	2	2	1	2	1	16.4	16.1	16.1	16.1	16.16	19,433	0.947	0.41
124	2	2	2	2	1	2	2	16.2	15.4	15.9	15.8	15.82	20,283	0.988	0.43
125	2	2	2	2	2	1	1	16.9	17.2	16.8	17.2	17.03	17,502	0.853	0.37
126	2	2	2	2	2	1	2	16.6	16.5	16.7	16.9	16.69	18,213	0.887	0.39
127	2	2	2	2	2	2	1	17.1	17.2	17.2	17.1	17.12	17,303	0.843	0.37
128	2	2	2	2	2	2	2	16.8	16.5	17.1	16.8	16.79	18,013	0.878	0.38
								16.0	15.4	15.6	15.8	15.73	10,197	0.50	0.22
								21.9	22.6	22.5	22.5	22.31	20,521	1.00	0.44

Tabel 4.25. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Proses Pembuatan Kain Tenun

Trial	Kombinasi Level							Faktor Kendali							āL1j	āC1j	TNQ Lj	MRSN
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G				
1	1	1	1	1	1	1	1	50	48	30	15	20	12	50	25,637	1.250	0.63	1.98
2	1	1	1	1	1	1	2	50	48	30	15	20	12	85	26,164	1.275	0.65	1.89
3	1	1	1	1	1	2	1	50	48	30	15	20	24	50	24,582	1.198	0.61	2.17
4	1	1	1	1	1	2	2	50	48	30	15	20	24	85	25,068	1.222	0.62	2.10
5	1	1	1	1	2	1	1	50	48	30	15	32	12	50	25,206	1.229	0.63	2.02

6	1	1	1	1	2	1	2	50	48	30	15	32	12	85	25,649	1.250	0.64	1.95
7	1	1	1	1	2	2	1	50	48	30	15	32	24	50	24,110	1.175	0.60	2.23
8	1	1	1	1	2	2	2	50	48	30	15	32	24	85	24,517	1.195	0.61	2.16
9	1	1	1	2	1	1	1	50	48	30	20	20	12	50	30,047	1.464	0.74	1.30
10	1	1	1	2	1	1	2	50	48	30	20	20	12	85	30,607	1.492	0.75	1.22
11	1	1	1	2	1	2	1	50	48	30	20	20	24	50	28,798	1.404	0.71	1.50
12	1	1	1	2	1	2	2	50	48	30	20	20	24	85	29,322	1.429	0.72	1.43
13	1	1	1	2	2	1	1	50	48	30	20	32	12	50	29,504	1.438	0.73	1.34
14	1	1	1	2	2	1	2	50	48	30	20	32	12	85	29,941	1.459	0.74	1.28
15	1	1	1	2	2	2	1	50	48	30	20	32	24	50	28,196	1.374	0.70	1.55
16	1	1	1	2	2	2	2	50	48	30	20	32	24	85	28,605	1.394	0.71	1.50
17	1	1	2	1	1	1	1	50	48	40	15	20	12	50	29,398	1.433	0.73	1.37
18	1	1	2	1	1	1	2	50	48	40	15	20	12	85	30,022	1.463	0.74	1.29
19	1	1	2	1	1	2	1	50	48	40	15	20	24	50	28,069	1.368	0.69	1.59
20	1	1	2	1	1	2	2	50	48	40	15	20	24	85	28,642	1.396	0.71	1.51
21	1	1	2	1	2	1	1	50	48	40	15	32	12	50	28,950	1.411	0.72	1.40
22	1	1	2	1	2	1	2	50	48	40	15	32	12	85	29,459	1.436	0.74	1.34
23	1	1	2	1	2	2	1	50	48	40	15	32	24	50	27,558	1.343	0.69	1.64
24	1	1	2	1	2	2	2	50	48	40	15	32	24	85	28,026	1.366	0.70	1.57
25	1	1	2	2	1	1	1	50	48	40	20	20	12	50	34,856	1.699	0.86	0.64
26	1	1	2	2	1	1	2	50	48	40	20	20	12	85	35,508	1.731	0.88	0.57
27	1	1	2	2	1	2	1	50	48	40	20	20	24	50	33,254	1.621	0.82	0.86
28	1	1	2	2	1	2	2	50	48	40	20	20	24	85	33,865	1.651	0.83	0.79
29	1	1	2	2	2	1	1	50	48	40	20	32	12	50	34,301	1.672	0.86	0.67
30	1	1	2	2	2	1	2	50	48	40	20	32	12	85	34,778	1.695	0.87	0.62

31	1	1	2	2	2	2	1	50	48	40	20	32	24	50	32,603	1.589	0.81	0.91
32	1	1	2	2	2	2	2	50	48	40	20	32	24	85	33,056	1.611	0.82	0.86
33	1	2	1	1	1	1	1	50	58	30	15	20	12	50	24,526	1.195	0.59	2.26
34	1	2	1	1	1	1	2	50	58	30	15	20	12	85	25,076	1.222	0.61	2.17
35	1	2	1	1	1	2	1	50	58	30	15	20	24	50	23,706	1.155	0.57	2.42
36	1	2	1	1	1	2	2	50	58	30	15	20	24	85	24,232	1.181	0.58	2.33
37	1	2	1	1	2	1	1	50	58	30	15	32	12	50	23,778	1.159	0.58	2.36
38	1	2	1	1	2	1	2	50	58	30	15	32	12	85	24,242	1.182	0.59	2.28
39	1	2	1	1	2	2	1	50	58	30	15	32	24	50	22,936	1.118	0.56	2.53
40	1	2	1	1	2	2	2	50	58	30	15	32	24	85	23,379	1.139	0.57	2.45
41	1	2	1	2	1	1	1	50	58	30	20	20	12	50	28,870	1.407	0.70	1.56
42	1	2	1	2	1	1	2	50	58	30	20	20	12	85	29,514	1.438	0.71	1.48
43	1	2	1	2	1	2	1	50	58	30	20	20	24	50	27,896	1.360	0.67	1.73
44	1	2	1	2	1	2	2	50	58	30	20	20	24	85	28,518	1.390	0.69	1.64
45	1	2	1	2	2	1	1	50	58	30	20	32	12	50	27,869	1.358	0.68	1.68
46	1	2	1	2	2	1	2	50	58	30	20	32	12	85	28,389	1.384	0.69	1.61
47	1	2	1	2	2	2	1	50	58	30	20	32	24	50	26,865	1.309	0.65	1.85
48	1	2	1	2	2	2	2	50	58	30	20	32	24	85	27,368	1.334	0.66	1.78
49	1	2	2	1	1	1	1	50	58	40	15	20	12	50	27,957	1.363	0.68	1.68
50	1	2	2	1	1	1	2	50	58	40	15	20	12	85	28,614	1.395	0.69	1.59
51	1	2	2	1	1	2	1	50	58	40	15	20	24	50	26,948	1.313	0.65	1.86
52	1	2	2	1	1	2	2	50	58	40	15	20	24	85	27,575	1.344	0.67	1.77
53	1	2	2	1	2	1	1	50	58	40	15	32	12	50	27,090	1.320	0.66	1.78
54	1	2	2	1	2	1	2	50	58	40	15	32	12	85	27,632	1.347	0.68	1.71
55	1	2	2	1	2	2	1	50	58	40	15	32	24	50	26,047	1.269	0.64	1.97

56	1	2	2	1	2	2	2	50	58	40	15	32	24	85	26,565	1.295	0.65	1.89
57	1	2	2	2	1	1	1	50	58	40	20	20	12	50	33,292	1.623	0.80	0.94
58	1	2	2	2	1	1	2	50	58	40	20	20	12	85	34,067	1.660	0.82	0.85
59	1	2	2	2	1	2	1	50	58	40	20	20	24	50	32,073	1.563	0.77	1.12
60	1	2	2	2	1	2	2	50	58	40	20	20	24	85	32,824	1.600	0.79	1.03
61	1	2	2	2	2	1	1	50	58	40	20	32	12	50	32,114	1.565	0.78	1.06
62	1	2	2	2	2	1	2	50	58	40	20	32	12	85	32,717	1.595	0.80	0.99
63	1	2	2	2	2	2	1	50	58	40	20	32	24	50	30,845	1.503	0.75	1.25
64	1	2	2	2	2	2	2	50	58	40	20	32	24	85	31,435	1.532	0.76	1.18
65	2	1	1	1	1	1	1	62	48	30	15	20	12	50	24,816	1.209	0.61	2.18
66	2	1	1	1	1	1	2	62	48	30	15	20	12	85	25,322	1.234	0.62	2.10
67	2	1	1	1	1	2	1	62	48	30	15	20	24	50	23,905	1.165	0.58	2.35
68	2	1	1	1	1	2	2	62	48	30	15	20	24	85	24,383	1.188	0.59	2.27
69	2	1	1	1	2	1	1	62	48	30	15	32	12	50	24,176	1.178	0.59	2.26
70	2	1	1	1	2	1	2	62	48	30	15	32	12	85	24,593	1.199	0.60	2.19
71	2	1	1	1	2	2	1	62	48	30	15	32	24	50	23,237	1.133	0.57	2.44
72	2	1	1	1	2	2	2	62	48	30	15	32	24	85	23,632	1.152	0.58	2.38
73	2	1	1	2	1	1	1	62	48	30	20	20	12	50	29,120	1.419	0.71	1.50
74	2	1	1	2	1	1	2	62	48	30	20	20	12	85	29,682	1.447	0.72	1.42
75	2	1	1	2	1	2	1	62	48	30	20	20	24	50	28,043	1.367	0.68	1.67
76	2	1	1	2	1	2	2	62	48	30	20	20	24	85	28,583	1.393	0.69	1.60
77	2	1	1	2	2	1	1	62	48	30	20	32	12	50	28,276	1.378	0.69	1.59
78	2	1	1	2	2	1	2	62	48	30	20	32	12	85	28,709	1.399	0.70	1.53
79	2	1	1	2	2	2	1	62	48	30	20	32	24	50	27,159	1.324	0.66	1.78
80	2	1	1	2	2	2	2	62	48	30	20	32	24	85	27,580	1.344	0.67	1.72



81	2	1	2	1	1	1	1	62	48	40	15	20	12	50	28,336	1.381	0.69	1.59
82	2	1	2	1	1	1	2	62	48	40	15	20	12	85	28,932	1.410	0.71	1.51
83	2	1	2	1	1	2	1	62	48	40	15	20	24	50	27,203	1.326	0.66	1.79
84	2	1	2	1	1	2	2	62	48	40	15	20	24	85	27,768	1.353	0.68	1.71
85	2	1	2	1	2	1	1	62	48	40	15	32	12	50	27,613	1.346	0.68	1.67
86	2	1	2	1	2	1	2	62	48	40	15	32	12	85	28,090	1.369	0.69	1.60
87	2	1	2	1	2	2	1	62	48	40	15	32	24	50	26,438	1.289	0.65	1.88
88	2	1	2	1	2	2	2	62	48	40	15	32	24	85	26,891	1.311	0.66	1.81
89	2	1	2	2	1	1	1	62	48	40	20	20	12	50	33,630	1.639	0.82	0.87
90	2	1	2	2	1	1	2	62	48	40	20	20	12	85	34,288	1.671	0.83	0.79
91	2	1	2	2	1	2	1	62	48	40	20	20	24	50	32,268	1.573	0.78	1.06
92	2	1	2	2	1	2	2	62	48	40	20	20	24	85	32,905	1.604	0.80	0.99
93	2	1	2	2	2	1	1	62	48	40	20	32	12	50	32,667	1.592	0.80	0.95
94	2	1	2	2	2	1	2	62	48	40	20	32	12	85	33,146	1.615	0.81	0.90
95	2	1	2	2	2	2	1	62	48	40	20	32	24	50	31,242	1.523	0.77	1.16
96	2	1	2	2	2	2	2	62	48	40	20	32	24	85	31,715	1.546	0.77	1.11
97	2	2	1	1	1	1	1	62	58	30	15	20	12	50	24,353	1.187	0.58	2.35
98	2	2	1	1	1	1	2	62	58	30	15	20	12	85	24,920	1.215	0.60	2.25
99	2	2	1	1	1	2	1	62	58	30	15	20	24	50	23,622	1.151	0.56	2.49
100	2	2	1	1	1	2	2	62	58	30	15	20	24	85	24,173	1.178	0.58	2.40
101	2	2	1	1	2	1	1	62	58	30	15	32	12	50	23,385	1.140	0.56	2.49
102	2	2	1	1	2	1	2	62	58	30	15	32	12	85	23,857	1.163	0.57	2.41
103*	2	2	1	1	2	2	1	62	58	30	15	32	24	50	22,643	1.104	0.54	2.64
104	2	2	1	1	2	2	2	62	58	30	15	32	24	85	23,101	1.126	0.55	2.56
105	2	2	1	2	1	1	1	62	58	30	20	20	12	50	28,813	1.404	0.69	1.64

106	2	2	1	2	1	1	2	62	58	30	20	20	12	85	29,504	1.438	0.70	1.54
107	2	2	1	2	1	2	1	62	58	30	20	20	24	50	27,940	1.362	0.66	1.78
108	2	2	1	2	1	2	2	62	58	30	20	20	24	85	28,618	1.395	0.68	1.69
109	2	2	1	2	2	1	1	62	58	30	20	32	12	50	27,493	1.340	0.66	1.80
110	2	2	1	2	2	1	2	62	58	30	20	32	12	85	28,045	1.367	0.67	1.72
111	2	2	1	2	2	2	1	62	58	30	20	32	24	50	26,606	1.297	0.64	1.96
112	2	2	1	2	2	2	2	62	58	30	20	32	24	85	27,151	1.323	0.65	1.88
113	2	2	2	1	1	1	1	62	58	40	15	20	12	50	27,740	1.352	0.66	1.78
114	2	2	2	1	1	1	2	62	58	40	15	20	12	85	28,421	1.385	0.68	1.68
115	2	2	2	1	1	2	1	62	58	40	15	20	24	50	26,849	1.309	0.64	1.94
116	2	2	2	1	1	2	2	62	58	40	15	20	24	85	27,511	1.341	0.65	1.84
117	2	2	2	1	2	1	1	62	58	40	15	32	12	50	26,587	1.296	0.64	1.93
118	2	2	2	1	2	1	2	62	58	40	15	32	12	85	27,141	1.323	0.65	1.85
119	2	2	2	1	2	2	1	62	58	40	15	32	24	50	25,676	1.251	0.62	2.09
120	2	2	2	1	2	2	2	62	58	40	15	32	24	85	26,217	1.278	0.63	2.01
121	2	2	2	2	1	1	1	62	58	40	20	20	12	50	33,225	1.619	0.79	1.02
122	2	2	2	2	1	1	2	62	58	40	20	20	12	85	34,067	1.660	0.81	0.92
123	2	2	2	2	1	2	1	62	58	40	20	20	24	50	32,142	1.567	0.76	1.18
124	2	2	2	2	1	2	2	62	58	40	20	20	24	85	32,973	1.607	0.78	1.08
125	2	2	2	2	2	1	1	62	58	40	20	32	12	50	31,618	1.541	0.76	1.19
126	2	2	2	2	2	1	2	62	58	40	20	32	12	85	32,270	1.573	0.77	1.11
127	2	2	2	2	2	2	1	62	58	40	20	32	24	50	30,512	1.487	0.73	1.36
128	2	2	2	2	2	2	2	62	58	40	20	32	24	85	31,161	1.519	0.74	1.28
													min	22,643	1.104		0.57	
													max	35,508	1.731	Optimal	2.64	

\* = setting level optimal

4. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.25. diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 103 yaitu kombinasi level faktor A2, B2, C1, D1, E2, F2, dan G1 dengan nilai MRSN 2,64. Kombinasi ini mampu menghasilkan rata-rata kekuatan tarik kain yaitu sebesar 255 N menunjukkan nilai diatas rata-rata kekuatan tarik kain yaitu sebesar 186,9 N. Kekuatan sobek kain rata-rata yang dihasilkan dari eksperimen ini adalah sebesar 19,15 N menunjukkan nilai diatas rata-rata kekuatan tarik kain yaitu sebesar 15,73 N. Setting level faktor optimum proses pembuatan kain tenun dengan benang lusi serat *cotton* dan benang pakan serat *sisal* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.26. Setting Level Faktor Optimum Proses Pembuatan Kain Tenun

No.	Faktor kendali	Kode	Level Awal	Satuan
1.	tetal benang lusi	A2	62	helai/inchi
2.	tetal benang pakan	B2	58	helai/inchi
3.	kehalusan benang lusi	C1	30	Ne1
4.	kehalusan benang pakan	D1	30/2	Ne1
5.	<i>twist</i> benang lusi	E2	32	Tpi
6.	<i>twist</i> benang pakan	F2	24	Tpi
7.	panjang staple serat <i>sisal</i>	G1	50	cm

#### 4.2.9.1. Uji Beda Hasil Eksperimen Pembuatan Kain Tenun

Hasil uji beda variabel respon proses pembuatan kain tenun adalah sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan Tarik Kain

Tabel 4.27. Perbandingan Kekuatan Tarik Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen

Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Kekuatan Tarik Kain Awal (N)	Kekuatan Tarik Kain Setelah Eksperimen (N)
1	180	260
2	200	265
3	183	250
4	185	245

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada peningkatan rata-rata kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik awal

$H_1$  : ada peningkatan rata-rata kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik awal

Tingkat signifikansi :  $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian  $t_{hitung}$ , yaitu :

$H_0$  diterima apabila  $t_{hitung} < t_{tabel}$

$H_0$  ditolak apabila  $t_{hitung} > t_{tabel}$

Membandingkan nilai  $t_{hitung}$  dengan  $t_{tabel}$ .

$$\alpha = 0,05 \quad ; \quad t_{tabel} = t_{\alpha/2} (n_1 + n_2 - 2) = 2,447$$

$$n_1 = 4 \quad , \quad n_2 = 4$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{4}(180 + 200 + 183 + 185) = 186,9$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{4}(260 + 265 + 250 + 245) = 255$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3}(47,5 + 177,8 + 19,0 + 4,8) = 82,8$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3}(25,1 + 101,2 + 23,6 + 104,3) = 84,7$$

$$t_0 = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$t_0 = \frac{255 - 186,9}{\sqrt{(3 \times 82,8) + (3 \times 84,7)}} \sqrt{\frac{4 \times 4(4 + 4 - 2)}{4 + 4}}$$

$$= \frac{68,11}{22,4}(3,46)$$

$$= 10,521$$

Karena  $t_{tabel} > t_{hitung}$  ,  $2,447 > 10,521$  artinya ada peningkatan rata-rata

kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik kain awal,

jadi kekuatan tarik kain hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan tarik awal.

## 2. Kekuatan Sobek Kain

Tabel 4.28. Perbandingan Kekuatan Sobek Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Kekuatan Sobek Kain Awal (N)	Kekuatan Sobek Kain Setelah Eksperimen (N)
1	15.9	19.8
2	14.0	17.6
3	15.2	19.7
4	16.0	20.3

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada perbedaan rata – rata kekuatan sobek kain standar dengan hasil Eksperimen

$H_1$  : ada perbedaan rata – rata kekuatan sobek kain standar dengan hasil Eksperimen

Tingkat signifikansi :  $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian  $t_{hitung}$ , yaitu :

$H_0$  diterima apabila  $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq t_{tabel}$

$H_0$  ditolak apabila  $-t_{tabel} > t_{hitung}$  ,  $t_{hitung} > t_{tabel}$

Membandingkan nilai  $t_{hitung}$  dengan  $t_{tabel}$ .

$\alpha = 0,05$  ;  $t_{tabel} = t_{\alpha/2} (n_1 + n_2 - 2) = 2,447$

$$n_1 = 4, \quad n_2 = 4$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{4}(16,0 + 15,5 + 15,6 + 15,9) = 15,7$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{4}(19,9 + 20,1 + 20,4 + 20,2) = 20,1$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3}(0,05 + 0,07 + 0,03 + 0,04) = 0,063$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 = \frac{1}{3}(0,06 + 0 + 0,05 + 0) = 0,036$$

$$t_0 = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$t_0 = \frac{15,7 - 20,1}{\sqrt{(3 \times 0,063) + (3 \times 0,036)}} \sqrt{\frac{4 \times 4(4 + 4 - 2)}{4 + 4}}$$

$$= \frac{4,421}{0,548}(3,46)$$

$$= 27,955$$

$t_{hitung}$  kekuatan sobek kain = 27,955 maka  $t_{hitung} > t_{tabel}$   $27,955 > 2,447$  artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan sobek kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan sobek kain awal, jadi kekuatan tarik sobek hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan sobek awal.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor

##### 5.1.1. Analisis Kombinasi Level Faktor Proses Pembuatan Kain Tenun

Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.25. diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada *trial* ke 103 dengan nilai MRSN 2,64. Berikut adalah penjelasan setting level faktor optimal hasil eksperimen Taguchi pada proses penganjian benang lusi, yaitu:

Tabel 5.1. Setting Level Faktor Optimal

No.	Faktor kendali	Kode	Level Optimal	Satuan
1.	tetal benang lusi	A2	62	helai/inchi
2.	tetal benang pakan	B2	58	helai/inchi
3.	kehalusan benang lusi	C1	30	Ne1
4.	kehalusan benang pakan	D1	30/2	Ne1
5.	<i>twist</i> benang lusi	E2	32	Tpi
6.	<i>twist</i> benang pakan	F2	24	Tpi
7.	panjang staple serat <i>sisal</i>	G1	50	Cm

a. Tetal benang lusi = 62 helai per inchi (A2)

Tetal benang lusi yang paling baik untuk digunakan dalam proses pembuatan kain tenun adalah pada level optimum sebesar 62 helai per inchi (A2). Tetal bnang lusi yang terbuat dari serat *cotton* pada level optimum ini akan menghasilkan kain tenun dengan komposisi kain yang



lebih padat dan jajaran benang lusi yang lebih mantap sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih baik dan kuat dibandingkan dengan level A1 yang sebesar 50 helai per inchi dengan kondisi kain yang kompisinya kurang padat dan jajaran benang lusi yang kurang mantap/mudah bergeser.

b. Tetal benang pakan = 58 helai per inchi (B2)

Tetal benang pakan yang terbuat dari serat *sisal* paling baik untuk digunakan dalam proses pembuatan kain tenun adalah pada level optimum sebesar 58 helai per inchi (B2). Tetal benang lusi pada level optimum ini akan menghasilkan kain tenun dengan komposisi kain yang lebih padat dan jajaran benang lusi yang lebih mantap sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih baik dibandingkan dengan level B1 yang sebesar 48 helai per inchi dengan hasil kain tenun yang kurang padat dan jejaran benang pakan yang mudah bergeser.

c. Kehalusan benang lusi = Ne1 30S (C1)

Kehalusan benang untuk bahan baku proses pembuatan kain pada kondisi penomoran benang lusi benang *single* serat *cotton* Ne1 40S (C2) diameter benang lebih kecil dan komposisi kain kurang padat dengan hasil kain tenun dengan komposisi tidak padat dan tidak kuat sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain kurang baik dan kurang maksimal dibandingkan dengan level optimum kehalusan benang pada nomor benang lusi serat *cotton* Ne1 30S (C1). Karena itu dengan menggunakan kehalusan benang dengan nomor benang Ne1 30S (C1)

maka diameter benang lusi akan lebih lebih besar dengan hasil kain tenun yang komposisinya padat dan posisi benang lebih mantap sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih baik dan maksimal.

d. Kehalusan benang pakan = Ne1 30/2 (D1)

Kehalusan benang untuk bahan baku proses pembuatan kain pada kondisi penomoran benang pakan benang *double* serat *sisal* Ne1 40S (D2) akan menghasilkan diameter benang lebih kecil dan komposisi kain kurang padat dengan hasil kain tenun dengan komposisi tidak padat dan tidak kuat sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain tidak kurang baik dan kurang maksimal dibandingkan dengan level optimum kehalusan benang pada nomor benang pakan serat *cotton* Ne1 30S (C1). Bebebeda apabila menggunakan kehalusan benang dengan nomor benang Ne1 30S (C1) maka diameter benang pakan akan lebih lebih besar dengan hasil kain tenun yang komposisinya padat dan posisi benang lebih mantap sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih baik dan maksimal.

e. *Twist* benang lusi = 32 *tpi* (E2) serat *cotton*

Kondisi *twist* benang lusi level 32 *tpi* (E2) akan menghasilkan benang lusi dari serat *cotton* dengan jumlah puntiran benang yang lebih banyak sehingga menghasilkan kain tenun dengan komposisi yang lebih padat dan lebih mantap yang sangat menentukan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek menjadi lebih baik. Selain itu itu dengan jumlah gintiran

yang lebih banyak akan menjadikan ikatan antar serat pada benang akan lebih mantap dan kuat sehingga benang selama proses pembuatan kain tenun akan lebih kuat dan jarang putus. Dengan kondisi benang yang jarang putus maka hasil kain tenun tidak cacat dan efisiensi produksi dapat meningkat dibandingkan dengan pada level setting 20 *tpi* (D1) yang menghasilkan kain tenun dengan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih rendah.

f. *Twist* benang pakan = 24 *tpi* (F2) serat *sisal*

*Twist* benang pakan yang terbuat dari serat *sisal* dengan jumlah level 24 *tpi* (F2) akan menghasilkan benang pakan dengan jumlah antihan benang yang lebih banyak sehingga menghasilkan kain tenun dengan komposisi yang lebih padat dan lebih mantap karena ikatan antar serat pada benang serat *sisal* ini akan lebih mantap dan kuat sehingga benang selama proses pembuatan kain tenun akan lebih kuat dan jarang putus yang berhubungan langsung dengan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih baik dibandingkan dengan pada level setting 12 *tpi* (F1) yang menghasilkan kain tenun dengan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain yang lebih rendah.

g. Panjang staple serat *sisal* = 50 cm (G1)

Panjang staple serat *sisal* pada level panjang serat 50 cm (F1) sangat menentukan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain karena pada kondisi serat pada panjang 50 cm serat sangat kuat dan diameter serat yang lebih besar sehingga kain yang dihasilkan akan lebih padat.

Dibandingkan untuk level panjang staple serat *sisal* 80 cm (G2) yang biasanya seratnya lebih kecil dan kurang kuat sehingga kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain kurang baik.

## 5.2. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk

### 1. Kekuatan Tarik Kain

Berdasarkan tabel 4.25. dari perhitungan dengan Metode MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 103. Nilai kekuatan tarik kain awal rata-rata sebesar 186,9 N menjadi rata-rata eksperimen 255 N (lebih besar 68,1 N dari standar mutu kain tenun) atau sekitar 26,7%.

*Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp. 18.923 – Rp.10.148 = Rp. 8.775/m<sup>2</sup>. Jika 1 shift mampu menghasilkan kain tenun sepanjang 14 m<sup>2</sup> maka penghematan per tahun (1 shift x 26 hari x 12 bulan) = 14 m<sup>2</sup> x 1 shift x 26 hari x Rp. 8.775/m<sup>2</sup> = Rp. 3.194.100/bulan, dalam 1 tahun = Rp. 3.194.100/bulan x 12 bulan = Rp. 38.329.200/tahun atau level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 30.2 % dari biaya proses sebelum eksperimen kekuatan tarik kain.

Kombinasi *setting* faktor kendali optimum proses pembuatan kain tenun sebelum dan sesudah eksperimen sebagaimana tabel 4.27 dan tabel 4.28 variabel respon kekuatan tarik kain dipengaruhi oleh faktor kendali total benang pakan (B) dengan kontribusi paling besar yaitu 31,65 % yang

ditunjukkan pada data uji anova kekuatan tarik kain pada tabel 4.11 dan data uji anova kekuatan sobek kain pada tabel 4.12.

Berdasarkan tujuh faktor kendali diatas, terdapat lima faktor yaitu faktor A, faktor B, faktor C, faktor D dan faktor F mempunyai  $F$  hitung masing-masing 17,63; 39,67; 19,13; 16,19; dan 4,41  $> F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B C, D dan F ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B C, D dan F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan benang. Terdapat dua faktor yaitu E dan G mempunyai  $F$  hitung masing-masing 1,10; dan 0,03  $< F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor E dan G diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor E dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan tarik kain.

## 2. Kekuatan Sobek Kain

Berdasarkan tabel 4.25. dari perhitungan dengan Metode MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 103. Nilai kekuatan sobek kain awal rata-rata 15,73 N menjadi rata-rata eksperimen 20,15 N (lebih besar 4,42 N dari standar mutu kain tenun) atau sekitar 21,9 %.

*Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar  $\text{Rp. } 20.521 - \text{Rp. } 12.500 = \text{Rp. } 8.021/\text{m}^2$ . Jika 1 shift mampu menghasilkan kain tenun sepanjang 14 m<sup>2</sup> maka penghematan per tahun (1 shift x 26 hari x 12 bulan) =  $14 \text{ m}^2 \times 1 \text{ shift} \times 26 \text{ hari} \times \text{Rp. } 8.021/\text{m}^2 = \text{Rp. } 2.919.644/\text{bulan}$ , dalam 1 tahun =  $\text{Rp. } 2.919.644/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 35.035.728$ .

35.035.728/tahun atau level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 24.3 % dari biaya proses sebelum eksperimen kekuatan sobek kain.

Kombinasi *setting* faktor kendali optimum proses pembuatan kain tenun sebelum dan sesudah eksperimen sebagaimana tabel 4.27 dan tabel 4.28 variabel respon kekuatan sobek kain dipengaruhi oleh faktor kendali kehalusan benang pakan (D) dengan kontribusi paling besar yaitu 38,77 % yang ditunjukkan pada data uji anova kekuatan tarik kain pada tabel 4.11 dan data uji anova kekuatan sobek kain pada tabel 4.12.

Berdasarkan tujuh faktor kendali diatas, terdapat enam faktor yaitu faktor A, faktor B, faktor C, faktor D, faktor E dan faktor G mempunyai  $F$  hitung masing-masing 72,91; 161,69; 140,56; 319,55; 90,66; dan 11,42  $> F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B, C, D, E dan G ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B, C, D, E dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan tarik kain. Terdapat satu faktor yaitu F mempunyai  $F$  hitung masing-masing 0,85  $< F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor F diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan sobek kain.

### 5.3. Analisis Validasi Perbaikan Kualitas Produk

Dari uji beda diperoleh :

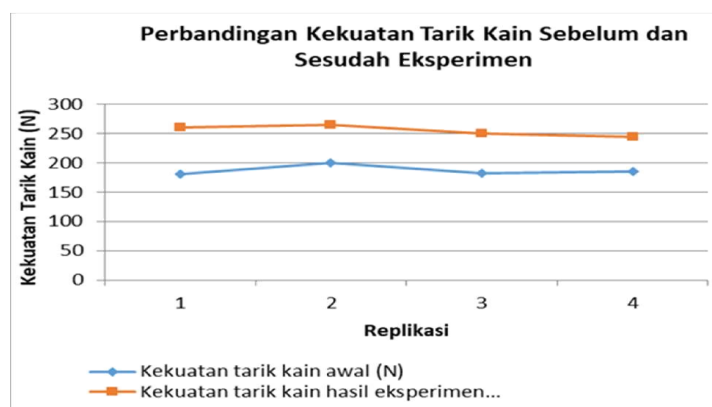
- $t_{\text{tabel}} = 2,447,$

- $t_{hitung}$  kekuatan tarik kain = 10,521, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} = 10,521 > 2,447$ , artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik kain awal, jadi kekuatan tarik kain hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan tarik awal.
- $t_{hitung}$  kekuatan sobek kain = 27,955, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} = 27,955 > 2,447$  artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan sobek kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan sobek kain awal, jadi kekuatan tarik sobek hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan sobek awal.

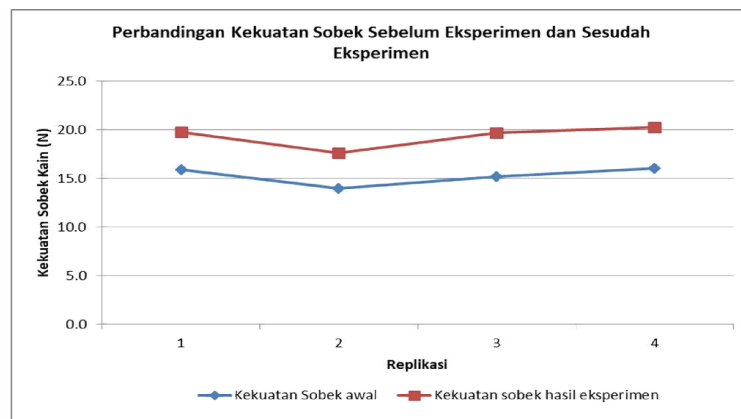
Jadi hasil eksperimen proses pembuatan kain tenun dengan variabel respon kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain dinyatakan valid artinya kekuatan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

#### 5.4. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen

Grafik perbandingan sebelum dan sesudah eksperimen proses pembuatan kain tenun dapat dilihat dibawah ini :



**Gambar 5.1.** Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen



**Gambar 5. 2.** Grafik Perbandingan Kekuatan Sobek Kain Sebelum dan Sesudah Eksperimen

### 5.5. Analisis Perbaikan Biaya Produk

Proses pembuatan kain tenun dengan menggunakan benang lusi benang *cotton* dan benang pakan benang *sisal* masih memerlukan biaya produksi yang tinggi untuk harga kain per meternya. Hal ini bukan disebabkan karena mahalnya harga bahan baku benang yang digunakan untuk proses pembuatan kainnya tetapi pada biaya tenaga kerja. Proses penyambungan benang *sisal* merupakan sumber permasalahan yang terjadi pada penelitian ini, karena penyambungan benang masih dikerjakan secara manual sehingga memerlukan waktu yang cukup lama dan menjadikan biaya tenaga kerja lebih mahal. Seperti contoh untuk penyambungan 2 kg benang *sisal* membutuhkan 2 tenaga kerja x 6 hari kerja. Total dana yang dibutuhkan = 2 x Rp. 50.000 x 6 hari = Rp. 600.000/2 kg benang *sisal*.

Setelah melalui observasi literatur dan wawancara dengan ahli bidang tekstil dan pelaku usaha pembuatan kain diperoleh solusi yang



paling terjangkau dalam mengatasi masalah penyambungan benang *sisal* ini yaitu dengan menggunakan alat yang disebut *weaver knotter*. Cara penyambungan dengan alat ini akan lebih cepat serta menghasilkan sambungan yang ujung-ujungnya relatif lebih pendek dan sama panjang. Dengan ujung yang lebih pendek dan rata maka benang akan lebih mudah masuk ke peralatan gun dan sisir tenun sehingga proses pembuatan kain menjadi lancar (Tien Chiu, 2016). Selain itu meningkatnya kecepatan penyambungan benang dapat menghemat waktu dan biaya tenaga kerja yang dibutuhkan sehingga dapat mengurangi biaya produksi kain tenun. Hal ini semoga dapat dijadikan referensi bagi penelitian yang akan datang dalam mengatasi masalah biaya produksi pembuatan kain tenun akibat biaya penyambungan benang dari serat *sisal* yang masih tinggi.



Gambar 5.3. Alat Penyambungan Benang Weaver Knotter

Sumber : tienchiu.com

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada proses pembuatan kain tenun berdasarkan nilai MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum yaitu total benang lusi = 62 helai/inch, total benang pakan = 62 helai/inch, kehalusan benang lusi = Ne1 30S, kehalusan benang pakan = Ne1 30/2, *twist* benang lusi = 32 tpi, *twist* benang pakan = 24 tpi, panjang *staple* serat *sisal* = 50 cm. dengan nilai MRSN 2,64.
2. Pada proses pembuatan kain tenun berdasarkan respon optimum diperoleh nilai kekuatan tarik kain awal semula rata-rata sebesar 186,9 N setelah eksperimen menjadi rata-rata 255 N (lebih besar 68,1 N diatas standar mutu kain) atau sekitar 26,7 % dan kekuatan sobek kain awal rata-rata 15,73 N setelah eksperimen menjadi rata-rata 20,15 N (lebih besar 4,42 N diatas standar mutu kain) atau sekitar 21,9 %.
3. *Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp. 18.923 – Rp.10.148 = Rp. 8.775/m<sup>2</sup>. Jika 1 shift mampu menghasilkan kain tenun sepanjang 14 m<sup>2</sup> maka penghematan per tahun (1 shift x 26 hari x 12 bulan) = 14 m<sup>2</sup> x 1 shift x 26 hari x Rp. 8.775/m<sup>2</sup> = Rp. 3.194.100/bulan, dalam 1 tahun = Rp. 3.194.100/bulan x 12 bulan = Rp. 38.329.200/tahun atau

level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 30,2 % dari biaya proses sebelum eksperimen kekuatan tarik kain.

Dan untuk kekuatan sobek kain *quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp. 20.521 – Rp.12.500 = Rp. 8.021/m<sup>2</sup>. Jika 1 shift mampu menghasilkan kain tenun sepanjang 14 m<sup>2</sup> maka penghematan per tahun (1 shift x 26 hari x 12 bulan) = 14 m<sup>2</sup> x 1 shift x 26 hari x Rp. 8.021/m<sup>2</sup> = Rp. 2.919.644/bulan, dalam 1 tahun = Rp. 2.919.644/bulan x 12 bulan = Rp. 35.035.728/tahun atau level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 24,3 % dari biaya proses sebelum eksperimen kekuatan sobek kain.

4. Pada proses pembuatan kain tenun dari uji beda kekuatan tarik kain diperoleh data  $t_{tabel} = 2,447$ ,  $t_{hitung}$  kekuatan tarik kain = 10,521, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} = 10,521 > 2,447$ , artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan tarik kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan tarik kain awal, jadi kekuatan tarik kain hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan tarik awal.

Untuk  $t_{hitung}$  kekuatan sobek kain = 27,955, maka  $t_{hitung} > t_{tabel} = 27,955 > 2,447$  artinya ada peningkatan rata-rata kekuatan sobek kain hasil eksperimen dari rata-rata kekuatan sobek kain awal, jadi kekuatan tarik sobek hasil eksperimen lebih baik dari kekuatan sobek awal.

Jadi hasil eksperimen proses pembuatan kain tenun dengan variabel respon kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain dinyatakan valid artinya kekuatan kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

## 6.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Penelitian pembuatan kain tenun ini dilakukan dengan menggunakan benang lusi benang *cotton* dan benang pakan benang *sisal*, akan sangat menarik sekali apabila pada penelitian kedepan dibuat kain tenun dengan menggunakan banang lusi dasn benang pakan dari serat sisal.
2. Pada proses persiapan membuat benang *sisal* mulai dari proses pengambilan daun sampai penggulungan benang, hal yang paling sulit dilakukan dan membutuhkan waktu yang cukup lama adalah proses penyambungan benang *sisal*. Akan sangat bermanfaat apabila pada penelitian lanjutan membahas mengenai peralatan *weaver knotter* yang dapat digunakan untuk proses penyambungan benang *sisal*.
3. Untuk pemanfaatan kain tenun dengan bahan baku serat *sisal* sebagai pemenuhan *apparel*, maka sebaiknya kain tersebut diberi kain pelapis (*furing*). Hal ini bertujuan agar pemakai merasa nyaman karena adanya sisa sambungan benang dari serat sisal yang kadang masih menonjol pada kain sehingga membuat kulit tidak nyaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Maulana Saputra (2017) *Perbaikan Kualitas Kain Batik Trusmi Melalui Perancangan Eksperimen dengan Menggunakan Metode Taguchi*, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
- Besterfield, D. H. & Besterfield, G. H., (1995) *Total Quality Management*, Prentice Hall, USA
- Cook, J. G. (1968), *Handbook of Textile Fibres*
- Emel Ceyhun, Sabir & Sarpkaya, Çiğdem (2016). *Optimization of sizing parameters with taguchi method*, Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 41, March 2016, pp. 73-77, Turkey.
- Evan Nugraha, Rini Mulyani Sari (2018), *Penentuan Waktu Proses Pembuatan Kain dengan Pendekatan Cross Case Pada Industri Tekstil*, Jurnal Saintifik Managemen dan Akuntansi Page 29 of 31 Vol. 01 No. 01.
- Genisa Meira , Titi Soegiarty , Bandi Sobandi (2013), *Kain Tenun Ikat Dengan Bahan Sutura Alam (Analisis Deskriptif Ornamen Kain Tenun Ikat Dengan Bahan Sutura Alam Di Kampung Tenun Panawan Kabupaten Garut)*, Jurusan Pendidikan Seni Rupa, Fakultas Pendidikan Bahasa Universitas Pendidikan Seni Rupa, Fakultas Pendidikan Indonesia, Kriya Tenun dan Tekstil, Volume 1, Nomor 3, Oktober 2013
- Gloy YS, Renkens W, Herty M, Gries T (2015) *Simulation And Optimisation Of Warp Tension In The Weaving Process*, Institut Für Textil Technik Der

- RWTH Aachen University Germany, Jurnal Textile Science Eng 5 : 179,  
doi : 10.4172/2165-8064.1000179
- Goet Poespo. (2009), *Pemilihan Bahan Tekstil*, cetakan kelima, Penerbit Kanisius,  
Yogyakarta
- Hartanto, N. Sugiarto & Watanabe Shigeru (1993). *Teknologi Tekstil*, Jakarta  
Pradnya Paramita.
- Haryono, 2000, *Desain Eksperimen untuk Peningkatan Mutu (Quality Engineering), Taguchi Method*, Surabaya
- Hazura, Mohamed, Hisyam Lee, Muhammad, dan Sarahintu, Mazalan. (2008),  
*The Use of Taguchi Method to Determine Factors Affecting the Performance of Destination Sequence Distance Vector Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks*: Journal of Mathematics and Statistics 4 (4):  
194- 198, 2008.
- Manerberger, H.R., (1975), *Identification of Textil Materials*, Seventh Edition by  
The Textile Institute, 10 Blackfriars Street, Mencester M 35 DR.
- Matthews, (1994), *Textile Fibres*, Sixth Edition, John Wiley and Sons Inc., New  
York.
- Mochammad Danny Sukardan, Dikdik Natawijaya, Puri Prettyanti, Cahyadi  
Cahyadi, Eva Novarini (2016), *Karakterisasi Serat Dari Tanaman Biduri (Calotropis Gigantea) Dan Identifikasi Kemungkinan Pemanfaatannya Sebagai Serat Tekstil*, Journal Article Arena Tekstil Indonesia, Doi :  
10.31266/At.V31i2.1986.
- Moerdoko, Wibowo (1974). "Evaluasi Tekstil Bagian Fisika", ITT, Bandung.

- Mohammad Zakaria, Md. Shakhawat Hossain, S.M. Bin Rafat Hasan Chowdhury, M.A. Sakib, Ronju Miah (2018), *Modification Of Weaving Process Integrated Sizing-Weaving Loom*, International Journal of Chemical Studies 2015; 3 (2): 73-75.
- Mohit Mottal (2015), *Application of Taguchi Method for Optimization of Process Parameters in Improving the Productivity of Corrugation Operation*, International Journal of Research (IJR), Volume 2, Issue 10, October 2015, DOI: 10.13140/RG.2.2.27982.15688
- Moncrief, W. (1970), *Man-made Fibres*, London : Heywood Books
- Montgomery, D. (2001) *Introduction to Statistical Quality Control. 4th Edition*. New York. John Wiley & Sons, Inc.
- Mullins, SM. 1984, *Filament Yarn Sizing Textile Slashing Short Course Proceeding*, Auburn University, Auburn.
- Nina Triawati (2007), *Penentuan Setting Level Optimal Untuk Meningkatkan Kualitas Benang Rayon (30r) Dengan Eksperimen Taguchi Sebagai Upaya Jaminan Atas Spesifikasi Kualitas Benang*. Skripsi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Peace, G. (1993) *Taguchi Method : A Hands-On Approach*. Addison–Wesley. Publishing Company.
- Ochse J.J., Soule M.J., Dykman M.J., C. Wehlbung, (1998), *Tropical and Subtropical Agriculture*, Vol. II.

- P. Soeprijono S. Teks., Poerwanti, S. Teks., Widayat, S. Teks., Jumaeri, Bk.Teks. (1974), *Serat - Serat Tekstil*, cetakan kedua, Institut Teknologi Tekstil, Bandung
- Parkhan, Ali et.al (2017), *Weighting analysis of pellet quality attributes using Multi Response Signal to Noise (MRSN) method*, Industrial Engineering Department, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.
- Ross, Philip J., (1996), *Taguchi Techniques for Quality Engineering: loss function, orthogonalexperiments, parameter and tolerance design*, McGraw Hill Inc., New York
- Samidjo, *Pengendalian Mutu Tekstil dan Bahan Tekstil*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta, 1997
- Saufik Luthfianto, Siswiyanti Siswiyanti, Ahmad Farid (2014), *Penerapan Setting Level Optimal Menggunakan Metode Taguchi Pada Proses Produksi Batik Tulis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Di Sentra Industri Batik Tulis Kalinyamat Wetan Kota Tegal*, Spektrum Industri, 2014, Vol. 12, No. 2, 113 – 247 Program Studi Teknik Industri , Universitas Pancasakti,Tegal.
- SNI 08-0276-2009 - Cara Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Kain Tenun, Badan Standarisasi Nasional
- SNI ISO 13937-1(E)-2010. Tekstil- Kekuatan Sobek kain- Bagian 1 : Cara uji kekuatan sobek menggunakan metoda pendulum (*Elmendorf*), Badan Standarisasi Nasional



- Soeparli, Liek, S.Teks (2004), *Teknologi Pertenunan*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Soejanto, Irwan. (2009) *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Spooner, Carmel. 1993, *Fashion By Desig*, Melbourne Addison Wesley Longman Australia Pty. Limited.
- Stanley B-Hunt, (2004), *Textile Organon*, Textile Economic Bureau Inc., 10 East 40th, St. New York, N.Y. 10016
- Sudjana. (1991) *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung. Tarsito.
- Taguchi, G. (1987) *Introduction to Quality Engineering Course Manual*, American Supplier Institute, Inc.
- Taguchi, G. (1987) *System of Experimental Design*, vol. 1&2. Unipud Kraus International Publications, New York.
- Tjiptono, F & Diana, A, (1998). *Total Quality Manajemen*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Wibowo Moerdoko, S. Teks., Isminingsih, M.Sc., Wagimun, S. Teks., Soeripto Bk. Teks. (1973), *Evaluasi Tekstil Bagian Fisika*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Winarni Chatib, I Gusti Putu Arya. 1978, *Pengetahuan Bahan Tekstil 1*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Yusniar Siregar, Mochamad Sahid Alamsyah, Moekarto Moeliono (2015), *Aplikasi Benang Slub Pada Kain Tenun Tradisional*, Balai Besar Tekstil,

Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 390 Bandung, Arena Tekstil Vol. 30 No. 2, Desember 2015: 103-112

Zaman, Akhmad Nidhomuz dan Afiatna, Fatma Ayu Nuning Farida (2017). *Desain Eksperimen Kekuatan Tarik Benang Plastik Menggunakan Metode Taguchi Di Perusahaan Woven*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 1-2 November 2017.



## LAMPIRAN 1

**CRAFT DENIM INDONESIA**

Natural Dyed Handwoven Denim

Buaran Gang 1 No. 29 Pekalongan – Central Java, Indonesia

**SURAT KETERANGAN**No. 002/SK/7.1.0010

Yang bertanda tangan dibawah ini pemilik perusahaan **CRAFT DENIM INDONESIA** yang beralamat di Buaran Gang, 1 No. 29 Kota Pekalongan, menerangkan bahwa :

Nama	Nirmala
NIM	15916220
Fakultas	Teknik Industri
Program Studi	Magister Teknik Industri
Perguruan Tinggi	Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Telah melaksanakan penelitian dan pengambilan data untuk keperluan penyelesaian tesis pada perusahaan **CRAFT DENIM INDONESIA** pada tanggal 05 – 23 Oktober 2020.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya dan digunakan sebagaimana mestinya.

Pekalongan, 05 Nopember 2020

Pemilik **CRAFT DENIM INDONESIA**
  
**ASFA FUADL, ST**

## LAMPIRAN 2

**LABORATORIUM PENGUJIAN TEKSTIL**  
**SMK NEGERI 3 PEKALONGAN**  
 Jalan Perintis Kemerdekaan No. 30 Telp./Fax. (0285) 421586  
 Website : smkn3pekalongan.sch.id dan Email : smkn3pkl\_juteks@yahoo.co.id  
 Pekalongan 51118

Pekalongan, 25 Oktober 2020

Kepada :

**Nirmala**

di

Batang

Dengan hormat,

Sehubungan dengan pengujian contoh uji yang Bapak serahkan kepada kami, hasil dari pengujian contoh uji sebagai berikut :

**I. Kekuatan Tarik Kain**

**a. Arah Lusi (N)**

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	250	245	250	235	245,0
2	Contoh Uji 2	245	265	245	255	252,5
3	Contoh Uji 3	265	280	280	285	277,5
4	Contoh Uji 4	280	295	265	285	281,3
5	Contoh Uji 5	265	260	300	295	280,0
6	Contoh Uji 6	265	270	275	245	263,8
7	Contoh Uji 7	310	315	305	300	307,5
8	Contoh Uji 8	260	250	270	255	258,8

**b. Arah Pakan (N)**

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	215	210	215	215	213,8
2	Contoh Uji 2	195	215	195	205	202,5
3	Contoh Uji 3	215	230	230	235	227,5
4	Contoh Uji 4	200	225	200	185	202,5
5	Contoh Uji 5	210	200	220	205	208,8
6	Contoh Uji 6	215	220	195	195	206,3
7	Contoh Uji 7	260	265	250	245	255,0
8	Contoh Uji 8	230	245	235	235	236,3

8

## LAMPIRAN 3

## 2. Kekuatan Sobek Kain

## a. Arah Lusi (N)

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	21	21,5	21	21,5	21,25
2	Contoh Uji 2	19,9	20,1	20,4	20,2	20,15
3	Contoh Uji 3	18,7	18	19	18,3	18,50
4	Contoh Uji 4	17,7	18,2	17,9	17,8	17,90
5	Contoh Uji 5	19,4	19,6	19,9	20,3	19,80
6	Contoh Uji 6	17,5	17,5	17,2	17,6	17,45
7	Contoh Uji 7	19,9	20,1	20,4	20,2	20,15
8	Contoh Uji 8	17,1	16,7	16,7	17,2	16,93

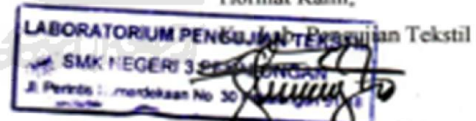
## b. Arah Pakan (N)

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	27,4	27,6	27,9	28,3	27,80
2	Contoh Uji 2	25,5	25,5	25,2	25,6	25,45
3	Contoh Uji 3	26,7	26	27	26,3	26,50
4	Contoh Uji 4	25,7	26,2	25,9	25,8	25,90
5	Contoh Uji 5	29,1	29,5	29,3	29,5	29,35
6	Contoh Uji 6	24,3	24,5	24,4	24,5	24,43
7	Contoh Uji 7	27,9	28,1	28,4	28,2	28,15
8	Contoh Uji 8	24,8	24,7	24,7	25,2	24,85

Demikian surat hasil uji dari kami.

Atas kerjasama dan kepercayaannya disampaikan terima kasih.

Hormat Kami,



Drs. Nurhayatno, M.Si

**LAMPIRAN 4**



Gambar Tanaman dan Kebun *Agave Sisalana* (Sisal)

**LAMPIRAN 5**

Gambar Pemanenan dan Pengeringan Serat *Sisal* (dijemur)

**LAMPIRAN 6**

Gambar Serat *Sisal*

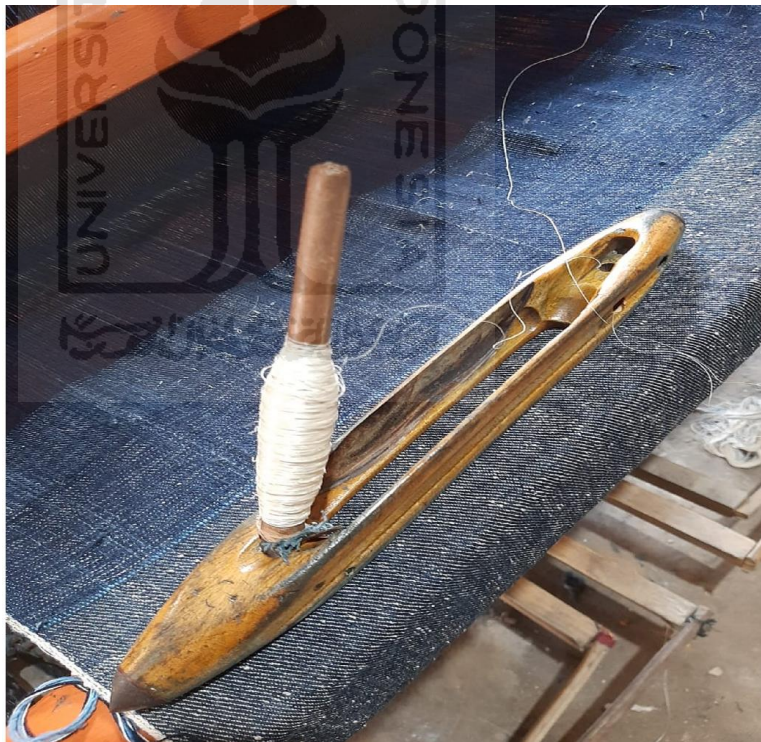


Gambar Penyambungan Serat *Sisal*



**LAMPIRAN 7**

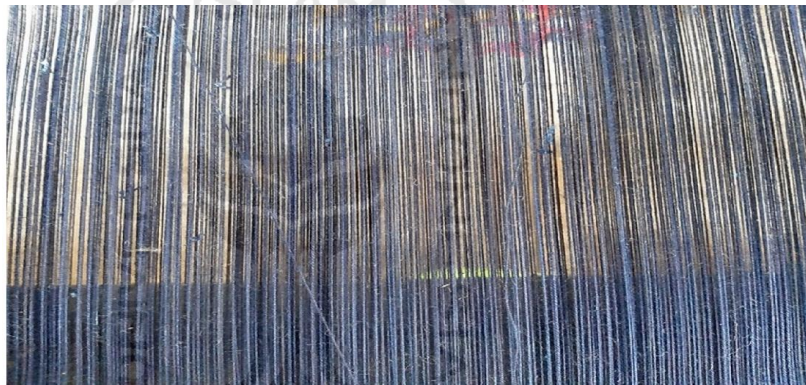
Gambar Menggulung Benang *Sisal* pada Bobbin Palet



Gambar Bobbin Palet Dimasukkan Ke Dalam Teropong

**LAMPIRAN 8**

Gambar Benang Pakan Serat *Sisal* Siap Ditenun



Gambar Susunan Benang Lusi Serat *Cotton*



Gambar Benang Lusi Serat *Cotton* Siap Ditenun

**LAMPIRAN 9**

Gambar Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM)



Gambar Proses Menenun Benang Menjadi Kain Tenun

## LAMPIRAN 10



Gambar Kain Tenun



Gambar Kain Tenun Untuk Contoh Uji Kekuatan Tarik dan Kekuatan Sobek Kain



## LAMPIRAN 12

## Sebaran Chi-square

Nilai persentil untuk distribusi  $\chi^2$

$v = dk$

(Bilangan dalam badan tabel menyatakan  $\chi^2_p$ )



v	$\chi^2$													
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	0.455	0.102	0.016	0.004	0.001	0.0002	0.0000	
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575	0.211	0.103	0.051	0.020	0.010	
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.58	0.35	0.22	0.11	0.07	
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.484	0.297	0.207	
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.2	6.6	4.4	2.7	1.6	1.1	0.8	0.6	0.4	
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.8	5.3	3.5	2.2	1.6	1.2	0.9	0.7	
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.0	6.3	4.3	2.8	2.2	1.7	1.2	1.0	
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.3	5.1	3.5	2.7	2.2	1.6	1.3	
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.3	5.9	4.2	3.3	2.7	2.1	1.7	
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.3	6.7	4.9	3.9	3.2	2.6	2.2	
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.6	5.6	4.6	3.8	3.1	2.6	
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.4	6.3	5.2	4.4	3.6	3.1	
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.3	7.0	5.9	5.0	4.1	3.6	
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.8	6.6	5.6	4.7	4.1	
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.5	7.3	6.3	5.2	4.6	
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.3	8.0	6.9	5.8	5.1	
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.7	7.6	6.4	5.7	
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.4	8.2	7.0	6.3	
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.9	7.6	6.8	
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.6	8.3	7.4	
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.9	8.0	
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.5	8.6	
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.3	
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.9	
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5	
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2	
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8	
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5	
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1	
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8	

## LAMPIRAN 13

Percentage Points of the Chi-Square Distribution									
Degrees of Freedom	Probability of a larger value of $\chi^2$								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

## LAMPIRAN 14

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.78	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89



## LAMPIRAN 15

**t Table**

cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.378	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.308	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.282	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
<b>Z</b>	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										