

**TESIS**

**PERANCANGAN KUALITAS BENANG  
SEBAGAI BAHAN BAKU KAIN *MORI***



**Moh. Zyahri  
15916215**

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

# **PERANCANGAN KUALITAS BENANG SEBAGAI BAHAN BAKU KAIN *MORI***

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



**Moh. Zyahri  
15916215**


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

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Demi Allah, saya mengakui bahwa karya yang saya buat ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini 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, Juni 2020



  
**Moh. Zyahri**  
NIM. 15916215

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN KUALITAS BENANG  
SEBAGAI BAHAN BAKU KAIN *MORI***



**Disusun Oleh :**  
**Nama : Moh. Zyahri**  
**NIM : 15916215**

Yogyakarta, 15 Juni 2020

Pembimbing I,

**Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 955220101

Pembimbing II,

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

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PERANCANGAN KUALITAS BENANG**  
**SEBAGAI BAHAN BAKU KAIN *MORI***  
**TESIS**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Moh. Zyahri**

**NIM : 15916215**

Yogyakarta, 15 Juni 2020

Tim Penguji

**Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D.**

NIP. 955220101

Ketua Tim Penguji

**Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.**

NIP. 985220101

Anggota I

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

NIP. 985220102

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri

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

NIP. 025200519

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Untuk istri, anak dan keluarga 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 “Perancangan Kualitas Benang Sebagai Bahan Baku Kain *Mori*”. 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 Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D., 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. Ibu Tusriyati, S.Pd, selaku Kepala SMK Negeri 3 Pekalongan yang telah memberikan ijin untuk belajar.

6. Bapak Drs. Nurhayatno, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan yang telah membantu pelaksanaan pengujian benang.
7. Bapak Aris Supriyanto, S.Pd., M.Pd., selaku Koordinator Akademi Komunitas Negeri Kota Pekalongan beserta jajarannya.
8. Bapak Rustamaji, selaku Kepala Bagian Personalia PT Lokatex Pait Pekalongan yang memberikan ijin penelitian.
9. Bapak M. Hanief, selaku Kepala Bagian Pertenunan (*Weaving*) PT Lokatex Pait Pekalongan.
10. Bapak Tita Muazam, selaku Kepala Seksi Persiapan Pertenunan (*Weaving Preparation*) PT Lokatex Pait Pekalongan.
11. Karyawan PT Lokatex Pait Pekalongan khususnya Bagian Persiapan Pertenunan yang telah membantu pelaksanaan eksperimen penulis.
12. Istri, anak dan keluarga atas segala dukungan dan doanya.
13. Teman-teman MTI XX 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, Juni 2020

Penulis



## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di PT Lokatex Pekalongan yang memproduksi kain mori pada proses persiapan pembuatan kain khususnya pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan. Permasalahan kedua proses persiapan pembuatan kain tersebut adalah bagaimana meningkatkan kualitas hasil produksinya agar optimal atau lebih baik dari hasil proses sebelumnya. Variabel respon proses penganjian benang lusi adalah tingkat kekuatan tarik benang dan tingkat kekakuan benang yang diukur dari kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU = prosentase kandungan kanji yang terserap), sedangkan variabel respon proses pemaletan adalah berat gulungan dan waktu proses penggulungan. Teknik penyelesaian masalah tersebut menggunakan metode Taguchi untuk mencari *setting level* optimal faktor-faktor produksi.

Pada proses penganjian benang lusi, berdasarkan perhitungan MRSN kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum adalah konsentrasi larutan kanji = 16 %, suhu larutan kanji pada bak kanji = 80°C, kedalaman rol perendam = 1/4 rol perendam, tekanan rol pemeras = 0,4 mpa, kecepatan penarikan benang = 35 meter/menit, suhu silinder pengering = 120°C dan tegangan benang = 1 cN dengan nilai MRSN 1,76. Kekuatan tarik benang yang semula rata-rata 240 cN menjadi rata-rata 267 cN (naik 27 cN) dan *Size Pick Up* (SPU) yang semula rata-rata 10,5% menjadi rata-rata 9,9% (turun 0,6%). *Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp6.919 - Rp5.733 = Rp1.186/kg atau 17% dari biaya proses sebelum eksperimen.

Dari uji beda diperoleh  $-t_{tabel} = 2,447$ ,  $t_{hitung}$  kekuatan tarik benang = -3,122 maka  $-t_{tabel} > t_{hitung}$ ,  $-2,447 > -3,122$  sedangkan  $t_{hitung}$  *Size Pick Up* (SPU) = 6,290 maka  $t_{hitung} > t_{tabel}$ ,  $6,290 > 2,447$ , jadi hasil eksperimen proses penganjian benang lusi dinyatakan valid artinya kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

Pada proses pemaletan benang pakan, berdasarkan perhitungan MRSN kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum adalah diameter gulungan benang = 27 mm, kecepatan *spindel* = 4500 rpm dan tegangan benang = 15 cN dengan nilai MRSN 1,02. Berat benang yang semula rata-rata 23,50 gram menjadi rata-rata 24,90 gram (naik 1,4 gram) dan waktu proses yang semula rata-rata 3,90 menit menjadi rata-rata 3,55 menit (turun 0,35 menit). *Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp149.857 - Rp126.425 = Rp23.432/kg atau 16% dari biaya proses sebelum eksperimen.

Dari uji beda diperoleh  $-t_{tabel} = 2,145$ ,  $t_{hitung}$  berat benang = -6,630 maka  $-t_{tabel} > t_{hitung}$ ,  $-2,145 > -6,630$  sedangkan  $t_{hitung}$  waktu proses = 5,952 maka  $t_{hitung} > t_{tabel}$ ,  $5,952 > 2,145$ , jadi hasil eksperimen proses pemaletan benang pakan dinyatakan valid artinya berat benang dan waktu proses sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

*Kata Kunci : Proses Penganjian, Proses Pemaletan, Taguchi*

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Batasan Masalah .....	5
1.4. Asumsi-Asumsi .....	5
1.5. Tujuan Penelitian .....	6
1.6. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. Definisi <i>Quality</i> (Mutu / Kualitas) .....	12
2.3. Pengendalian Kualitas .....	14
2.4. Desain Eksperimen .....	19
2.4.1. Prinsip Dasar Desain Eksperimen .....	19
2.4.2. Langkah - Langkah dalam Melaksanakan Desain Eksperimen .....	20
2.5. Metode Taguchi .....	21
2.5.1. Proses Desain Parameter .....	23
2.5.2. Rasio <i>Signal to Noise</i> ( <i>S/N Ratio</i> ) .....	24
2.5.3. Faktor Kendali dan Faktor <i>Noise</i> .....	25
2.5.4. Perancangan Eksperimen Taguchi .....	26
2.6. Penentuan dan Pemilihan <i>Orthogonal Array</i> .....	27
2.7. <i>Multi Criteria Decision Making</i> ( <i>MCDM</i> ) .....	30
2.8. Definisi Proses Penganjian Benang Lusi .....	35
2.9. Definisi Proses Pemaletan Benang Pakan .....	45
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>47</b>
3.1. Objek Penelitian .....	48
3.2. Jenis Data .....	48
3.3. Metode Pengumpulan Data .....	50
3.3.1. Instrumen Eksperimen .....	51
3.3.2. Prosedur Eksperimen .....	52
3.4. Metode Pengolahan Data .....	53

3.5. Metode Analisis Hasil Eksperimen (Uji Statistik).....	54
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	63
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>64</b>
4.1. Hasil Penelitian Proses Penganjian Benang Lusi .....	64
4.1.1. Perencanaan Eksperimen.....	64
4.1.2. Pelaksanaan Eksperimen.....	68
4.1.3. Pengumpulan Data .....	69
4.1.4. Pengolahan Data.....	70
4.1.4.1. Uji Normalitas Data .....	71
4.1.4.2. Uji Homogenitas Data .....	71
4.1.4.3. Uji ANOVA.....	73
4.1.4.4. Signal to Noise Ratio (SNR).....	74
4.1.4.5. Efek Tiap Faktor .....	75
4.1.4.6. Prediksi Nilai Variabel Respon.....	77
4.1.4.7. Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN ...	81
4.1.4.8. Uji Beda .....	87
4.2. Hasil Penelitian Proses Pemaletan Benang Pakan.....	90
4.2.1. Perencanaan Eksperimen.....	90
4.2.2. Pelaksanaan Eksperimen.....	92
4.2.3. Pengumpulan Data .....	93
4.2.4. Pengolahan Data.....	95
4.2.4.1. Uji Normalitas Data .....	95
4.2.4.2. Uji Homogenitas Data .....	96
4.2.4.3. Uji Anova.....	97
4.2.4.4. Signal to Noise Ratio (SNR).....	98
4.2.4.5. Efek Tiap Faktor .....	99
4.2.4.6. Prediksi Nilai Variabel Respon.....	100
4.2.4.7. Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN .	103
4.2.4.8. Uji Beda .....	106
<b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>	<b>110</b>
5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor.....	110
5.5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor Proses Penganjian Benang Lusi .	110
5.5.2. Analisis Kombinasi Level Faktor Proses Pemaletan Benang Pakan	112
5.2. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk .....	112
5.3. Analisis Validasi Perbaikan Kualitas Produk.....	114
5.4. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen.....	115
5.4.1. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen Proses Penganjian Benang Lusi.....	115
5.4.2. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen Proses Pemaletan Benang Pakan .....	116

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	118
6.1. Kesimpulan.....	118
6.2. Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA.....	121
LAMPIRAN.....	123



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Orthogonal Array</i> Standar.....	30
Tabel 2.2. Perbedaan Antara MADM dan MODM.....	31
Tabel 3.1. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 2^7$ Standar dan Percobaan .....	53
Tabel 3.2. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_4 2^3$ Standar dan Percobaan .....	54
Tabel 3.3. <i>Linguistic Terms USED in The Study</i> .....	61
Tabel 3.4. <i>Linguistic Terms USED in The Study (score)</i> .....	62
Tabel 4.1. Faktor Kendali Proses Penganjian Benang Lusi .....	67
Tabel 4.2. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 2^7$ Standar.....	67
Tabel 4.3. Faktor Level Proses Penganjian Benang Lusi Sebelum Eksperimen. 69	
Tabel 4.4. Data Kekuatan Tarik Benang dan SPU Kondisi Sebelum Eksperimen .....	69
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Benang (cN) .....	70
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Size Pick Up (SPU) (%).....	70
Tabel 4.7. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Tarik Benang.....	71
Tabel 4.8. Data Hasil Uji Normalitas SPU.....	71
Tabel 4.9. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Tarik Benang.....	72
Tabel 4.10. Data Uji Homogenitas Barlett SPU .....	72
Tabel 4.11. Data Uji ANOVA Kekuatan Tarik Benang .....	73
Tabel 4.12. Data Uji ANOVA SPU .....	74
Tabel 4.13. Nilai SNR Kekuatan Tarik Benang.....	75
Tabel 4.14. Nilai SNR Size Pick Up (SPU).....	75
Tabel 4.15. Efek Tiap Faktor Kekuatan Tarik Benang (LTB).....	76
Tabel 4.16. Efek Tiap Faktor SPU (STB).....	76
Tabel 4.17. 1/32 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ).....	77
Tabel 4.18. Model Regresi Linear Berganda kekuatan tarik benang (dalam cN). 77	
Tabel 4.19. Penomoran untuk Trial 1/32 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ) .....	78
Tabel 4.20. Hasil Prediksi Kekuatan Tarik Benang (dalam cN).....	78
Tabel 4.21. Model Regresi Linear Berganda Size Pick Up (%) .....	79
Tabel 4.22. Hasil Prediksi Size Pick Up (%) .....	80
Tabel 4.23. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Kekuatan Tarik Benang.....	83
Tabel 4.24. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Size Pick Up (SPU) .....	84
Tabel 4.25. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Proses Penganjian Benang Lusi .....	85
Tabel 4.26. Setting Level Faktor Optimum Proses Penganjian Benang Lusi.....	86
Tabel 4.27. Perbandingan Kekuatan Tarik Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi.....	87

Tabel 4.28. Perbandingan Size Pick Up (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi.....	88
Tabel 4.29. Faktor Kendali Proses Pemaletan Benang Pakan .....	91
Tabel 4.30. Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_4 2^3$ Standar.....	92
Tabel 4.31. Faktor Kendali dan Level Proses Pemaletan Benang Pakan Sebelum Eksperimen.....	93
Tabel 4.32. Data Berat Benang dan Waktu Proses Sebelum Eksperimen .....	94
Tabel 4.33. Data Hasil Percobaan Berat Benang (gram) .....	94
Tabel 4.34. Data Hasil Percobaan Waktu Proses (menit) .....	94
Tabel 4.35. Data Hasil Uji Normalitas Berat Benang.....	95
Tabel 4.36. Data Hasil Uji Normalitas Waktu Proses.....	95
Tabel 4.37. Data Uji Homogenitas Barlett Berat Benang.....	96
Tabel 4.38. Data Uji Homogenitas Barlett Uji Homogenitas Waktu Proses .....	96
Tabel 4.39. Data Uji ANOVA Berat Benang.....	97
Tabel 4.40. Data Uji ANOVA Waktu Proses .....	98
Tabel 4.41. Nilai SNR Berat Benang .....	99
Tabel 4.42. Nilai SNR Waktu Proses.....	99
Tabel 4.43. Efek Tiap Faktor Berat Benang (LTB) .....	99
Tabel 4.44. Efek Tiap Faktor Waktu Proses (STB) .....	100
Tabel 4.45. 1/64 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ) .....	101
Tabel 4.46. Model Regresi Linear Berganda Berat Benang (gram) .....	101
Tabel 4.47. Penomoran untuk trial 1/64 FFE ( <i>Fractional-Factorial Experiment</i> ) .....	101
Tabel 4.48. Hasil Prediksi Berat Benang (dalam gram).....	102
Tabel 4.49. Model Regresi Linear Berganda Waktu Proses .....	102
Tabel 4.50. Hasil Prediksi Waktu Proses (menit) .....	103
Tabel 4.51. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Berat Benang .....	105
Tabel 4.52. Nilai $L_{ij}$ , $C_{ij}$ dan $w_i C_{ij}$ Waktu Proses.....	105
Tabel 4.53. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Pemaletan Benang Pakan .....	105
Tabel 4.54. Setting Level Faktor Optimum Proses Pemaletan Benang Pakan ...	106
Tabel 4.55. Perbandingan Berat Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi.....	107
Tabel 4.56. Perbandingan Waktu Proses Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi.....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Proses Pembuatan Kain Tenun.....	2
Gambar 2.1.	Notasi Matriks Orthogonal.....	29
Gambar 2.2.	Wilayah Mesin Tenun yang Mengalami Tegangan dan Gesekan Benang Lusi.....	37
Gambar 2.3.	Mesin Kanji.....	40
Gambar 2.4.	Rol Perendam dan Rol Pemas pada Size Box.....	41
Gambar 2.5.	Skema Bak Kanji dengan Dua Rol Pemas.....	41
Gambar 2.6.	a. Parameter Mesin Kanji, b. Penekan Hidrolis pada Rol Perendam.....	43
Gambar 2.7.	Unit Persiapan Kanji.....	44
Gambar 2.8.	Unit Silinder Pengering.....	44
Gambar 2.9.	Mesin Palet.....	46
Gambar 2.10.	Hasil Proses Pemaletan dan Gulungan Palet didalam Teropong... 47	47
Gambar 3.1.	Alat yang Digunakan pada Eksperimen.....	51
Gambar 3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	63
Gambar 5.1.	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	116
Gambar 5.2.	Grafik Perbandingan Size Pick Up (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	116
Gambar 5.3.	Grafik Perbandingan Berat Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	117
Gambar 5.4.	Grafik Perbandingan Waktu Proses Sebelum dan Sesudah Eksperimen.....	117

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

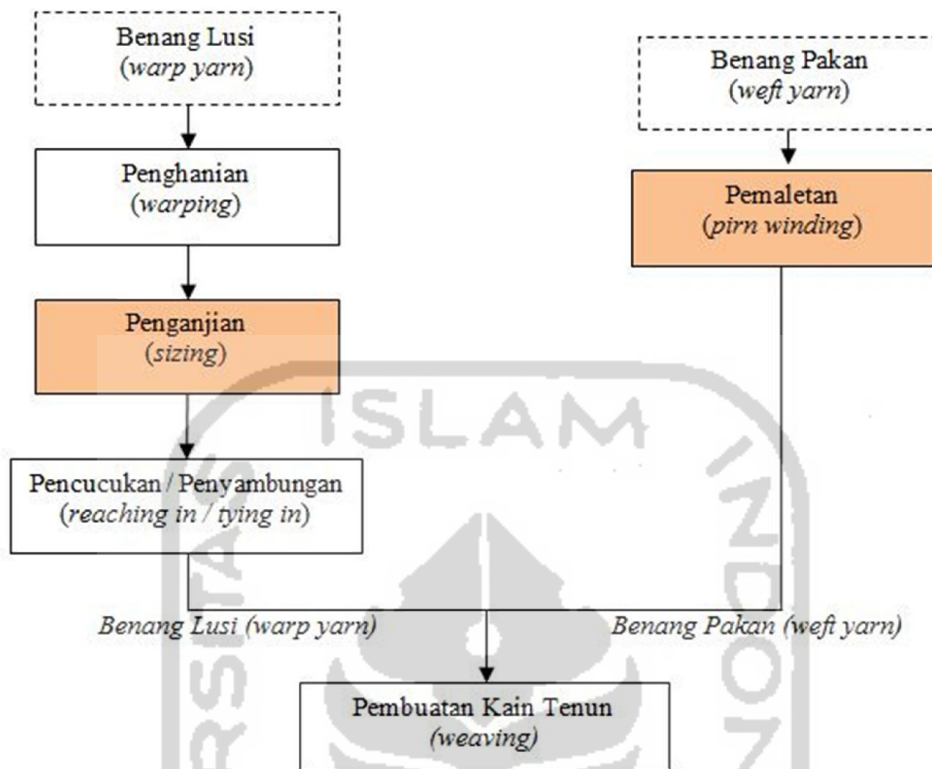
### **1.1. Latar Belakang**

Ditengah persaingan dunia industri, menuntut perusahaan tidak terkecuali termasuk industri tekstil untuk lebih meningkatkan kualitas produknya. Pada sektor menengah seperti industri proses pembuatan kain juga harus meningkatkan kualitas produknya agar tetap eksis dipasar tekstil. Begitu juga PT Lokatex Pekalongan yang memproduksi kain mori berusaha melakukan peningkatan kualitas pada proses dan hasil produksinya.

Bahan baku proses pembuatan kain mori adalah benang lusi yaitu benang yang ke arah memanjang pada kain dan benang pakan yaitu benang yang ke arah melebar pada kain. Kualitas proses pembuatan kain dipengaruhi oleh proses-proses persiapan pembuatan kain seperti proses pengelosan, proses penggintiran, proses penganjian, proses penganian, proses pencucukan atau proses penyambungan dan proses pemaletan.

Proses pembuatan kain pada PT Lokatex Pekalongan memiliki urutan seperti diagram alir proses dibawah ini :





Gambar 1.1. Proses Pembuatan Kain Tenun

Penelitian ini difokuskan pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan yang akan ditingkatkan kualitas produknya. Proses penganjian benang perlu ditingkatkan kualitasnya karena proses penganjian menyiapkan benang agar kuat, tahan gesek, lentur dan mampu ditenun pada kecepatan tinggi dan densiti tinggi sesuai kualitas yang diharapkan. Benang lusi pada mesin tenun mengalami tarikan dan tegangan yang tinggi padahal mesin tenun dituntut produktivitas tinggi, maka proses penganjian menjadi suatu hal yang mesti mendapatkan perhatian penuh, serta adanya ungkapan bahwa : “*Bila penganjian baik, maka proses pertenunan (pembuatan kain) baik*”. Sedangkan proses pemaletan benang pakan perlu ditingkatkan kualitasnya karena proses ini

menyediakan benang pakan pada proses pertenunan agar lebih efisien dalam volume gulungan benang pakan dan waktu proses penggulungannya sehingga produktivitas proses pertenunan lebih baik.

Permasalahan pada proses penganjian benang lusi adalah tingkat kekuatan tarik dan tingkat kekakuan benang lusi yang diukur dari kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU), sedangkan permasalahan pada proses pemaletan adalah berat gulungan dan waktu proses penggulungan benang pakan. Permasalahan kualitas tersebut tentunya perlu perancangan kualitas dalam hal ini mengatur faktor-faktor yang berpengaruh agar hasil proses tersebut optimal.

Kualitas benang lusi hasil proses penganjian dapat diidentifikasi antara lain dari tingkat kekuatan tarik benang (cN) dan tingkat kekakuan benang (%). Kekuatan tarik benang diukur dari kekuatan tarik benang per helai (cN) dan tingkat kekakuan benang diukur dari *Size Pick Up* (%). Faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) diantaranya adalah konsentrasi larutan kanji (%), suhu larutan kanji pada bak kanji (°C), kedalaman rol dalam bak kanji, tekanan rol pemeras (mpa), kecepatan penggulungan benang (meter/menit), suhu silinder pengering (°C) dan tegangan benang (cN).

Proses pemaletan bertujuan menyediakan benang pakan untuk proses pembuatan kain. Benang pakan juga harus lebih berkualitas dari parameter berat gulungan dan waktu proses penggulungan agar proses pertenunannya lebih efisien.

Kualitas benang pakan hasil proses pemaletan dapat diidentifikasi dari volume gulungan benang pakan yang diukur dari berat benang yang digulung pada bobin palet dan produktivitas proses pemaletan diukur dari waktu proses. Faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap berat benang pakan pada bobin palet adalah diameter gulungan (mm), kecepatan penggulungan benang (meter/menit) dan tegangan benang (cN).

Teknik penyelesaian masalah dipilih dengan metode eksperimen Taguchi untuk mencari *setting level* optimal faktor-faktor karakteristik kualitas dapat dicapai. Pemilihan metode eksperimen Taguchi karena metode ini lebih efektif dan efisien dalam eksperimen dibandingkan metode eksperimen konvensional yang membutuhkan biaya, tenaga dan waktu yang besar.

Dalam eksperimen Taguchi dilakukan kombinasi terhadap faktor-faktor yang akan diteliti sehingga diharapkan memperoleh parameter-parameter proses produksi yang optimal untuk dapat meningkatkan kualitas hasil proses yang diinginkan dan meminimumkan *quality loss function*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kombinasi level faktor yang menghasilkan produk berkualitas pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan yang optimal ?

2. Seberapa besar peningkatan kualitas produk pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan pada kondisi optimal dibandingkan kondisi awal ?
3. Seberapa valid kualitas benang yang dikembangkan ?

### **1.3. Batasan Masalah**

Agar lebih terarah dan mudah dipahami, maka lingkup penelitian dibatasi sebagai berikut :

1. Benang yang diteliti hanya pada benang jenis kapas dengan nomor benang lusi 40's dan nomor benang pakan Ne<sub>1</sub> 40's.
2. Rancangan penelitian dilakukan hanya pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan menggunakan metode Taguchi.
3. Penelitian yang dilakukan hanya sampai pada pemberian usulan atau evaluasi perbaikan.

### **1.4. Asumsi-Asumsi**

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

1. Bahan baku yang digunakan 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.

### 1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat disusun tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Menentukan kombinasi level faktor yang menghasilkan produk berkualitas pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan.
2. Menentukan besarnya peningkatan kualitas produk pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan perbaikan.
3. Menguji validasi perbaikan kualitas produk pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Diharapkan manfaat penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan produk berkualitas pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan untuk proses pembuatan kain mori.
2. Memperoleh *setting* level untuk menghasilkan produk berkualitas pada proses penganjian benang lusi dan proses pemaletan benang pakan.
3. Menghasilkan informasi mengenai *quality loss function* sehingga jumlah kerugian dapat diminimalkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan desain eksperimen menggunakan metode Taguchi seperti :

Giyanto dan Juhara, S. (2016) mengungkapkan kekuatan benang adalah faktor penting dalam proses pembuatan kain baik itu pertenunan dan perajutan. PT. X salah satu pabrik pembuat kain tenun (*weaving*) efisiensi produksinya tidak memenuhi target yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penyebab tidak tercapainya efisiensi adalah karena benang putusny sangat tinggi. Untuk meningkatkan kekuatan tarik benang agar benang tidak mudah putus dimesin tenun dilakukan percobaan di mesin kanji. Percobaan melibatkan tiga faktor yaitu komposisi bahan baku, jenis *nozzle* dan kecepatan drum penganjian. Eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi kemudian data dianalisa dengan analisis of varians (Anova). Karena kekuatan tarik benang yang tinggi adalah yang terbaik maka SN ratio yang dipakai adalah makin besar makin baik. Dari Percobaan yang didapat menunjukkan bahwa komposisi bahan baku KTZ (45%, 35%, 20%) dan *nozzle* spiral serta *speed drum* 65 m/menit menghasikan kekuatan tarik benang yang paling tinggi.

Sabir, E.C. & Sarpkaya, C. (2014) meneliti parameter ukuran optimal proses penganjian 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 penggulungan. Viskositas larutan menggunakan 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 70 m/menit dan viskositas larutan ukuran 20 Ns/m<sup>2</sup>.

Fernando, E.A.S.K. and Jayawardana, TSS (2015) menyatakan hubungan persamaan matematika parameter proses untuk mencapai tujuan dari proses penganjian. Melalui serangkaian percobaan dan persamaan matematika telah diverifikasi dan divalidasi. Selanjutnya, hubungan persamaan matematika yang tepat memiliki potensi untuk menentukan parameter ukuran seperti konsentrasi, kecepatan sizing, tekanan *squeeze roller*, kedalaman rol perendaman dan suhu pengeringan untuk mencapai diperlukan kualitas benang dengan optimal.

Wartiono, T. dan Utami, Y. (2016) menyatakan kekuatan tarik benang dan ketahanan gesek benang lusi hasil penganjian merupakan suatu persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh benang lusi terkanji, sebagai bahan baku pada proses pertenunan, agar dapat diproses menjadi kain tenun dengan kualitas produksi yang baik dan efisiensi tinggi. Untuk mendapatkan hasil tersebut dengan melakukan uji kekuatan tarik benang per helai dan ketahanan gesek benang lusi pada contoh uji. Metode Taguchi digunakan untuk melakukan sejumlah eksperimen, maka hasil

eksperimen menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap optimalisasi kekuatan tarik per helai benang lusi rayon Ne1 30'S adalah pada suhu larutan kanji dan kemuluran (*draft*) benang, sedang pada faktor yang berpengaruh terhadap optimalisasi ketahanan gesek benang adalah pada suhu larutan kanji. Kondisi kombinasi level faktor yang dicapai pada setting parameter untuk optimalisasi pada kekuatan tarik benang per helai dan ketahanan gesek benang dibutuhkan kombinasi level faktor pada Suhu Larutan Kanji 86°C, Tekanan Rol Pemas 300 Kg/Cm<sup>2</sup>, Kemuluran Benang 1,4 % dan Suhu Silinder Pengereng 95°C. Besarnya peningkatan kondisi optimal kekuatan tarik benang per helai hasil eksperimen dibandingkan dengan kondisi standat industry sebesar 7,67 gram/helai dan besarnya peningkatan kondisi optimal ketahanan gesek benang hasil eksperimen dibandingkan dengan kondisi standar industri sebesar 5,67 gram/helai.

Zaman, A.N. dan Afiatna, F.A.N.F. (2017) mengungkapkan 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 ekstruder antara lain Polypropylene (PP), Calcium Carbonat (CaCo<sub>3</sub>), 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.

Wahjudi, D. dan Cahyono, A.R. (2015) menyatakan salah satu kendala pada proses produksi kain adalah sering putusnya benang pada saat ditenun. Untuk mengatasi masalah ini, kekuatan benang perlu ditingkatkan. Penulis melakukan penelitian untuk meningkatkan kekuatan benang di P.T. XYZ dengan menggunakan metode Taguchi. Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kekuatan benang adalah kemuluran benang (*draft*), temperatur pengeringan, temperatur larutan kanji, dan tekanan squeezing roll. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semua faktor memberikan pengaruh yang signifikan. Dengan memakai kombinasi setting yang optimal, kekuatan benang meningkat sebesar 4%

dari 3,266 N menjadi 3,396 N. Hasil uji verifikasi mengkonfirmasi peningkatan kekuatan tersebut.

Parkhan, A., Widodo, I. D. dan Amin, F.N. (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.

Pada penelitian proses pemaletan benang pakan Fernando dan Jayawardana (2013) menyatakan tegangan benang dan diameter benang berpengaruh terhadap berat gulungan benang. Proses pemaletan adalah proses menggulung benang dari cones ke bobin palet (*pirn*) yang dimasukkan ke teropong sebagai benang pakan. Gulungan palet diperlukan tegangan yang kuat dan stabil untuk menghindari cacat pada kain. Ukuran besar diameter bervariasi yang dapat menyebabkan perubahan tegangan benang. Menempatkan beban pada pengatur tegangan dapat membantu mengurangi variasi tegangan. Penulis mencoba menganalisis secara teoritis variasi tegangan dalam jalur benang dari mesin palet dan secara teori memodelkan variasi tegangan dengan dan tanpa penempatan beban *tensioners*.

Pada penelitian ini diharapkan diperoleh kombinasi level faktor pada rancangan kualitas hasil proses penganjiran benang lusi dan hasil proses pemaletan benang pakan dalam proses persiapan pembuatan kain sebagai bahan baku pembuatan kain mori menggunakan metode desain eksperimen taguchi.

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

Definisi mengenai kualitas menurut *American Society for Quality Control* (ASQC) adalah totalitas fitur dan karakteristik dari suatu produk atau jasa yang menanggung pada kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dinyatakan atau tersirat dari pelanggan.

Kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda, dan bervariasi dari yang konvensional sampai yang lebih strategik. Montgomery (2001) menyatakan

bahwa tiap produk mempunyai mempunyai sejumlah unsur yang bersama-sama menggambarkan kecocokan penggunaannya. Parameter-parameter ini biasanya dinamakan ciri-ciri kualitas. Ciri-ciri kualitas ada beberapa jenis :

1. Fisik, misalnya panjang, berat, voltase, konsentrasi.
2. Indera, misalnya rasa, penampilan, warna.
3. Orientasi waktu misalnya keandalan (dapat dipercaya).

Pengukuran kualitas suatu produk umumnya mengacu pada dimensi kualitas yang disampaikan oleh Garvin (Tjiptono & Diana, 1998). Kedelapan dimensi tersebut adalah (1) *Performance* - kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik operasi dari suatu produk. (2) *Feature* - ciri khas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan. (3) *Reliability* - kepercayaan pelanggan terhadap produk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah. (4) *Conformance* - kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu atau sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan. (5) *Durability*, yaitu ketahanan awet produk atau lama umur produk. (6) *Serviceability* - kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudahan dalam memperoleh komponen produk. (7) *Aesthetic* - keindahan atau daya tarik produk tersebut. (8) *Perceived quality* - fanatisme konsumen akan *merk* suatu produk tertentu karena citra produk itu sendiri.

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.

### **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. (Montgomery, 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 mengoptimisasi 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. Analisis variansi (ANOVA) merupakan metode analisis statistika yang termasuk statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam dan analisis variansi. Analisis variansi pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, bapak statistika modern. Dalam praktik, analisis variansi dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai) maupun pendugaan (khususnya dibidang genetika terapan). *Analysis of variance* atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan Rata-rata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis variansi termasuk dalam kategori statistik parametrik. Sebagai alat statistika parametrik, maka untuk dapat menggunakan rumus ANOVA harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan random sampling (Ghozali, 2012).



### 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.

### 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, dengan tujuan :

- 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 desain eksperimen adalah sebagai berikut (Sudjana 1991) :

1. Menyatakan mengenai masalah atau persoalan yang akan dibahas.
2. Merumuskan hipotesa.
3. Menentukan teknik dan desain eksperimen yang diperlukan.
4. Memeriksa semua hasil yang mungkin dan latar belakang atau alasan supaya eksperimen setepat mungkin memberikan informasi yang diperlukan.

5. Mempertimbangkan semua hasil yang ditinjau dari prosedur statistik yang diharapkan berlaku untuk itu.
6. Melakukan eksperimen.
7. Penggunaan teknik statistik terhadap data hasil eksperimen.
8. Mengambil kesimpulan dengan jalan menggunakan atau memperhitungkan derajat kepercayaan yang wajar mengenai satuan-satuan yang dinilai.
9. 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) :

#### 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.

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

$$VA \times B = (k_A - 1) \times (k_B - 1) \quad (2-7)$$

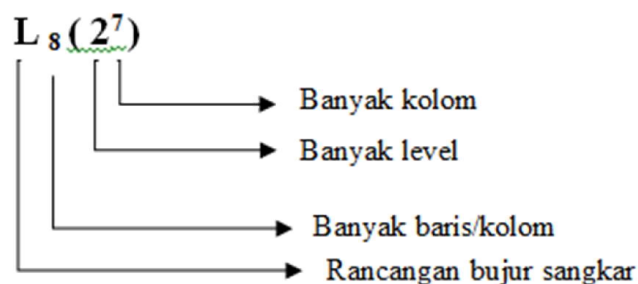
c. Untuk derajat bebas total

$$(k_A - 1) + (k_B - 1) + (k_A - 1)(k_B - 1) \quad (2-8)$$

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

## 2. Orthogonal Array (OA)

Matriks eksperimen adalah matriks yang memuat sekelompok eksperimen dimana faktor dan level dapat ditukar sesama matriks. Eksperimen dilakukan 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, resolusi 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 2.1. *Orthogonal Array* Standar

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	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.

## 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)*. Perbedaan keduanya adalah seperti terlihat dalam Tabel 2.2. (Kusumadewi, dkk 2006).

Tabel 2.2. Perbedaan Antara MADM dan MODM

	MADM	MODM
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 solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi 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:

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

Solusi ideal positif  $A^+$  dan solusi 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

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

$$\begin{aligned} A^- &= \left\{ \left( \min_{j \in J} v_{ij} \right), \left( \max_{j \in J'} v_{ij} \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ &= \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} \end{aligned}$$

Jarak antara alternatif  $A_i$  dengan solusi ideal positif dan positif dirumuskan :

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

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, yaitu :

a. 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*

Fungsi kerugian Taguchi *Larger is Better*, koefisien fungsi kerugian ( $k$ ) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $y_0$  adalah nilai target dan  $A$  adalah total penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k \frac{1}{y^2} = k \frac{1}{(y_0 + \Delta)^2}, \text{ karena nilai } y_0 = 0, \text{ maka } A = k \frac{1}{\Delta^2}$$

sehingga nilai  $k = A \times \Delta^2$

Fungsi kerugian Taguchi *Smaller is Better*, koefisien fungsi kerugian ( $k$ ) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $y_0$  adalah nilai target dan  $A$  adalah total penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k (y - 0)^2 = ky^2, A = k (y_0 + \Delta)^2, \text{ karena } y_0 = 0, \text{ maka } A = k\Delta^2$$

sehingga nilai  $k = \frac{A}{\Delta^2}$



Fungsi kerugian Taguchi *Nominal is The Best*, koefisien fungsi kerugian (k) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $y_0$  adalah nilai target dan A adalah total penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k (y - y_0)^2, A = k (y_0 + \Delta - y_0)^2, \text{ maka } A = k\Delta^2$$

sehingga nilai  $k = \frac{A}{\Delta^2}$

b. 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 :

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

c. 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

d. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

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

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

## 2.8. Definisi Proses Penganjian Benang Lusi

Pada proses pembuatan kain meskipun kualitas dan karakteristik benang lusi yang berasal dari proses pengelosan dan proses penganjian cukup baik, benang-benang tersebut belum cukup kuat untuk langsung digunakan pada proses pembuatan kain. Proses pembuatan kain memerlukan benang lusi yang kuat, halus dan elastis atau tahan terhadap perlakuan-perlakuan tertentu. Untuk mendapatkan sifat-sifat seperti ini, diperlukan kanji (*size*) untuk melindungi atau melapisi benang lusi sehingga siap digunakan pada proses pembuatan kain. Proses pelapisan benang lusi dengan kanji tersebut dinamakan proses penganjian (*sizing/slashing*). Penganjian bukan memberikan nilai tambah dalam proses pembuatan kain tenun. Ini disebabkan karena, setelah kain ditenun, material kanji yang menempel pada benang akan dihilangkan dari kain ketika proses penyempurnaan kain, yang dinamakan proses penghilangan kanji (Giarto, 2009).

Adapun tujuan utama proses penganjian adalah (Soeparli, Liek, S.Teks, 2004) :

1. Meningkatkan kekuatan benang.
2. Mengurangi bulu-bulu pada permukaan benang yang dapat menimbulkan masalah pada proses pembuatan kain.
3. Meningkatkan ketahanan gesek antar benang dan benang dengan bagian-bagian mesin.
4. Mengurangi *fly waste* selama proses pembuatan kain, terutama untuk mesin tenun kecepatan tinggi.

Proses penganjian (*sizing*) dianggap baik bila :

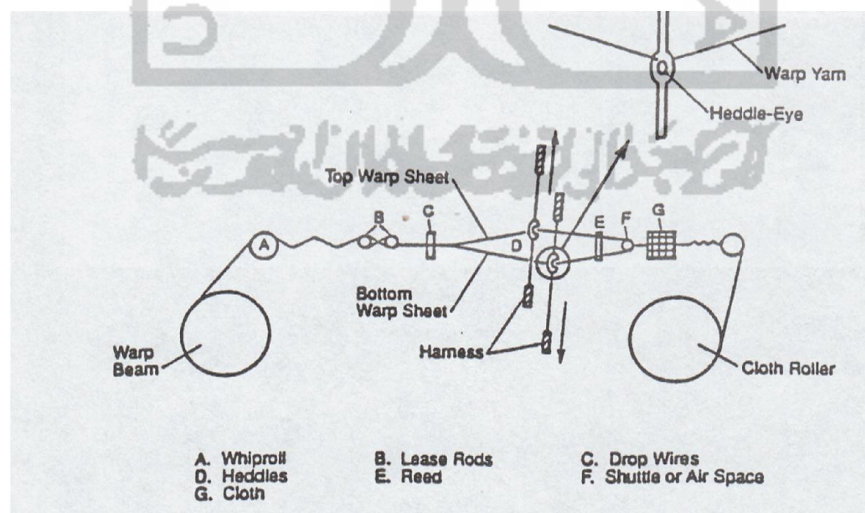
1. Mampu meningkatkan tahan gesek benang, walaupun pada mesin dengan rpm tinggi.
2. Mampu meningkatkan kekuatan tarik benang (standar: meningkat 75%).
3. Mampu mempertahankan kelembutan (*soft surface*) dan fleksibilitas.
4. Mampu menidurkan sebagian besar bulu-bulu serat benang. (Bulu 3 mm max = 5 pcs/m).
5. Mampu mempertahankan daya mulur (Standar: *Elongation* +/- 75% dari aslinya).
6. Mampu menyimpan kandungan air yang cukup untuk mencegah *static electricity*.
7. Mampu dihilangkan kanjinya dengan mudah (cukup dengan air panas + NaOH atau *enzym*).
8. Mampu bertahan dari serangan jamur dan cendawan.

Tujuan akhir dari proses penganjian adalah mengurangi putus benang lusi selama proses pembuatan kain. Putus lusi disebabkan tegangan yang tinggi selama proses pembuatan kain atau bisa juga karena kekuatan benang yang rendah. Tegangan yang tinggi pada benang lusi disebabkan karena pembukaan mulut lusi yang besar, kurangnya kompensasi terhadap tegangan itu sendiri, pengetekan dan penguluran yang kurang, sambungan-sambungan benang, benang menyilang dan gesekan yang tinggi juga menyebabkan munculnya tegangan. Ada tiga macam tegangan pada benang lusi selama proses pembuatan kain berlangsung yaitu tegangan konstan, tegangan berfluktuasi dan tegangan tidak teratur (Giarto, 2009).

Benang lusi berada dibawah tegangan yang konstan pada mesin tenun dan ukuran besarnya tegangan ini umumnya ditentukan oleh besarnya penggulungan atau penguluran, mengeret yang terjadi selama proses pembuatan kain dan tingkat elastisitas benang lusi. Tegangan yang konstan dari benang lusi biasanya bukan penyebab terjadinya putus benang.

Tegangan berfluktuasi disebabkan oleh pembentukan mulut lusi (*shedding*) dan gerakan pengetekan (*beat-up*). Tegangan benang lusi yang disebabkan oleh pembukaan mulut lusi dan pengetekan begitu besar sehingga tegangan tersebut harus diimbangi dengan peralatan pengatur tegangan.

Tegangan tidak beraturan diakibatkan oleh berbagai sebab, misalnya sambungan benang yang tidak sempurna, cacat benang lusi akibat rusaknya serat-serat, dan lain-lain. Benang lusi mengalami puntiran-puntiran, tegangan dan gesekan di mesin tenun selama terjadinya pembentukan kain seperti diperlihatkan pada gambar 2.2.



Sumber: Sabit Adanur, *Handbook of Weaving*, 2011

Gambar 2.2. Wilayah Mesin Tenun yang Mengalami Tegangan dan Gesekan Benang Lusi

Perlu diingat bahwa hanya benang lusi yang perlu dikanji. Hal ini disebabkan karena, seperti sudah dijelaskan sebelumnya, benang-benang lusi mengalami perlakuan yang lebih kasar dibanding dengan benang pakan selama proses itu, benang pakan tidak perlu dikanji dan tidak perlu mendapat perlakuan khusus. Sekitar 80% putus benang pembuatan kain berlangsung. Oleh karena pada proses pembuatan kain, 20%nya disebabkan putus benang lusi yang sama. Proses penganjian menangani sifat-sifat benang lusi secara helai per helai/individu, bukan meningkatkan karakteristik *warp sheet* secara keseluruhan. Jika penganjian dilakukan dengan tidak sempurna, penganjian dapat menyebabkan karakter *yarn sheet* menjadi lebih jelek (Giarto, 2009).

Kanji yang berlebihan membuat benang menjadi kaku dan elastisitasnya berkurang; benang dengan kandungan kanji sedikit kurang kuat ditunen. Oleh karena itu, terlalu sedikit kandungan kanji maupun terlalu banyak menyebabkan peningkatan putus benang lusi. *Size pick up* yang optimum memberikan hasil yang terbaik untuk pembuatan kain.

Hal-hal lain yang harus diperhatikan pada saat melakukan proses penganjian (Soeparli, Liek, et.al., 2004) :

1. Viskositas dari larutan harus tepat, jika viskositas terlalu encer, penetrasi kanji kedalam benang sempurna, tetapi tidak bisa melapisi permukaan benang dengan baik.
2. Larutan kanji harus penetrasi ke dalam benang supaya serat merekat satu sama lain didalam benang dan bulu tidak keluar selama proses pembuatan kain.

3. Bahan kanji harus mempunyai daya rekat yang cukup.
4. Pengeringan benang setelah dikanji tidak boleh terlalu cepat dan juga tidak boleh terlalu lambat.
5. Mulur benang pada proses penganjian turun karena adanya perekat. Mulur ini harus dipertahankan minimal 4%. Pada waktu penganjian kepada benang jangan diberikan regangan berlebihan. Tegangan pada waktu penganjian perlu diberikan untuk memisahkan benang satu sama lain tetapi hati-hati jangan sampai berlebihan, biasanya regangan yang diberikan tidak lebih dari 1%.
6. Kelemahan benang perlu diperhatikan selama proses tenun benang mengalami tekukan-tekukan dan kalau benang kaku, benang akan patah atau putus, sebaiknya kalau benang terlalu lembut, pada waktu pembentukan mulut lusi bulu benang akan timbul dan benang akan putus. Kelembutan benang diperoleh karena pada perekat diberi *oiling agent*.
7. Benang setelah dikanji harus mempunyai kelemasan yang baik, supaya dapat melewati peralatan seperti *back rest*, *dropper*, gun dan sisir dengan baik.
8. Kanji yang terambil oleh benang (*size pick up* harus tepat). *Size pick up* yang kurang menyebabkan hasil penganjian tidak sempurna dan kalau *size pick up* terlalu tinggi benang getas dan kanji mudah keluar lagi dari benang.

Bagian-bagian utama dari mesin kanji adalah: *creel*, *size box*, unit pengering, *beaming* dan berbagai peralatan pengontrol. Salah satu jenis mesin kanji dapat dilihat pada gambar berikut ini :



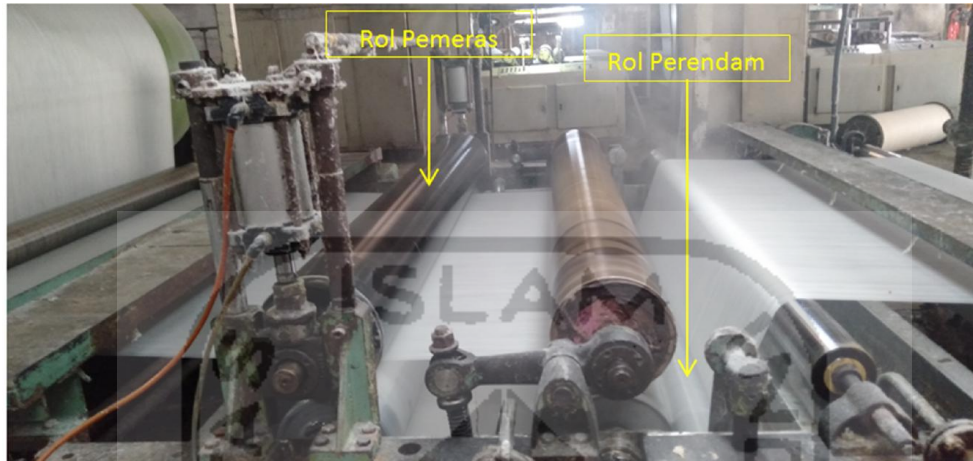
Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.3. Mesin Kanji

*Size box* bisa dikatakan merupakan bagian yang paling penting dari mesin kanji. Selama proses penganjian, benang-benang lusi dilewatkan melalui *size box* yang berisi larutan panas atau campuran zat-zat kanji. Benang-benang yang melewati *size box* tersebut membawa sejumlah larutan kanji yang menempel pada benang, kemudian diperas oleh *squeezed roll* agar kanji menyerap dan tidak terlalu banyak menempel. Penggunaan jenis rol pemeras ini, *single* atau *double immersion roll* dan *single squeeze* atau *double squeeze roll* tergantung kepada material kanji, kualitas benang dan kerapatan benang lusi. Dapat juga digunakan bak kanji (*size box*) lebih dari satu.

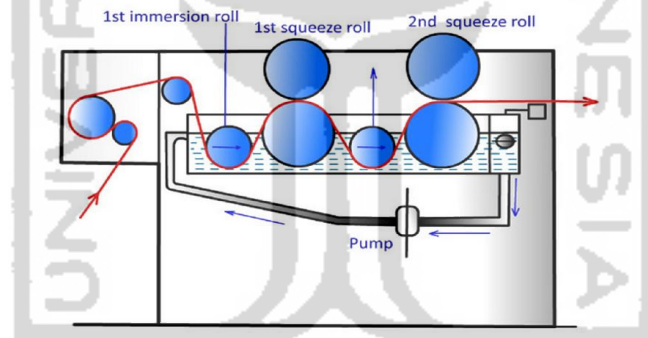
Umumnya, mesin kanji *single box* mempunyai 2 buah *squeezing roll* dan mesin kanji dengan *double box* mempunyai *single roll* dalam tiap-tiap bak kanjinya. Perlu diketahui bahwa tekanan rol pemeras harus sama. Pemerasan menentukan tingkat *size pick up*-nya. Rol-rol bawah biasanya dibuat dari baja dan

rol-rol atas dilapisi dengan karet. Gambar dibawah ini memperlihatkan skema bak kanji dengan dua *squeeze roll* :



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.4. Rol Perendam dan Rol Pemas pada Size Box



Sumber: <http://nptel.ac.in>

Gambar 2.5. Skema Bak Kanji dengan Dua Rol Pemas

Parameter-parameter yang perlu diawasi selama proses penganjian adalah homogenitas larutan kanji, kecepatan yang konstan dari mesin kanji, konsentrasi dan viskositas yang konstan dari larutan kanji. Penggenangan kanji dan bagian-bagian yang mengering harus dicegah di dalam bak kanji. Temperatur dalam bak kanji harus selalu diperiksa untuk mendapatkan *size pick up* yang diinginkan.



Temperatur yang konstan dapat diperoleh dengan cara (Giarto, 2009) :

1. Pemanasan langsung dengan menggunakan uap panas yang langsung diinjeksikan ke bak kanji.
2. Pemanasan tidak langsung dengan menggunakan uap panas yang disalurkan melalui pipa-pipa sekeliling dinding bak kanji.

Untuk membuat larutan kanji digunakan peralatan pemasak yang dilengkapi dengan peralatan pengaduk agar campuran kanji menjadi rata. Tepung kanji dari bak penampung, karung ataupun kantong besar (*sack*) ditimbang terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke peralatan pemasak kanji.

Saat ini, mesin penganjian modern dapat langsung melaksanakan penganjian secara otomatis. Perangkat *software* digunakan untuk menghitung secara langsung besaran-besaran kanji yang diinginkan sesuai dengan berat benang lusi yang akan dikanji. Sistem kontrol dan pengukuran kanji digunakan untuk mengukur dan menghitung parameter-parameter penganjian secara otomatis sebagai ganti uji laboratorium yang memerlukan waktu yang cukup lama. Berdasarkan parameter-parameter hasil perhitungan, tekanan *squeezing* pada kecepatan normal dan *creep speed* dikontrol melalui komputer. Alat ukur *byrometer* mengukur konsentrasi campuran dan mengontrol *supply* bahan-bahan kanji, agar tingkat penganjian benang lusi dan konstan.



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.6. a. Parameter Mesin Kanji, b. Penekan Hidrolis pada Rol Perendam

Campuran kanji dinamakan larutan kanji (*size liquor*) yang mana konsentrasi larutan dan jumlah air yang diserap oleh benang lusi setelah melewati *squeezing roll* dapat diukur dengan menggunakan *microwave measuring head*, yang hasilnya menunjukkan tingkat penganjian. Tingkat penganjian dapat dihitung sebagai nilai relatif. Jika tingkat penganjian yang diukur berbeda dengan data yang di *set*, tekanan *squeeze* dalam bak kanji dapat diubah melalui peralatan pengontrol. Tekanan *squeeze* disesuaikan juga dengan kecepatan penganjian.

Gambar 2.7. memperlihatkan peralatan pemasak yang dilengkapi dengan pemasak yang dapat berputar (*rotor cooker*) dan unit persiapan kanji. Bahan-bahan kanji dimasukkan dan diaduk dengan alat pemutar yang dilengkapi pengaduk. Peralatan pengaduk tambahan dapat dipakai untuk mendapatkan efek pengadukan yang rata.



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.7. Unit Persiapan Kanji

Setelah melewati bak kanji, benang dilewatkan ke bagian pengering, seperti gambar dibawah ini :



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.8. Unit Silinder Pengering

Mengacu kepada hakekat penganjian, benang-benang lusi dapat lengket satu sama lain setelah keluar dari silinder pengering. Oleh karena itu, benang-benang tersebut dipisahkan menjadi benang-benang individu dengan

menggunakan batang pemisah. Pertama, lapisan-lapisan benang lusi dari masing-masing *beam* seksinya dipisahkan diikuti pemisahan oleh *pin-pin* yang terdapat pada sisir ekspansi untuk memisahkan benang-benang dari lembaran jajaran benang-benang lusinya. Kemudian benang-benang tersebut digulung ke dalam *beam* tenun.

Kualitas kain tenun tergantung kepada seberapa besar perhatian yang diberikan kepada kualitas dari persiapan benang lusi. Agar selama pembuatan kain tidak banyak kesulitan, penganjian lusi yang baik adalah suatu keharusan. Penganjian yang jelek dapat meningkatkan *stop* mesin yang tentunya akan meningkatkan *cost* pembuatan kainnya (Giarto, 2009).

## **2.9. Definisi Proses Pemaletan Benang Pakan**

Dalam persiapan pertenunan kita juga tidak luput dari proses pemaletan. Pada proses pemaletan ini hanya benang pakan saja yang melalui proses pemaletan ini. Pemaletan ini hanya diperuntukan untuk proses persiapan mesin tenun *shuttle* (mesin tenun teropong). Pada mesin tenun *shuttle* alat peluncuran pakan menggunakan teropong, isi dari teropong tersebut adalah palet. Palet ini yang nantinya diisi benang pakan, penggulungan benang pakan pada palet disebut juga proses pemaletan.

Proses Pemaletan (*pirn winding*) adalah proses menggulung benang dari bobin kerucut atau bobin silinder menjadi bentuk bobin palet. Tujuannya adalah agar palet dapat dipasang atau dimasukkan dalam alat peluncur atau teropong. Alat penggulung palet dapat dibuat dari kertas, plastik, atau kayu. Pada ATBM

biasanya digunakan palet yang dibuat dari kertas. Sedangkan palet dari kayu bentuknya bermacam-macam disesuaikan dengan macam benang yang akan digulung, macam teropong dan macam peralatan pengganti pakan secara otomatis.

Tujuan Proses Pemaletan adalah membuat gulungan benang pakan dengan volume yang seoptimal mungkin sesuai dengan standar ukuran yang ditetapkan, sehingga dapat meningkatkan mutu dan efisiensi produksi pada proses pertenunan.

Adapun syarat gulungan palet yang baik adalah volume gulungan harus optimal, gulungan harus padat agar tidak mudah tergelincir pada waktu proses pertenunan, gulungan harus mudah dibuka pada proses pertenunan, benang tidak boleh rusak pada saat proses pemaletan dan gulungan harus sejajar.



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.9. Mesin Palet



Sumber : PT Lokatex Pekalongan

Gambar 2.10. Hasil Proses Pemaletan dan Gulungan Palet didalam Teropong





## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode Penelitian menjelaskan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari objek penelitian, jenis data, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, metode analisis data, dan diagram alir penelitian :

#### 3.1. Objek Penelitian

Bahan yang digunakan pada eksperimen ini bahan baku dan hasil proses penganjian dan proses pemaletan adalah sebagai berikut :

- a. Benang lusi Ne<sub>1</sub> 40's sebelum dikanji
- b. Benang lusi Ne<sub>1</sub> 40's setelah dikanji
- c. Benang pakan Ne<sub>1</sub> 40's

#### 3.2. Jenis Data

Data penelitian termasuk jenis data primer dilakukan dengan cara observasi langsung. Variabel respon yang menjadi tujuan penelitian ini adalah :

##### 1. Proses Penganjian Benang Lusi

- a. Kekuatan tarik benang adalah besarnya gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan benang. Kekuatan tarik dalam hal ini adalah kekuatan tarik benang per helai yang dapat diukur dengan alat *single yarn strength tester* berdasarkan SNI 08-0269-1989 (Moerdoko, 1974).

- b. Tingkat kekakuan benang diukur dari Size Pick Up (SPU), yaitu prosentase kandungan kanji yang terserap pada benang yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Soeparli, Liek, et.al., 2004) :

$$\text{SPU (\%)} = \frac{\text{Berat Benang Terkanji} - \text{Berat Benang Tanpa Kanji}}{\text{Berat Benang Tanpa Kanji}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang diduga dapat mempengaruhi kualitas produk benang Ne<sub>1</sub> 40'S yang dihasilkan proses penganjian dalam eksperimen ini adalah data yang meliputi :

- 1) konsentrasi larutan kanji (untuk mengetahui tingkat konsentrasi larutan kanji yang mempengaruhi penyerapan larutan kanji),
- 2) suhu larutan kanji pada bak kanji (untuk memberikan panas terhadap kanji yang mempengaruhi konsentrasi larutan kanji),
- 3) kedalaman rol dalam bak kanji (sebagai rol perendam benang pada bak kanji),
- 4) tekanan rol pemeras (sebagai pemeras benang sehingga larutan kanji terpenetrasi kedalam benang),
- 5) kecepatan penggulungan benang (adalah kecepatan penggulungan benang ke beam/lalatan benang lusi),
- 6) suhu silinder pengering (sebagai pemanas sehingga benang kering setelah melewati larutan kanji) dan
- 7) tegangan benang (adalah tegangan benang lusi sehingga benang tidak kendor).



## 2. Proses Pemaletan Benang pakan

Kualitas benang pakan hasil proses pemaletan dapat diidentifikasi dari volume gulungan benang pakan yang diukur dari berat benang yang digulung pada bobin palet dan produktivitas proses pemaletan diukur dari waktu proses. Faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap berat benang pakan pada bobin palet adalah data yang meliputi :

- 1) diameter gulungan (adalah diameter gulungan benang pakan pada palet)
- 2) kecepatan penggulangan benang (adalah kecepatan penggulangan benang pakan)
- 3) tegangan benang (adalah tegangan benang lusi sehingga benang tidak kendur).

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

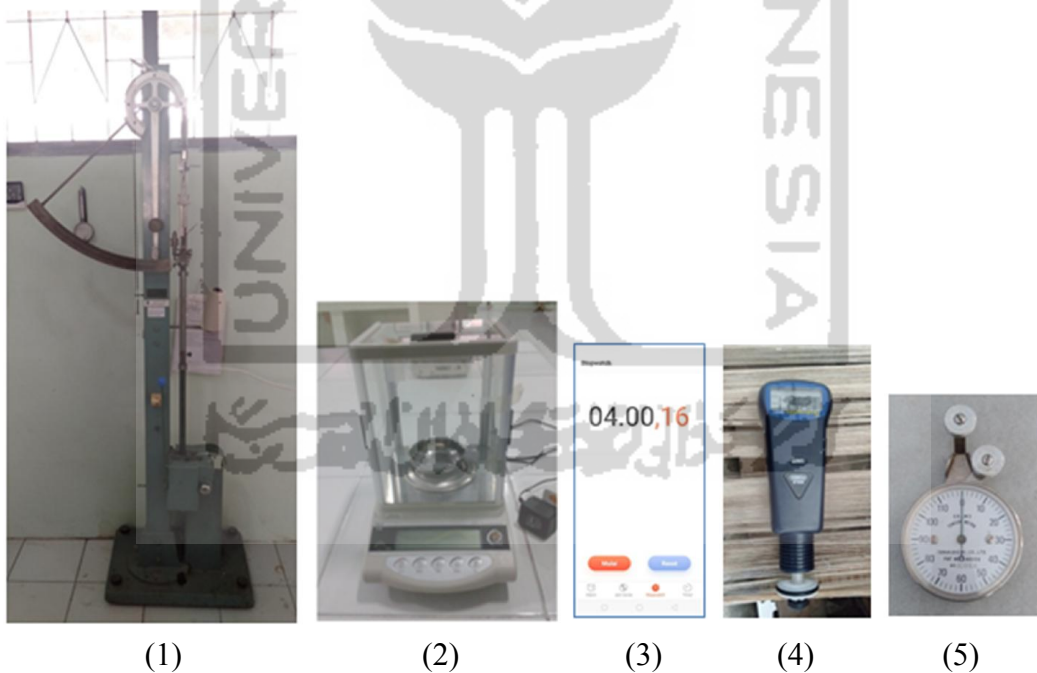
Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan desain eksperimen. Tahap-tahap yang dilakukan pada desain eksperimen adalah sebagai berikut (Belavendram, 1995):

1. Identifikasi dan pemilihan karakteristik kualitas produk yang akan diteliti.
2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap karakteristik kualitas.
3. Penentuan faktor-faktor kendali dan faktor noise serta penentuan level faktor.
4. Penentuan matriks orthogonal untuk faktor kendali (*inner array*) dan faktor noise (*outter array*).
5. Penentuan matrik kombinasi (*product array*).

### 3.3.1. Instrumen Eksperimen

Alat yang digunakan pada eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. *Single yarn strength tester* adalah alat uji kekuatan tarik per helai jenis pendulum yang dilengkapi dengan peralatan beban, penjepit atau klem untuk memegang contoh uji, skala kekuatan dan skala mulur.
2. Neraca analitis adalah alat yang digunakan untuk menimbang bahan atau contoh uji dalam menghitung *size pick up (SPU)*.
3. *Stopwatch* adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu.
4. *Tachometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran.
5. *Tensionmeter* adalah alat yang digunakan untuk tegangan benang.



Sumber : (1), (2) Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan dan  
(3), (4), (5) PT Lokatex Pekalongan

Gambar 3.1. Alat yang Digunakan pada Eksperimen

### 3.3.2. Prosedur Eksperimen

#### A. Menguji Kekuatan Tarik Benang

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. Buang sebagian lapisan gulungan benang.
  - b. Penarikan dilakukan dari samping.
3. Melaksanakan pengujian.
  - a. Atur posisi beban dan jarak antara kedua titik jepit (20 cm).
  - b. Atur jarum skala kekuatan dan mulur pada posisi nol.
  - c. Penjepit atas posisi tidak bergerak/dikunci, pasang contoh uji pada penjepit atas dan penjepit bawah.
  - d. Lepaskan kunci/*clamp* pada penjepit atas.
  - e. Jalankan *handle* ke belakang sampai benang putus dan handle kembalikan pada posisi semula.
  - f. Amati skala kekuatan dan mulur yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk.
  - g. Catat semua data yang didapat, lakukan pengujian sebanyak 4 kali.

#### B. Menghitung Tingkat Kekakuan Benang diukur dari Size Pick Up (%).

1. Menimbang benang sebelum dikanji.
2. Menimbang benang setelah dikanji.
3. Menghitung SPU (%)

C. Menghitung volume benang pakan yang diukur dari berat benang pakan.

1. Menimbang bobin palet kosong.
2. Menimbang bobin palet isi.
3. Menghitung berat benang pakan.

D. Mengamati waktu proses pemaletan.

1. Menjalankan *handle* sehingga mesin memutar *spindel* dan benang pakan tergulung.
2. Mengamati waktu proses penggulung sampai selesai menggunakan *stopwatch* (menit).

### 3.4. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini menggunakan Taguchi. Berdasarkan level yang digunakan pada masing-masing faktor kendali maka *orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_8 2^7$  dan  $L_4 2^3$  seperti tabel berikut :

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

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan			
	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	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

Tabel 3.2. Matrik *Orthogonal Array*  $L_4 2^3$  Standar dan Percobaan

Trial	Faktor Kendali			Data Hasil Percobaan							
	A	B	C								
	Coloumn Number			Replikasi ke							
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	y11	y12	y13	y14	y15	y16	y17	y18
2	1	2	2	y21	y22	y23	y24	y25	y26	y27	y28
3	2	1	2	y31	y32	y33	y34	y35	y36	y37	y38
4	2	2	1	y41	y42	y43	y44	y45	y46	y47	y48

### 3.5. Metode Analisis Hasil Eksperimen (Uji Stastistik)

Prosedur analisis hasil eksperimen dengan analisi hasil eksperimen dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### 3.5.1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas ditujukan untuk mengetahui kesesuaian antara distribusi frekuensi hasil pengamatan dengan *expected normal curve frequencies*, menggunakan *chi-square distribution*. *Chi-square* dihitung 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- $i$

#### 3.5.2. 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 :

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

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

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

dengan :

$S^2$  = 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  $dk = (k-1)$ .

### 3.5.3. 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 :

1. Menghitung harga-harga *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK)
  - a. Total *Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total, dengan

$$\bar{T} = \frac{T}{N} = \bar{y} \quad \text{dan} \quad T = \sum_{i=1}^N y_i \quad (3.5)$$

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

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

dengan :

$SSA$  = *Sum of Square* faktor A

$A_i$  = jumlah nilai pengamatan dibawah level ke- $i$  faktor A

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

$A_i^2$  = rata-rata nilai pengamatan dibawah level ke- $i$  faktor A

$k_A$  = banyaknya level faktor A

*Sum of Square* (SS) suatu faktor dapat dihitung dengan rumus :

$$SS = \sum (a(m_1 - m)^2) \quad (3.8)$$

dengan :

$SS$  = *Sum of Square* untuk setiap faktor

$A$  = Jumlah tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orhogonal

$m_1$  = 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

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

*Degree of freedom* suatu faktor, dirumuskan dengan :

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

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

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

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 :

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

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

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

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

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



### 3.5.4. Menghitung Nilai *Signal to Noise Ratio* ( SNR )

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas benang lusi untuk kekuatan tarik benang dan benang pakan untuk berat benang adalah *larger the better*. Nilai SNR dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas benang lusi untuk Size Pick Up (SPU) dan benang pakan untuk waktu proses adalah *smaller the better*. Nilai SNR dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (3.18)$$

### 3.5.5. Menghitung Efek Tiap Faktor

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

$$\text{Efek faktor terhadap nilai SNR} = \frac{1}{a} (\sum \eta_o) \quad (3.19)$$

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

### 3.5.6. 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).

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

Untuk karakteristik kualitas:

- a) *Larger-the-better*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \quad (3.20)$$

- b) *Nominal-the-best*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \quad (3.21)$$

- c) *Smaller-the-better*

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \quad (3.22)$$

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*

Fungsi kerugian Taguchi *Larger is Better*, koefisien fungsi kerugian ( $k$ ) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $yo$  adalah nilai target dan  $A$  adalah total

penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k \frac{1}{y^2} = k \frac{1}{(y_0 + \Delta)^2}, \text{ karena nilai } y_0 = 0, \text{ maka } A = k \frac{1}{\Delta^2}$$

sehingga nilai  $k = A \times \Delta^2$

Fungsi kerugian Taguchi *Smaller is Better*, koefisien fungsi kerugian (k) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $y_0$  adalah nilai target dan A adalah total penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k (y - 0)^2 = ky^2, A = k (y_0 + \Delta)^2, \text{ karena } y_0 = 0, \text{ maka } A = k\Delta^2$$

sehingga nilai  $k = \frac{A}{\Delta^2}$

Fungsi kerugian Taguchi *Nominal is The Best*, koefisien fungsi kerugian (k) didapatkan apabila  $\Delta$  adalah toleransi,  $y_0$  adalah nilai target dan A adalah total penerimaan, maka :

Jika  $y = y_0 + \Delta$

$$L_{ij} = k (y - y_0)^2, A = k (y_0 + \Delta - y_0)^2, \text{ maka } A = k\Delta^2$$

sehingga nilai  $k = \frac{A}{\Delta^2}$

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

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*} \quad (3.23)$$

dengan :

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



Tabel 3.4. *Linguistic Terms USED in The Study (score)*

No	Scale	1	2	3	4	5	6	7	8
	No. of term used	two	three	Five	five	six	seven	nine	eleven
1	Extremely								0.954
2	Very High			0.909		0.917	0.909	0.917	0.864
3	High-very High							0.875	0.701
4	High	0.75	0.833	0.717	0.885	0.750	0.773	0.750	0.667
5	Fairly High				0.700	0.584		0.630	
6	Mol High						0.637		0.590
7	Medium	0.583	0.500	0.500	0.500		0.500	0.500	0.500
8	Mol Low						0.363		0.410
9	Fair Low				0.300	0.416		0.370	
10	Low		0.166	0.281	0.115	0.250	0.227	0.250	0.333
11	Very-very Low							0.125	0.299
12	Very Low			0.091		0.083	0.091	0.083	0.136
13	None								0.046

f. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10 \log(TNQL_j) \quad (3.25)$$

Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

### 3.5.7. Uji Beda

Uji beda dilakukan antara lain untuk mengetahui apakah data awal berbeda atau sama dengan hasil eksperimen. Persamaan yang digunakan untuk  $N < 30$  (sampel kecil) adalah sebagai berikut :

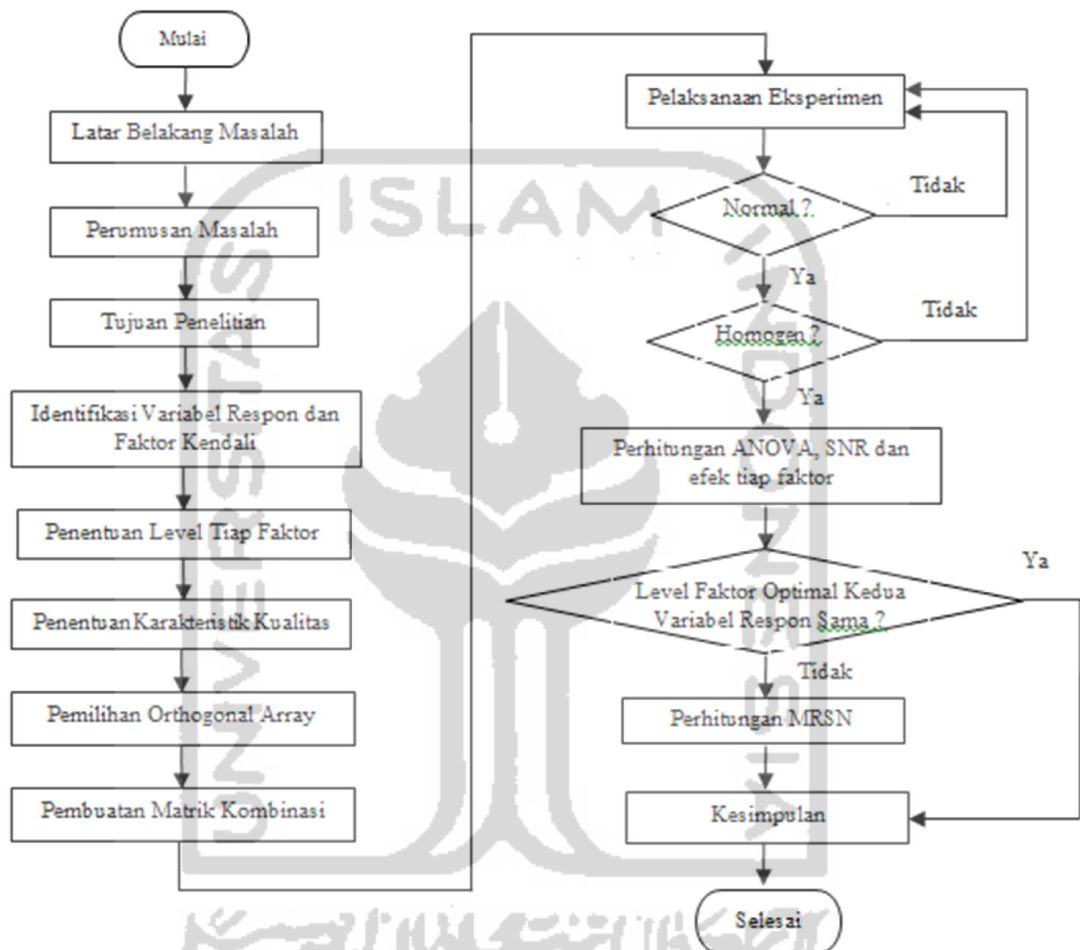
$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (3.26)$$

dimana :

$t_0$  mempunyai distribusi t dengan derajat kebebasan sebesar  $n_1 + n_2 - 2$

### 3.6. Diagram Alir Penelitian

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



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1. Hasil Penelitian Proses Penganjian Benang Lusi

##### 4.1.1. Perencanaan Eksperimen

Berkaitan dengan kebutuhan yang akan digunakan dalam pelaksanaan eksperimen, pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah perencanaan eksperimen berikut :

1. Pemilihan karakteristik kualitas produk yang akan diteliti

Penelitian dilakukan terhadap benang Ne<sub>1</sub> 40's. Pada tahap ini ditentukan karakteristik kualitas produk berikut fungsi objektif yang akan dioptimalkan. Sebagai variabel dependen (variabel respon) dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik benang dengan fungsi obyektif *Larger the Better* (LTB) dan *Size Pick Up* (SPU) benang dengan fungsi obyektif *Smaller the Better* (STB).

2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang diduga dapat mempengaruhi kualitas produk penganjian benang lusi yang dihasilkan. Faktor-faktor yang dilibatkan dalam eksperimen ini adalah konsentrasi larutan kanji (untuk mengetahui tingkat konsentrasi larutan kanji yang mempengaruhi penyerapan larutan kanji), suhu larutan kanji pada bak kanji (untuk memberikan panas terhadap kanji yang mempengaruhi kekentalan larutan kanji), kedalaman rol dalam bak kanji (sebagai rol perendam benang pada bak kanji), tekanan rol pemeras (sebagai pemeras benang sehingga larutan kanji terpenetrasi

kedalam benang), kecepatan penarikan benang (adalah kecepatan penggulungan benang ke beam/lalatan benang lusi), suhu silinder pengering (sebagai pemanas sehingga benang kering setelah melewati larutan kanji) dan tegangan benang (adalah tegangan benang lusi sehingga benang tidak kendur). Level faktor yang digunakan berikut alasan pemilihan level adalah sebagai berikut :

- a. Konsentrasi larutan kanji : 12 % dan 16 %, dipilihnya level ini karena jika konsentrasi larutan kanji  $< 12\%$ , larutan kanji terlalu encer, penetrasi kanji kedalam benang sempurna, tetapi tidak bisa melapisi permukaan benang dengan baik, apabila konsentrasi larutan kanji  $> 16\%$ , larutan kanji yang terlalu kental, memungkinkan larutan kanji sulit untuk diserap oleh benang.
- b. Suhu larutan kanji pada bak kanji :  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dipilihnya level ini karena jika suhu larutan kanji pada bak kanji  $< 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , memungkinkan larutan kanji semakin kental sehingga larutan sulit untuk diserap, apabila suhu larutan kanji pada bak kanji  $> 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , memungkinkan larutan kanji semakin encer sehingga penetrasi kanji kedalam benang sempurna, tetapi tidak bisa melapisi permukaan benang dengan baik.
- c. Kedalaman rol dalam bak kanji :  $1/4$  rol perendam dan  $1/2$  rol perendam, dipilihnya level ini karena jika kedalaman rol dalam bak kanji  $< 1/4$  rol perendam, maka benang tenggelam semakin sedikit terendam, sehingga penyerapan larutan kanji lebih sedikit, apabila kedalaman rol dalam bak



kanji 1/2 rol perendam, maka benang tenggelam semakin lama sehingga penyerapan larutan kanji lebih banyak.

- d. Tekanan rol pemeras : 0,3 mpa dan 0,4 mpa, dipilihnya level ini karena jika tekanan rol pemeras  $< 0,3$  mpa maka semakin rendah tekanan rol pemeras sehingga penetrasinya kurang tetapi akan semakin banyak larutan kanji yang terserap dan jika tekanan rol pemeras  $> 0,4$  mpa maka semakin tinggi tekanan rol pemeras sehingga penetrasinya baik tetapi akan semakin sedikit larutan kanji yang terserap.
- e. Kecepatan penarikan benang : 25 meter/menit dan 35 meter/menit, dipilihnya level ini karena jika kecepatan penarikan benang  $< 25$  meter/menit maka semakin rendah kecepatan penarikan benang sehingga semakin sedikit larutan kanji yang terserap karena efek pemerasan yang lambat dan jika kecepatan penarikan benang  $> 35$  meter/menit maka semakin tinggi kecepatan penarikan benang maka sehingga semakin banyak larutan kanji yang terserap karena efek pemerasan yang cepat.
- f. Suhu silinder pengering : 120 °C dan 125 °C, dipilihnya level ini karena jika suhu silinder pengering  $< 120$  °C, maka benang belum benar-benar kering sehingga dapat menyebabkan lengket dan jika suhu silinder pengering  $> 125$  °C maka benang terlalu kering sehingga benang menjadi getas dan rapuh.
- g. Tegangan benang : 1 cN dan 1,5 cN, dipilihnya level ini karena jika tegangan benang  $< 1$  cN maka menyebabkan benang tidak tegang (kendor)

dan jika tegangan benang  $> 1,5$  cN maka tegangan benang terlalu tinggi sehingga benang mudah putus.

Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi karakteristik kualitas produk yang dihasilkan tersebut, dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 4.1. Faktor Kendali Proses Penganjian Benang Lusi

No	Faktor Kendali	Kode	Level 1	Level 2
1	Konsentrasi larutan kanji	A	12 %	16 %
2	Suhu larutan kanji pada bak kanji	B	80 °C	90 °C
3	Kedalaman rol dalam bak kanji	C	1/4 rol perendam	1/2 rol perendam
4	Tekanan rol pemeras	D	0,3 mpa	0,4 mpa
5	Kecepatan penarikan benang	E	25 meter/menit	35 meter/menit
6	Suhu silinder pengering	F	120 °C	125 °C
7	Tegangan benang	G	1 cN	1,5 cN

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

Tabel 4.2. Matrik *Orthogonal Array*  $L_8 2^7$  Standar

Trial	Column Number						
	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

#### 4.1.2. Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen dilakukan pada PT Lokatex yang beralamat di Pait, Kabupaten 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 :

##### 1. Pelaksanaan Pengujian Kekuatan Tarik Benang

Cara Pengujian :

- a. Menekan tombol *power* pada mesin.
- b. Membuang sebagian lapisan gulungan benang yang dilakukan dari samping.
- c. Mengatur posisi beban dan jarak antara kedua titik jepit (20 cm).
- d. Mengatur jarum skala kekuatan dan mulur pada posisi nol.
- e. Penjepit atas posisi tidak bergerak/dikunci, pasang contoh uji pada penjepit atas dan penjepit bawah.
- f. Melepaskan kunci/*clamp* pada penjepit atas.
- g. Menjalankan handle ke belakang sampai benang putus dan *handle* kembalikan pada posisi semula.
- h. Mengamati skala kekuatan dan mulur yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk.
- i. Mencatat semua data yang telah didapat.

## 2. Menghitung *Size Pick Up* (SPU)

- a. Menimbang benang sebelum dikanji.
- b. Menimbang benang setelah dikanji.
- c. Menghitung SPU (%).

### 4.1.3. Pengumpulan Data

Berikut dokumentasi mengenai data faktor dan level yang digunakan selama ini berikut hasil pengujian kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) :

Tabel 4.3. Faktor Level Proses Penganjiran Benang Lusi Sebelum Eksperimen

No	Faktor kendali	Kode	Parameter
1	Konsentrasi larutan kanji	A	12 % (A1)
2	Suhu larutan kanji pada bak kanji	B	90 °C (B2)
3	Kedalaman rol dalam bak kanji	C	1/4 rol perendam (C1)
4	Tekanan rol pemeras	D	0,3 mpa (D1)
5	Kecepatan penarikan benang	E	35 meter/menit (E2)
6	Suhu silinder pengering	F	125 °C (F2)
7	Tegangan benang	G	1 cN (G1)

Sumber : Dokumentasi Perusahaan

Tabel 4.4. Data Kekuatan Tarik Benang dan SPU Kondisi Sebelum Eksperimen

Replikasi	Kekuatan tarik benang (cN)	<i>Size Pick Up</i> (SPU) (%)
1	235	10,4
2	240	10,6
3	250	10,4
4	235	10,6
Rata-rata	240	10,5

Sumber : Dokumentasi Perusahaan

Data kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) hasil eksperimen menggunakan metode Taguchi ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Benang (cN)

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan				Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G	Replikasi ke				
	Column Number							1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	275	290	260	280	276,3
2	1	1	1	2	2	2	2	240	260	240	250	247,5
3	1	2	2	1	1	2	2	260	275	275	280	272,5
4	1	2	2	2	2	1	1	245	240	245	230	240,0
5	2	1	2	1	2	1	2	305	310	300	295	302,5
6	2	1	2	2	1	2	1	260	265	270	240	258,8
7	2	2	1	1	2	2	1	260	255	295	290	275,0
8	2	2	1	2	1	1	2	255	245	265	250	253,8

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan

Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian *Size Pick Up* (SPU) (%)

Trial	Faktor Kendali							Data Hasil Percobaan				Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G	Replikasi ke				
	Column Number							1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	12,4	12,6	12,9	13,3	12,8
2	1	1	1	2	2	2	2	10,5	10,5	10,2	10,6	10,5
3	1	2	2	1	1	2	2	11,7	11,0	12,0	11,3	11,5
4	1	2	2	2	2	1	1	10,7	11,2	10,9	10,8	10,9
5	2	1	2	1	2	1	2	14,0	14,5	14,3	14,5	14,3
6	2	1	2	2	1	2	1	9,3	9,5	9,4	9,5	9,4
7	2	2	1	1	2	2	1	12,9	13,1	13,4	13,2	13,2
8	2	2	1	2	1	1	2	9,8	9,7	9,7	10,2	10,1

Sumber : Laboratorium Pengujian Tekstil SMK Negeri 3 Pekalongan

#### 4.1.4. Pengolahan Data

Berdasarkan data hasil eksperimen diperlukan langkah-langkah berikut :

#### 4.1.4.1 Uji Normalitas Data

Uji normalitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan Benang

Tabel 4.7. Data Hasil Uji Normalitas Kekuatan Tarik Benang

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>
230-240	235	5	1175	55225	276125	229,5	240,5	-1,58	-1,08	0,4429	0,3599	0,083	2,656	2,0687
241-251	246	5	1230	60516	302580	240,5	251,5	-1,08	-0,58	0,3599	0,219	0,1409	4,5088	0,0535
252-262	254	7	1778	64516	451612	251,5	262,5	-0,58	-0,08	0,219	0,0319	0,1871	5,9872	0,1713
263-273	268	3	804	71824	215472	262,5	273,5	-0,08	0,41	0,0319	0,1591	0,19	6,112	1,5845
274-284	279	5	1395	77841	389205	273,5	284,5	0,41	0,91	0,1591	0,3159	0,1568	5,0176	0,0001
285-295	290	4	1160	84100	336400	284,5	295,5	0,91	1,41	0,3159	0,4192	0,1033	3,3056	0,1459
296-316	306	3	918	93636	280908	295,5	316,5	1,41	2,35	0,4192	0,4906	0,0714	2,2848	0,2239
		32	8460		2252302									4,2478

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

##### 2. Size Pick Up (SPU)

Tabel 4.8. Data Hasil Uji Normalitas SPU

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>
9,3-10,0	9,65	6	57,9	93,1225	558,735	9,25	10,05	-1,52	-1,01	0,4357	0,3438	0,0919	2,9408	3,18237
10,1-10,8	10,45	7	73,15	109,203	764,418	10,05	10,85	-1,01	-0,50	0,3438	0,1915	0,1523	4,8736	0,92777
10,9-11,6	11,25	5	56,25	126,563	632,813	10,85	11,65	-0,50	0,02	0,1915	0,008	0,1995	6,384	0,30004
11,7-12,4	12,05	3	36,15	145,203	435,608	11,65	12,45	0,02	0,53	0,008	0,2019	0,21	6,7168	2,05672
12,5-13,2	12,85	5	64,25	165,123	825,613	12,45	13,25	0,53	1,04	0,2019	0,3508	0,1489	4,7648	0,01161
13,3-14,0	13,65	3	40,95	186,323	558,968	13,25	14,05	1,04	1,55	0,3508	0,4394	0,0886	2,8352	0,00958
14,1-14,8	14,45	3	43,35	208,803	626,408	14,05	14,85	1,55	2,06	0,4394	0,4803	0,0409	1,3088	2,18533
		32	372		4402,56									8,67342

Berdasarkan uji normalitas data variabel respon *Size Pick Up* (SPU) memiliki  $\chi^2$  hitung = 8,67  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;4)} = 9,49$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen *Size Pick Up* (SPU) berdistribusi normal.

#### 4.1.4.2 Uji Homogenitas Data

Uji homogenitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

## 1. Kekuatan tarik benang

Tabel 4.9. Data Uji Homogenitas Barlett Kekuatan Tarik Benang

Replikasi	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	550,00	3850	2,74	19,18
3	7	455,36	3188	2,66	18,61
4	7	610,27	4272	2,79	19,50
Σ	28	2022,77	14159,375	10,79	75,56

Varian Gabungan	505,69	Chi kuadrat hitung	0,35
Log S Gabungan	2,7	Chi kuadrat tabel	7,81473
Bartlet	75,71		

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon kekuatan tarik benang memiliki  $\chi^2$  hitung = 0,35  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;3)} = 7,81$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen kekuatan tarik benang homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

## 2. Size Pick Up (SPU)

Tabel 4.10. Data Uji Homogenitas Barlett SPU

Replikasi	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	2,62	18	0,42	2,93
2	7	3,05	21	0,48	3,39
3	7	3,33	23	0,52	3,65
4	7	3,13	22	0,50	3,47
Σ	28	12,13	84,9125	1,92	13,45

Varian Gabungan	3,03	Chi kuadrat hitung	0,1
Log S Gabungan	0,5	Chi kuadrat tabel	7,81473
Bartlet	13,49		

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon Size Pick Up (SPU) memiliki  $\chi^2$  hitung = 0,1  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;3)} = 7,81$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen Size Pick Up (SPU) homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

#### 4.1.4.3 Uji ANOVA

Uji ANOVA data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan tarik benang

Tabel 4.11. Data Uji ANOVA Kekuatan Tarik Benang

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	P
A	1	1.444,53	1.444,53	10,73	4,26	1.309,90	9,12
B	1	957,03	957,03	7,11	4,26	822,40	5,73
C	1	225,78	225,78	1,68	4,26	91,15	0,63
D	1	7.969,53	7.969,53	59,19	4,26	7.834,90	54,58
E	1	7,03	7,03	0,05	4,26	-127,60	-0,89
F	1	175,78	175,78	1,31	4,26	41,15	0,29
G	1	344,53	344,53	2,56	4,26	209,90	1,46
Residu	24	3.231,25	134,64				
Total	31	14.355,47					70,93

Berdasarkan tujuh faktor kendali diatas, terdapat tiga faktor yaitu faktor A, faktor B dan faktor D mempunyai F hitung masing-masing 10,73; 7,11; dan 59,19  $>$  F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B dan D ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B dan D pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan benang. Terdapat empat faktor yaitu C, E, F dan G mempunyai F hitung masing-masing 1,68; 0,05; 1,31 dan 2,56  $<$  F tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor C, E, F dan G diterima, berarti tidak ada



perbedaan pengaruh rata-rata faktor C, E, F dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan benang.

## 2. *Size Pick Up* (SPU)

Tabel 4.12. Data Uji ANOVA SPU

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	P
A	1	0,95	0,95	8,85	4,26	0,84	1,02
B	1	0,88	0,88	8,22	4,26	0,77	0,93
C	1	0,07	0,07	0,66	4,26	-0,04	-0,04
D	1	59,13	59,13	553,83	4,26	59,03	71,51
E	1	12,38	12,38	115,91	4,26	12,27	14,86
F	1	6,57	6,57	61,54	4,26	6,46	7,83
G	1	0,01	0,01	0,07	4,26	-0,10	-0,12
Residu	24	2,56	0,11				
Total	31	82,54					95,99

Berdasarkan tujuh faktor kendali di atas, terdapat lima faktor yaitu faktor A, faktor B, faktor D, faktor E dan faktor F yang mempunyai  $F$  hitung masing-masing 8,85; 8,22; 553,83; 115,91 dan 61,54  $> F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor A, B, D, E dan F ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B, D, E dan F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap SPU. Terdapat dua faktor yaitu C dan G mempunyai  $F$  hitung masing-masing 0,66 dan 0,07  $< F$  tabel = 4,26 maka  $H_0$  untuk faktor C dan G diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor C dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap SPU.

### 4.1.4.4 Signal to Noise Ratio (SNR)

Hasil perhitungan nilai SNR ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.13. Nilai SNR Kekuatan Tarik Benang

Trial	Faktor Kendali							SNR
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	48,81
2	1	1	1	2	2	2	2	47,86
3	1	2	2	1	1	2	2	48,70
4	1	2	2	2	2	1	1	47,60
5	2	1	2	1	2	1	2	49,61
6	2	1	2	2	1	2	1	48,23
7	2	2	1	1	2	2	1	48,73
8	2	2	1	2	1	1	2	48,08

Tabel 4.14. Nilai SNR *Size Pick Up* (SPU)

Trial	Faktor Kendali							SNR
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	-22,15
2	1	1	1	2	2	2	2	-20,38
3	1	2	2	1	1	2	2	-21,22
4	1	2	2	2	2	1	1	-20,75
5	2	1	2	1	2	1	2	-23,12
6	2	1	2	2	1	2	1	-19,49
7	2	2	1	1	2	2	1	-22,38
8	2	2	1	2	1	1	2	-20,12

#### 4.1.4.5 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 Benang

Berdasarkan tabel 4.13. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap Kekuatan Tarik Benang berikut :

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

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	48,24	<b><u>48,63</u></b>	48,37	<b><u>48,96</u></b>	<b><u>48,453</u></b>	<b><u>48,52</u></b>	48,34
Level 2	<b><u>48,66</u></b>	48,28	<b><u>48,53</u></b>	47,94	48,449	48,38	<b><u>48,56</u></b>
Selisih	0,424	0,350	0,165	1,021	0,004	0,143	0,219
Ranking	2	3	5	1	7	6	4
Optimal	A2	B1	C2	D1	E1	F1	G2

Karena berdasarkan ANOVA faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor D, A dan B, maka untuk faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan (faktor G, C, F dan E). Kombinasi level faktor terbaik variabel respon kekuatan tarik benang sebagai berikut : A2, B1, C2, D1, E1, F1, dan G2.

## 2. SPU

Berdasarkan tabel 4.14. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap SPU berikut :

Tabel 4.16. Efek Tiap Faktor SPU (STB)

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	<b><u>-21,12</u></b>	-21,28	-21,26	-22,22	<b><u>-20,74</u></b>	-21,53	<b><u>-21,19</u></b>
Level 2	-21,28	<b><u>-21,12</u></b>	<b><u>-21,14</u></b>	<b><u>-20,18</u></b>	-21,66	<b><u>-20,87</u></b>	-21,21
Selisih	0,152	0,168	0,113	2,033	0,916	0,668	0,020
Rank	5	4	6	1	2	3	7
Optimal	A1	B2	C2	D2	E1	F2	G1

Karena berdasarkan ANOVA faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor D, E, F, B dan A, sedangkan faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan (faktor C, G). Kombinasi level faktor terbaik SPU sebagai berikut : D2, E1, F2, B2, A1, C2, dan G1.

#### 4.1.4.6 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 benang dan SPU secara simultan adalah A, B, D, E dan F sehingga diperlukan analisis terhadap 32 alternatif kombinasi sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.17. 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

		A1				A2			
		B1		B2		B1		B2	
		D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
E1	F1								
	F2								
E2	F1								
	F2								

Berdasarkan data pada tabel 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.17, dengan 5 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda kekuatan tarik benang (dalam cN) berikut :

Tabel 4.18. Model Regresi Linear Berganda kekuatan tarik benang (dalam cN)

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = 377,5 + (3,75 A) - (1,5 B) + (100 D) - (2,5 E) + (0 F)$
2	$Y_2 = 608,5 + (0,625 A) - (2,75 B) + (100 D) - (3 E) - (0,5 F)$
3	$Y_3 = 146,25 + (6,875 A) + (0,25 B) + (75 D) - (2,5 E) + (0,425 F)$
4	$Y_4 = 326,875 + (2,1875 A) - (0,375 B) - (62,5 D) - (4,375 E) + (0,75 F)$

Berdasarkan tabel 4.17. dapat disusun penomoran untuk trial 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) dengan 5 faktor 2 level sebagai berikut :

Tabel 4.19. Penomoran untuk Trial 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

		A1				A2			
		B1		B2		B1		B2	
		D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
E1	F1	<b>1</b>	5	9	<b>13</b>	17	21	25	29
	F2	2	6	10	14	18	<b>22</b>	<b>26</b>	30
E2	F1	3	7	11	15	19	<b>23</b>	<b>27</b>	31
	F2	<b>4</b>	8	12	<b>16</b>	20	24	28	32

*Keterangan : cetak tebal menunjukkan trial yang sudah dieksperimentkan*

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.18 dan penomoran untuk trial 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.19 dapat disusun hasil prediksi kekuatan tarik benang sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.20. Hasil Prediksi Kekuatan Tarik Benang (dalam cN)

Trial	Faktor Kendali					Replikasi ke-				Rata-rata
	A	B	D	E	F	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	270	291	269	285	278,7
2	1	1	1	1	2	270	289	271	289	279,6
3	1	1	1	2	1	245	261	244	241	247,8
4	1	1	1	2	2	245	259	246	245	248,7
5	1	1	2	1	1	280	301	276	279	284,0
6	1	1	2	1	2	280	299	279	283	284,9
7	1	1	2	2	1	255	271	251	235	253,1
8	1	1	2	2	2	255	269	254	239	254,0
9	1	2	1	1	1	255	264	271	281	267,8
10	1	2	1	1	2	255	261	274	285	268,7
11	1	2	1	2	1	230	234	246	238	236,8
12	1	2	1	2	2	230	231	249	241	237,8
13	1	2	2	1	1	265	274	279	275	273,1
14	1	2	2	1	2	265	271	281	279	274,0
15	1	2	2	2	1	240	244	254	231	242,1
16	1	2	2	2	2	240	241	256	235	243,1
17	2	1	1	1	1	285	294	296	294	292,1

Trial	Faktor Kendali					Replikasi ke-				Rata-rata
	A	B	D	E	F	1	2	3	4	
18	2	1	1	1	2	285	291	299	298	293,1
19	2	1	1	2	1	260	264	271	250	261,2
20	2	1	1	2	2	260	261	274	254	262,1
21	2	1	2	1	1	295	304	304	288	297,4
22	2	1	2	1	2	295	301	306	291	298,4
23	2	1	2	2	1	270	274	279	244	266,5
24	2	1	2	2	2	270	271	281	248	267,4
25	2	2	1	1	1	270	266	299	290	281,2
26	2	2	1	1	2	270	264	301	294	282,1
27	2	2	1	2	1	245	236	274	246	250,3
28	2	2	1	2	2	245	234	276	250	251,2
29	2	2	2	1	1	280	276	306	284	286,5
30	2	2	2	1	2	280	274	309	288	287,4
31	2	2	2	2	1	255	246	281	240	255,6
32	2	2	2	2	2	255	244	284	244	256,5

Berdasarkan data pada tabel 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.17, dengan 5 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda *Size Pick Up (%)* berikut :

Tabel 4.21. Model Regresi Linear Berganda *Size Pick Up (%)*

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = (-5,225) + (0,1125 A) - (0 B) - (2,5 D) - (0,24 E) + (0,19 F)$
2	$Y_2 = (-17,6875) + (0,09375 A) - (0,0525 B) + (0,75 D) - (0,2575 E) + (0,325 F)$
3	$Y_3 = (-7,85) + (0,05 A) - (0,02 B) + (1 D) - (0,31 E) + (0,24 F)$
4	$Y_4 = (-4,4) + (0,0875 A) - (0,06 B) - (3 D) - (0,28 E) + (0,24 F)$

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.21 dan penomoran untuk trial 1/32 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.19 dapat disusun hasil prediksi *Size Pick Up (%)* sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.22. Hasil Prediksi *Size Pick Up* (%)

Trial	Faktor Kendali					Replikasi ke-				Rata-rata
	A	B	D	E	F	1	2	3	4	
1	1	1	1	1	1	12,2	12,0	12,5	12,8	12,4
2	1	1	1	1	2	13,1	13,7	13,7	14,0	13,6
3	1	1	1	2	1	9,8	9,5	9,4	10,0	9,6
4	1	1	1	2	2	10,7	11,1	10,6	11,2	10,9
5	1	1	2	1	1	11,9	12,1	12,6	12,5	12,3
6	1	1	2	1	2	12,9	13,7	13,8	13,7	13,5
7	1	1	2	2	1	9,5	9,5	9,5	9,7	9,6
8	1	1	2	2	2	10,5	11,2	10,7	10,9	10,8
9	1	2	1	1	1	12,2	11,5	12,3	12,2	12,0
10	1	2	1	1	2	13,1	13,1	13,5	13,4	13,3
11	1	2	1	2	1	9,8	8,9	9,2	9,3	9,3
12	1	2	1	2	2	10,7	10,6	10,4	10,6	10,6
13	1	2	2	1	1	11,9	11,6	12,4	11,9	11,9
14	1	2	2	1	2	12,9	13,2	13,6	13,1	13,2
15	1	2	2	2	1	9,5	9,0	9,3	9,1	9,2
16	1	2	2	2	2	10,5	10,6	10,5	10,3	10,5
17	2	1	1	1	1	12,6	12,4	12,7	13,1	12,7
18	2	1	1	1	2	13,6	14,0	13,9	14,3	14,0
19	2	1	1	2	1	10,2	9,8	9,6	10,3	10,0
20	2	1	1	2	2	11,2	11,5	10,8	11,5	11,2
21	2	1	2	1	1	12,4	12,5	12,8	12,8	12,6
22	2	1	2	1	2	13,3	14,1	14,0	14,0	13,9
23	2	1	2	2	1	10,0	9,9	9,7	10,0	9,9
24	2	1	2	2	2	10,9	11,5	10,9	11,2	11,1
25	2	2	1	1	1	12,6	11,9	12,5	12,5	12,4
26	2	2	1	1	2	13,6	13,5	13,7	13,7	13,6
27	2	2	1	2	1	10,2	9,3	9,4	9,7	9,7
28	2	2	1	2	2	11,2	10,9	10,6	10,9	10,9
29	2	2	2	1	1	12,4	12,0	12,6	12,2	12,3
30	2	2	2	1	2	13,3	13,6	13,8	13,4	13,5
31	2	2	2	2	1	10,0	9,4	9,5	9,4	9,6
32	2	2	2	2	2	10,9	11,0	10,7	10,6	10,8

#### 4.1.4.7 Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN

Karena kondisi optimal kekuatan tarik benang dan Size Pick Up 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 benang tipe *larger the better* adalah nilai batas bawah 236,8 cN sampai dengan nilai setinggi-tingginya. Batas fungsional *Size Pick Up* (SPU) tipe *smaller the better* adalah nilai batas atas 14 % sampai dengan nilai serendah-rendahnya.

Berdasarkan hasil interview dengan Kasie Persiapan Pertenunan bahwa biaya proses pemasakan larutan kanji adalah Rp1.457.300 dengan resep dan harga terlampir. Satu kali pemasakan pada pengamatan dilakukan untuk benang 40's menghasilkan konsentrasi 12 % dan digunakan untuk benang sebanyak 330,2 kg, maka harga untuk hasil proses penganjian  $\text{Rp}1.457.300 / 330,2 \text{ kg} = \text{Rp}4.413$ .

Fungsi kerugian (k) Kekuatan Tarik Benang =  $\text{Rp}4.413 \times (236,8)^2 = \text{Rp}247.478.401$  dan fungsi kerugian (k) *Size Pick Up* (SPU) =  $\text{Rp}4.413 / (14)^2 = \text{Rp}23$ .



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

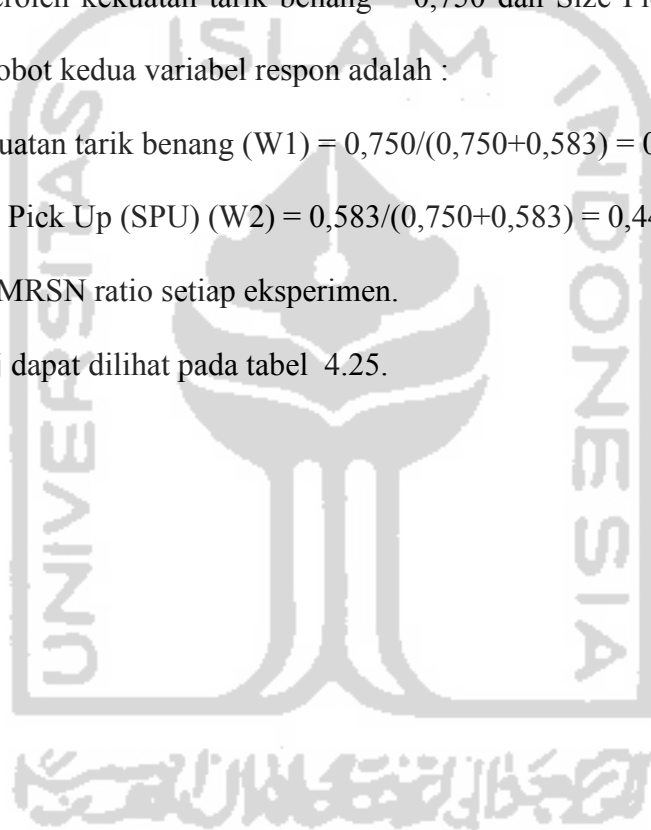
Kekuatan tarik benang relatif lebih penting dibanding Size Pick Up (SPU) dan dipilih istilah linguistiknya "*High*" dan "*Medium*". Tingkat kepentingan relatif ditunjukkan oleh tabel *linguistic term*. Istilah tersebut dikonversikan kedalam bilangan *fuzzy*. Berdasarkan tabel *crisp scores of fuzzy number*, diperoleh kekuatan tarik benang = 0,750 dan Size Pick Up (SPU) = 0,583. Jadi bobot kedua variabel respon adalah :

1) Kekuatan tarik benang ( $W_1$ ) =  $0,750 / (0,750 + 0,583) = 0,56$

2) Size Pick Up (SPU) ( $W_2$ ) =  $0,583 / (0,750 + 0,583) = 0,44$

3. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

Nilai MRSNj dapat dilihat pada tabel 4.25.



Tabel 4.23. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w \cdot C_{ij}$  Kekuatan Tarik Benang

Trial	Kombinasi Level					Replikasi ke-				Rata-rata	L <sub>ij</sub>	C <sub>ij</sub>	w*C <sub>ij</sub>
	A	B	D	E	F	1	2	3	4				
1	1	1	1	1	1	270	291	269	285	278,7	3.198	0,723	0,41
2	1	1	1	1	2	270	289	271	289	279,6	3.175	0,718	0,40
3	1	1	1	2	1	245	261	244	241	247,8	4.043	0,914	0,51
4	1	1	1	2	2	245	259	246	245	248,7	4.008	0,906	0,51
5	1	1	2	1	1	280	301	276	279	284,0	3.079	0,696	0,39
6	1	1	2	1	2	280	299	279	283	284,9	3.055	0,691	0,39
7	1	1	2	2	1	255	271	251	235	253,1	3.894	0,881	0,50
8	1	1	2	2	2	255	269	254	239	254,0	3.856	0,872	0,49
9	1	2	1	1	1	255	264	271	281	267,8	3.466	0,784	0,44
10	1	2	1	1	2	255	261	274	285	268,7	3.447	0,780	0,44
11	1	2	1	2	1	230	234	246	238	236,8	4.421	1,000	0,56
12	1	2	1	2	2	230	231	249	241	237,8	4.392	0,993	0,56
13	1	2	2	1	1	265	274	279	275	273,1	3.322	0,751	0,42
14	1	2	2	1	2	265	271	281	279	274,0	3.302	0,747	0,42
15	1	2	2	2	1	240	244	254	231	242,1	4.235	0,958	0,54
16	1	2	2	2	2	240	241	256	235	243,1	4.202	0,950	0,53
17	2	1	1	1	1	285	294	296	294	292,1	2.902	0,656	0,37
18	2	1	1	1	2	285	291	299	298	293,1	2.885	0,652	0,37
19	2	1	1	2	1	260	264	271	250	261,2	3.637	0,823	0,46
20	2	1	1	2	2	260	261	274	254	262,1	3.610	0,816	0,46
21	2	1	2	1	1	295	304	304	288	297,4	2.802	0,634	0,36
22	2	1	2	1	2	295	301	306	291	298,4	2.783	0,629	0,35
23	2	1	2	2	1	270	274	279	244	266,5	3.513	0,795	0,45
24	2	1	2	2	2	270	271	281	248	267,4	3.483	0,788	0,44
25	2	2	1	1	1	270	266	299	290	281,2	3.152	0,713	0,40
26	2	2	1	1	2	270	264	301	294	282,1	3.139	0,710	0,40
27	2	2	1	2	1	245	236	274	246	250,3	3.987	0,902	0,51
28	2	2	1	2	2	245	234	276	250	251,2	3.966	0,897	0,50
29	2	2	2	1	1	280	276	306	284	286,5	3.029	0,685	0,39
30	2	2	2	1	2	280	274	309	288	287,4	3.014	0,682	0,38
31	2	2	2	2	1	255	246	281	240	255,6	3.830	0,866	0,49
32	2	2	2	2	2	255	244	284	244	256,5	3.805	0,861	0,48
				Min		230,0	231,0	243,8	231,3	236,8	2.783	0,629	0,35
				Max		295,0	303,5	308,8	297,5	298,4	4.421	1,000	0,56

Tabel 4.24. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w \cdot C_{ij}$  Size Pick Up (SPU)

Trial	Kombinasi Level					Replikasi ke-				Rata-rata	L <sub>ij</sub>	C <sub>ij</sub>	w*C <sub>ij</sub>
	A	B	D	E	F	1	2	3	4				
1	1	1	1	1	1	12,2	12,0	12,5	12,8	12,4	3.468	0,785	0,34
2	1	1	1	1	2	13,1	13,7	13,7	14,0	13,6	4.200	0,951	0,42
3	1	1	1	2	1	9,8	9,5	9,4	10,0	9,6	2.110	0,478	0,21
4	1	1	1	2	2	10,7	11,1	10,6	11,2	10,9	2.689	0,609	0,27
5	1	1	2	1	1	11,9	12,1	12,6	12,5	12,3	3.415	0,774	0,34
6	1	1	2	1	2	12,9	13,7	13,8	13,7	13,5	4.144	0,939	0,41
7	1	1	2	2	1	9,5	9,5	9,5	9,7	9,6	2.068	0,469	0,20
8	1	1	2	2	2	10,5	11,2	10,7	10,9	10,8	2.643	0,599	0,26
9	1	2	1	1	1	12,2	11,5	12,3	12,2	12,0	3.285	0,744	0,33
10	1	2	1	1	2	13,1	13,1	13,5	13,4	13,3	3.997	0,905	0,40
11	1	2	1	2	1	9,8	8,9	9,2	9,3	9,3	1.969	0,446	0,20
12	1	2	1	2	2	10,7	10,6	10,4	10,6	10,6	2.527	0,572	0,25
13	1	2	2	1	1	11,9	11,6	12,4	11,9	11,9	3.234	0,732	0,32
14	1	2	2	1	2	12,9	13,2	13,6	13,1	13,2	3.942	0,893	0,39
15	1	2	2	2	1	9,5	9,0	9,3	9,1	9,2	1.928	0,437	0,19
16	1	2	2	2	2	10,5	10,6	10,5	10,3	10,5	2.483	0,562	0,25
17	2	1	1	1	1	12,6	12,4	12,7	13,1	12,7	3.663	0,830	0,36
18	2	1	1	1	2	13,6	14,0	13,9	14,3	14,0	4.414	1,000	0,44
19	2	1	1	2	1	10,2	9,8	9,6	10,3	10,0	2.264	0,513	0,22
20	2	1	1	2	2	11,2	11,5	10,8	11,5	11,2	2.862	0,648	0,28
21	2	1	2	1	1	12,4	12,5	12,8	12,8	12,6	3.608	0,817	0,36
22	2	1	2	1	2	13,3	14,1	14,0	14,0	13,9	4.356	0,987	0,43
23	2	1	2	2	1	10,0	9,9	9,7	10,0	9,9	2.220	0,503	0,22
24	2	1	2	2	2	10,9	11,5	10,9	11,2	11,1	2.814	0,638	0,28
25	2	2	1	1	1	12,6	11,9	12,5	12,5	12,4	3.475	0,787	0,34
26	2	2	1	1	2	13,6	13,5	13,7	13,7	13,6	4.206	0,953	0,42
27	2	2	1	2	1	10,2	9,3	9,4	9,7	9,7	2.117	0,480	0,21
28	2	2	1	2	2	11,2	10,9	10,6	10,9	10,9	2.695	0,611	0,27
29	2	2	2	1	1	12,4	12,0	12,6	12,2	12,3	3.422	0,775	0,34
30	2	2	2	1	2	13,3	13,6	13,8	13,4	13,5	4.149	0,940	0,41
31	2	2	2	2	1	10,0	9,4	9,5	9,4	9,6	2.075	0,470	0,21
32	2	2	2	2	2	10,9	11,0	10,7	10,6	10,8	2.649	0,600	0,26
				Min		9,5	8,9	9,2	9,1	9,2	1.928	0,437	0,2
				Max		13,6	14,1	14,0	14,3	14,0	4.414	1,000	0,4

Tabel 4.25. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Proses Penganjian Benang Lusi

Trial	Faktor Kendali					$\Sigma L1j$	$\Sigma C1j$	TNQLj	MRSN
	A	B	D	E	F				
1	1	1	1	1	1	6.665	1,509	0,75	1,25
2	1	1	1	1	2	7.375	1,670	0,82	0,86
3	1	1	1	2	1	6.153	1,392	0,72	1,41
4	1	1	1	2	2	6.697	1,516	0,78	1,10
5	1	1	2	1	1	6.494	1,470	0,73	1,37
6	1	1	2	1	2	7.199	1,630	0,80	0,97
7	1	1	2	2	1	5.963	1,349	0,70	1,55
8	1	1	2	2	2	6.499	1,471	0,75	1,23
9	1	2	1	1	1	6.750	1,528	0,77	1,16
10	1	2	1	1	2	7.444	1,685	0,83	0,79
11	1	2	1	2	1	6.390	1,446	0,76	1,21
12*	1	2	1	2	2	6.919	1,566	0,81	0,92
13	1	2	2	1	1	6.556	1,484	0,74	1,29
14	1	2	2	1	2	7.243	1,640	0,81	0,91
15	1	2	2	2	1	6.164	1,395	0,73	1,37
16	1	2	2	2	2	6.685	1,513	0,78	1,08
17	2	1	1	1	1	6.564	1,486	0,73	1,35
18	2	1	1	1	2	7.299	1,652	0,80	0,95
19	2	1	1	2	1	5.901	1,335	0,69	1,63
20	2	1	1	2	2	6.472	1,465	0,74	1,29
21	2	1	2	1	1	6.410	1,451	0,71	1,46
22	2	1	2	1	2	7.139	1,616	0,79	1,05
23**	2	1	2	2	1	5.733	1,298	0,67	1,76
24	2	1	2	2	2	6.298	1,425	0,72	1,41
25	2	2	1	1	1	6.627	1,500	0,75	1,28
26	2	2	1	1	2	7.345	1,663	0,82	0,88
27	2	2	1	2	1	6.105	1,381	0,72	1,44
28	2	2	1	2	2	6.661	1,508	0,77	1,13
29	2	2	2	1	1	6.451	1,460	0,72	1,40
30	2	2	2	1	2	7.163	1,621	0,79	1,00
31	2	2	2	2	1	5.905	1,336	0,69	1,59
32	2	2	2	2	2	6.453	1,461	0,75	1,27
					Min	5.733	1,298	Optimal	1,76
					Max	7.444	1,685		

\* = setting level awal

\*\* = 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 23 yaitu kombinasi level faktor A2, B1, D2, E2, F1, dengan nilai MRSN 1,76. Kombinasi ini mampu menaikkan kekuatan tarik benang yang semula rata-rata 240 cN menjadi rata-rata 267 cN (naik 11 cN) dan *Size Pick Up* (SPU) yang semula rata-rata 10,5% menjadi rata-rata 9,9% (turun 0,6%). Setting level faktor optimum proses penganjian benang lusi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.26. Setting Level Faktor Optimum Proses Penganjian Benang Lusi

No.	Faktor kendali	Kode	Level Awal	Kode	Level Optimum
1	Prosentase kandungan kanji	A1	12%	A2	16%
2	Temperatur larutan kanji pada bak kanji	B2	90 °C	B1	80 °C
3	Tekanan rol pemeras	D1	0,3 mpa	D2	0,4 mpa
4	Kecepatan penarikan benang	E2	35 meter/menit	E2	35 meter/menit
5	Suhu silinder pengering	F2	125 °C	F1	120 °C

Untuk faktor kendali kedalaman rol dalam bak kanji (C) dan tegangan benang (G) dipilih yang termurah yaitu kedalaman rol dalam bak kanji =  $\frac{1}{4}$  rol perendam (C1) dan tegangan benang = 1 cN (G1).

#### 4.1.4.8 Uji Beda Hasil Eksperimen Penganjian Benang Lusi

Hasil uji beda variabel respon proses penganjian benang lusi adalah sebagai berikut :

##### 1. Kekuatan Tarik Benang

Tabel 4.27. Perbandingan Kekuatan Tarik Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Kekuatan tarik benang Sebelum Eksperimen (cN)	Kekuatan tarik benang Setelah Eksperimen (cN)
1	235	270
2	240	274
3	250	279
4	235	244

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada perbedaan rata – rata kekuatan tarik benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen

$H_1$  : ada perbedaan rata – rata kekuatan tarik benang Sebelum dan Sesudah 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  $t_{tabel}$ .

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

$n_1 = 4$  ,  $n_2 = 4$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{4}(235 + 240 + 250 + 235) = 240$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{4}(270 + 274 + 279 + 244) = 266,8$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3}(25 + 0 + 100 + 25) = 50$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3}(10,6 + 52,6 + 150,1 + 517,6) = 243,6$$

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

$$t_0 = \frac{240 - 266,8}{\sqrt{(3 \times 50) + (3 \times 243,6)}} \sqrt{\frac{4 \times 4(4 + 4 - 2)}{4 + 4}}$$

$$= \frac{-26,8}{29,7} (3,46)$$

$$= -3,122$$

Karena  $-t_{\text{tabel}} > t_{\text{hitung}}$  ,  $-2,447 > -3,122$  artinya ada perbedaan rata – rata kekuatan tarik benang data awal dan kekuatan tarik benang hasil eksperimen.

## 2. Size Pick Up (SPU)

Tabel 4.28. Perbandingan *Size Pick Up* (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Size Pick Up (SPU) Sebelum Eksperimen (%)	Size Pick Up (SPU) Setelah Eksperimen (%)
1	10,4	10
2	10,6	9,9
3	10,6	9,7
4	10,4	10

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada perbedaan rata – rata Size Pick Up (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen

$H_1$  : ada perbedaan rata – rata Size Pick Up (SPU) Sebelum dan Sesudah 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  $t_{tabel}$  .

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

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

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{4} (10,4 + 10,6 + 10,6 + 10,4) = 10,5$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{4} (10 + 9,9 + 9,7 + 10) = 9,9$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3} (0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01) = 0,013$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{3} (0,01 + 0,01 + 0,02 + 0,03) = 0,023$$

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

$$t_0 = \frac{10,5 - 9,9}{\sqrt{(3 \times 0,013) + (3 \times 0,023)}} \sqrt{\frac{4 \times 4 (4 + 4 - 2)}{4 + 4}}$$



$$= \frac{0,60}{0,33}(3,46)$$

$$= 6,290$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$ ,  $6,290 > 2,447$  artinya ada perbedaan rata – rata *Size Pick Up* (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen.

## 4.2. Hasil Penelitian Proses Pemaletan Benang Pakan

### 4.2.1. Perencanaan Eksperimen

Berkaitan dengan kebutuhan informasi yang akan digunakan dalam pelaksanaan eksperimen, pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah perencanaan eksperimen berikut :

#### 1. Pemilihan karakteristik kualitas produk yang akan diteliti

Penelitian dilakukan terhadap benang Ne<sub>1</sub> 40's. Pada tahap ini ditentukan karakteristik kualitas produk berikut fungsi objektif yang akan dioptimalkan. Sebagai variabel dependent (variabel respon) dalam penelitian ini adalah berat benang dengan fungsi obyektif *larger the better* (LTB) dan waktu proses pemaletan dengan fungsi obyektif *Smaller the Better* (STB).

#### 2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang diduga dapat mempengaruhi kualitas produk proses pemaletan benang pakan yang dihasilkan. Faktor-faktor yang dilibatkan dalam eksperimen ini adalah diameter gulungan (ukuran besar kecil diameter mempengaruhi kemudahan dalam memasukkan ke teropong), kecepatan spindel (adalah kecepatan penggulungan benang ke bobin palet) dan tegangan benang (adalah tegangan benang pakan sehingga

benang tidak kendor). Level faktor yang digunakan berikut alasan pemilihan level adalah sebagai berikut :

- a. Diameter gulungan : 27 mm dan 25 mm, dipilihnya level ini karena jika diameter gulungan  $> 27$  mm, gulungan benang pakan tidak dapat masuk ke teropong dengan baik, apabila diameter gulungan  $< 27$  mm, gulungan benang pakan terlalu sedikit sehingga kurang efisien.
- b. Kecepatan *spindel* : 3500 rpm dan 4500 rpm, dipilihnya level ini karena pada mesin terdapat pilihan kecepatan, kecepatan spindel 3500 rpm untuk kecepatan rendah dan kecepatan spindel 4500 rpm untuk kecepatan tinggi.
- c. Tegangan benang : 15 cN dan 30 cN, dipilihnya level ini karena jika tegangan benang  $< 15$  cN maka menyebabkan benang tidak tegang (kendor) dan jika tegangan benang  $> 30$  cN maka tegangan benang terlalu tinggi sehingga benang mudah putus.

Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi karakteristik kualitas produk yang dihasilkan tersebut, dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 4.29. Faktor Kendali Proses Pemaletan Benang Pakan

No	Faktor Kendali	Kode	Level 1	Level 2
1	Diameter Gulungan Benang	A	27 mm	25 mm
2	Kecepatan <i>Spindel</i>	B	3500 rpm	4500 rpm
3	Tegangan Benang	C	15 cN	30 cN

Berdasarkan level yang digunakan pada masing-masing faktor kendali maka array orthogonal yang digunakan adalah  $L_4 2^3$ , sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.30. Matrik *Orthogonal Array*  $L_4 2^3$  Standar

<i>Trial</i>	<i>Column Number</i>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

#### 4.2.2. Pelaksanaan Eksperimen

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

1. Menentukan *setting level* yang akan dilakukan eksperimen sebagai berikut :
  - a. Untuk mengatur diameter gulungan benang pakan, dilakukan *setting* pada *dial indicator* sesuai angka yang diinginkan.
  - b. Untuk mengatur kecepatan putaran mesin, dilakukan *setting* pada pemindahan *v-belt* sesuai kecepatan yang diinginkan.
  - c. Untuk mengatur tegangan benang, lakukan *setting tension washer* sesuai tegangan yang diinginkan.
  - d. Setelah melakukan *setting dial indicator*, *v-belt* dan *tension washer* sesuai matrik *orthogonal array*  $L_4 2^3$  standar maka dilakukan pengoperasian mesin palet dan pengambilan data.
2. Langkah-langkah mengoperasikan mesin palet dan pengambilan data :
  - a. Menimbang bobin palet kosong menggunakan neraca analitis.
  - b. Menekan tombol power pada mesin palet (*pirn winding*).

- c. Menarik benang pakan gulungan *cones* ke pengantar benang, *tension washer, compensator dan traverse guide*.
- d. Memasang bobin palet pada spindel dan berikan gulungan awal benang pakan agar siap digulung.
- e. Menjalankan *handle* ke kanan sehingga mesin memutar spindel dan benang pakan tergulung.
- f. Mengamati waktu proses penggulung sampai selesai menggunakan *stop watch* (menit).
- g. Menimbang bobin palet berisi gulungan benang pakan menggunakan neraca analitis.
- h. Menghitung berat benang pakan bersih menggunakan persamaan berikut :  

$$\text{Berat benang pakan (g)} = \text{Berat palet isi (g)} - \text{Berat bobin palet kosong (g)}$$

#### 4.2.3. Pengumpulan Data

Berikut dokumentasi mengenai data faktor dan level yang digunakan selama ini berikut data berat benang dan waktu proses :

Tabel 4.31. Faktor Kendali dan Level Proses Pemaletan Benang Pakan Sebelum Eksperimen

No	Faktor kendali	Kode	Parameter
1	Diameter Gulungan Benang	A	25 mm (A2)
2	Kecepatan <i>Spindel</i>	B	3500 rpm (B1)
3	Tegangan Benang	C	30 cN (C2)

Sumber : Dokumentasi Perusahaan

Tabel 4.32. Data Berat Benang dan Waktu Proses Sebelum Eksperimen

Replikasi	Berat benang (gram)	Waktu Proses (menit)
1	23,5	4,00
2	23,6	3,80
3	23,5	3,90
4	23,4	4,00
5	23,6	3,80
6	23,4	4,00
7	23,5	3,80
8	23,5	3,90
Rata-rata	23,5	3,90

Sumber : Dokumentasi Perusahaan

Data berat benang dan waktu proses hasil eksperimen menggunakan metode Taguchi ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.33. Data Hasil Percobaan Berat Benang (gram)

Trial	Faktor Kendali			Data Hasil Percobaan									Rata-rata
	A	B	C										
	Coloumn Number			Replikasi ke									
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	1	1	26,9	27,3	25,6	25,2	26,1	25,7	25,7	26,1	26,06	
2	1	2	2	22,8	22,8	22,7	23,9	22,5	22,4	22,6	23,6	22,89	
3	2	1	2	23,2	23,5	24,2	23,6	23,3	23,5	23,6	23,2	23,52	
4	2	2	1	24,1	24,8	24,1	24,4	24,1	24,8	24,7	24,9	24,46	

Tabel 4.34. Data Hasil Percobaan Waktu Proses (menit)

Trial	Faktor Kendali			Data Hasil Percobaan									Rata-rata
	A	B	C										
	Coloumn Number			Replikasi ke									
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	1	1	4,00	4,05	4,00	4,30	3,85	4,20	4,10	3,85	4,05	
2	1	2	2	3,65	3,65	3,50	3,30	3,80	3,80	3,50	3,60	3,58	
3	2	1	2	3,90	4,25	3,90	3,85	3,90	4,00	4,00	4,05	3,98	
4	2	2	1	3,35	3,70	3,65	3,70	3,50	3,65	3,30	3,45	3,38	

#### 4.2.4. Pengolahan Data

##### 4.2.4.1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Berat Benang

Tabel 4.35. Data Hasil Uji Normalitas Berat Benang

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>
22,35-23,11	22,73	6	136,38	516,65	3099,9	22,345	23,115	-1,60	-0,98	0,4452	0,3365	0,1087	3,48	1,82799
23,12-23,88	23,5	8	188	552,25	4418,0	23,115	23,885	-0,98	-0,35	0,3365	0,1368	0,1997	6,39	0,40542
23,89-24,65	24,27	6	145,62	589,03	3534,2	23,885	24,655	-0,35	0,27	0,1368	0,1064	0,2432	7,78	0,40822
24,66-25,42	25,04	5	125,2	627,00	3135,0	24,655	25,425	0,27	0,90	0,1064	0,3159	0,4223	13,51	5,36359
25,43-26,19	25,81	5	129,05	666,16	3330,8	25,425	26,195	0,90	1,52	0,3159	0,4357	0,1198	3,83	0,35489
26,20-26,96	26,58	1	26,58	706,50	706,5	26,195	26,965	1,52	2,15	0,4357	0,4842	0,0485	1,55	0,19633
26,97-27,73	27,35	1	27,35	748,02	748,0	26,965	27,735	2,15	2,77	0,4842	0,4972	0,0130	0,42	0,81985
		32	778,18		18972,4									9,37628

Berdasarkan uji normalitas data variabel respon berat benang memiliki  $\chi^2$  hitung = 9,38  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $(0,05;4) = 9,49$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen berat benang berdistribusi normal.

##### 2. Waktu Proses

Tabel 4.36. Data Hasil Uji Normalitas Waktu Proses

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>
3,30-3,45	3,38	7	23,625	11,39	79,73	3,295	3,455	-1,58	-1,00	0,4429	0,3413	0,1016	3,25	4,323
3,46-3,60	3,53	6	21,18	12,46	74,77	3,455	3,605	-1,00	-0,47	0,3413	0,1808	0,1605	5,14	0,145
3,61-3,75	3,68	3	11,04	13,54	40,63	3,605	3,755	-0,47	0,07	0,1808	0,0279	0,2087	6,68	2,026
3,76-3,90	3,83	6	22,98	14,67	88,01	3,755	3,905	0,07	0,61	0,0279	0,2291	0,2570	8,22	0,601
3,91-4,05	3,98	6	23,88	15,84	95,04	3,905	4,055	0,61	1,15	0,2291	0,3749	0,1458	4,67	0,382
4,06-4,20	4,13	2	8,26	17,06	34,11	4,055	4,205	1,15	1,68	0,3749	0,4535	0,0786	2,52	0,106
4,21-4,35	4,28	2	8,56	18,32	36,64	4,205	4,355	1,68	2,22	0,4535	0,4868	0,0333	1,07	0,819
		32	119,525		448,93									8,402

Berdasarkan uji normalitas data variabel respon waktu proses memiliki  $\chi^2$  hitung = 8,40  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $(0,05;4) = 9,49$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen waktu proses berdistribusi normal.

#### 4.2.4.2. Uji Homogenitas Data

Uji homogenitas data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Berat Benang

Tabel 4.37. Data Uji Homogenitas Barlett Berat Benang

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	3	0,90	2,7	-0,05	-0,14
2	3	3,93	11,8	0,59	1,78
3	3	1,40	4,2	0,14	0,43
4	3	0,53	1,6	-0,28	-0,84
5	3	0,61	1,8	-0,21	-0,64
6	3	2,08	6,2	0,32	0,95
7	3	1,77	5,3	0,25	0,74
8	3	1,71	5,1	0,23	0,70
∑	24	12,92	38,8	1,00	3,00

Varian Gabungan 1,62      Chi kuadrat hitung 4,60  
 Log S Gabungan 0,2      Chi kuadrat tabel 14,07  
 Bartlet 5,0

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon berat benang memiliki  $\chi^2$  hitung = 4,60  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;7)} = 14,07$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen berat benang homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

##### 2. Waktu Proses

Tabel 4.38. Data Uji Homogenitas Barlett Uji Homogenitas Waktu Proses

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	3	0,08	0,3	-1,07	-3,22
2	3	0,16	0,5	-0,79	-2,37
3	3	0,09	0,3	-1,06	-3,19
4	3	0,19	0,6	-0,72	-2,15
5	3	0,05	0,2	-1,27	-3,80
6	3	0,10	0,3	-0,99	-2,97
7	3	0,15	0,4	-0,83	-2,48
8	3	0,07	0,2	-1,15	-3,45
∑	24	0,90	2,7	-7,88	-23,63

Varian Gabungan	0,11	Chi kuadrat hitung	2,03
Log S Gabungan	-0,9	Chi kuadrat tabel	14,07
Bartlet	-22,75		

Berdasarkan uji homogenitas data variabel respon waktu proses memiliki  $\chi^2$  hitung = 1,78  $\leq$   $\chi^2$  tabel  $_{(0,05;7)} = 14,07$  maka  $H_0$  diterima artinya data hasil eksperimen waktu proses homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi.

#### 4.2.4.3. Uji Anova

Berdasarkan uji ANOVA data kedua variabel respon diperoleh hasil sebagai berikut :

##### 1. Berat benang

Tabel 4.39. Data Uji ANOVA Berat Benang

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	P
A	1	1,88	1,88	7,40	4,20	1,63	3,08
B	1	9,92	9,92	39,01	4,20	9,67	18,27
C	1	33,99	33,99	133,63	4,20	33,74	63,75
Residu	28	7,12	0,25				
Total	31	52,92					85,10

Berdasarkan tiga faktor kendali diatas, terdapat tiga faktor yaitu faktor A, faktor B dan faktor C mempunyai F hitung masing-masing 7,40; 39,01; dan 133,63  $>$  F tabel = 4,20 maka  $H_0$  untuk faktor A, B dan C ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B dan C pada level yang berbeda secara signifikan terhadap berat benang.



## 2. Waktu Proses

Tabel 4.40. Data Uji ANOVA Waktu Proses

Faktor	Derajat Bebas	SS	MS	F hitung	F tabel	SS'	P
A	1	0,14	0,14	10,83	4,20	0,13	4,48
B	1	2,26	2,26	177,46	4,20	2,25	80,48
C	1	0,038	0,038	2,97	4,20	0,03	0,90
Residu	28	0,36	0,01				
Total	31	2,79					85,86

Berdasarkan tiga faktor kendali di atas, terdapat dua faktor yaitu faktor A dan faktor B yang mempunyai F hitung = 10,83 dan 177,46 > F tabel = 4,20 maka  $H_0$  untuk faktor B ditolak, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A dan faktor B pada level yang berbeda secara signifikan terhadap waktu proses.

Terdapat satu faktor yaitu C mempunyai F hitung masing-masing 2,97 < F tabel = 4,20 maka  $H_0$  untuk faktor C diterima, berarti tidak ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor C pada level yang berbeda secara signifikan terhadap waktu proses.

## 4.2.4.4. Signal to Noise Ratio (SNR)

Hasil perhitungan nilai SNR ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.41. Nilai SNR Berat Benang

<i>Trial</i>	<b>Faktor Kendali</b>			<b>SNR (LTB)</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
	<i>Coloumn Number</i>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
1	1	1	1	28,31
2	1	2	2	27,19
3	2	1	2	27,43
4	2	2	1	27,77

Tabel 4.42. Nilai SNR Waktu Proses

<i>Trial</i>	<b>Faktor Kendali</b>			<b>SNR (STB)</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
	<i>Coloumn Number</i>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
1	1	1	1	-12,14
2	1	2	2	-11,08
3	2	1	2	-12,00
4	2	2	1	-10,58

#### 4.2.4.5. Efek Tiap Faktor

Efek tiap faktor ditujukan untuk mengetahui formulasi yang akan menghasilkan kombinasi level faktor terbaik bagi masing-masing variabel respon :

##### 1. Berat Benang

Berdasarkan tabel 4.41. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap berat benang berikut :

Tabel 4.43. Efek Tiap Faktor Berat Benang (LTB)

Level	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Level 1	<u>27,75</u>	<u>27,87</u>	<u>28,04</u>
Level 2	27,60	18,32	27,31
Selisih	0,152	9,551	0,735
Ranking	3	1	2
Optimal	A1	B1	C1

Berdasarkan ANOVA, faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor B, C dan A. Kombinasi level faktor terbaik variabel respon berat benang sebagai berikut : A1, B1, dan C1.

## 2. Waktu Proses

Berdasarkan tabel 4.42. dapat ditentukan efek tiap faktor kendali terhadap waktu proses berikut :

Tabel 4.44. Efek Tiap Faktor Waktu Proses (STB)

Level	A	B	C
Level 1	-11,61	-12,07	<b>-11,36</b>
Level 2	<b>-11,29</b>	<b>-10,83</b>	-11,54
Selisih	0,318	1,240	0,181
Ranking	2	1	3
Optimal	A2	B2	C1

Berdasarkan ANOVA, faktor yang signifikan berpengaruh berturut-turut dari yang terkuat adalah faktor B, A dan C. Kombinasi level faktor terbaik variabel respon waktu proses sebagai berikut : A2, B2 dan C1.

### 4.2.4.6. 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 berat benang dan waktu proses secara simultan adalah A, B, dan C sehingga diperlukan analisis terhadap 8 alternatif kombinasi sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.45. 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

A1				A2			
B1		B2		B1		B2	
C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2

Berdasarkan data pada tabel 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.45, dengan 3 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda berat benang sebagai berikut :

Tabel 4.46. Model Regresi Linear Berganda Berat Benang (gram)

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = 19,395 + 0,5775 A - 0,0016 B - 0,16833 C$
2	$Y_2 = 23,68 + 0,45 A - 0,00162 B - 0,19267 C$
3	$Y_3 = 32,645 - 0,015 A - 0,00152 B - 0,09133 C$
4	$Y_4 = 19,34 + 0,2875 A - 0,00023 B - 0,073 C$
5	$Y_5 = 25,33 + 0,3025 A - 0,00148 B - 0,147 C$
6	$Y_6 = 33,63 - 0,0775 A - 0,00104 B - 0,151 C$
7	$Y_7 = 31,17 - 0,005 A - 0,00101 B - 0,138 C$
8	$Y_8 = 18,605 + 0,41 A - 0,00043 B - 0,138 C$

Berdasarkan tabel 4.45. dapat disusun penomoran untuk trial 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) dengan 3 faktor 2 level sebagai berikut :

Tabel 4.47. Penomoran untuk trial 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*)

A1				A2			
B1		B2		B1		B2	
C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
<b>1</b>	2	3	<b>4</b>	5	<b>6</b>	<b>7</b>	8

*Keterangan : cetak tebal menunjukkan trial yang sudah dieksperimenkan*

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.46 dan penomoran untuk trial 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.47 dapat disusun hasil prediksi berat benang sebagaimana tabel 4.47 berikut :

Tabel 4.48. Hasil Prediksi Berat Benang (dalam gram)

Trial	Faktor Kendali			Replikasi ke								Rata-rata
	A	B	C	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	26,9	27,3	25,6	25,2	26,1	25,6	25,4	26,1	26,0
2	1	1	2	24,3	24,4	24,2	24,1	23,9	23,4	23,4	24,0	24,0
3	1	2	1	25,3	25,6	24,0	25,0	24,6	24,6	24,4	25,7	24,9
4	1	2	2	22,7	22,8	22,7	23,9	22,4	22,3	22,4	23,6	22,8
5	2	1	1	25,7	26,4	25,6	24,6	25,5	25,8	25,4	25,3	25,5
6	2	1	2	23,2	23,5	24,2	23,5	23,3	23,5	23,4	23,2	23,5
7	2	2	1	24,1	24,7	24,1	24,4	24,0	24,7	24,4	24,9	24,4
8	2	2	2	21,6	21,9	22,7	23,3	21,8	22,5	22,4	22,8	22,4

Berdasarkan data pada tabel 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.45, dengan 3 faktor yang berpengaruh secara signifikan, menggunakan metode regresi linear berganda dapat disusun tabel model regresi linear berganda waktu proses berikut :

Tabel 4.49. Model Regresi Linear Berganda Waktu Proses

Replikasi ke-	Model Regresi
1	$Y_1 = 2,775 + 0,1 A - 0,00045 B + 0,00667 C$
2	$Y_2 = 7,325 - 0,0625 A - 0,00048 B + 0,005 C$
3	$Y_3 = 4,4 + 0,05 A - 0,0005 B - 0 C$
4	$Y_4 = 6,4 + 0,0125 A - 0,00058 B - 0,02833 C$
5	$Y_5 = 4,025 + 0,0375 A - 0,00038 B + 0,008333 C$
6	$Y_6 = 3,175 + 0,0875 A - 0,00038 B - 0,00167 C$
7	$Y_7 = 4,3 + 0,075 A - 0,00065 B + 0,00333 C$
8	$Y_8 = 5,5 - 0,0125 A - 0,00043 C + 0,01167 D$

Berdasarkan model regresi linear berganda pada tabel 4.49 dan penomoran untuk trial 1/64 FFE (*Fractional-Factorial Experiment*) pada tabel 4.47 dapat disusun hasil prediksi waktu proses sebagaimana tabel berikut :

Tabel 4.50. Hasil Prediksi Waktu Proses (menit)

Trial	Faktor Kendali			Replikasi ke								Rata-rata
	A	B	C	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	4,00	4,03	4,00	4,28	3,85	4,18	4,10	3,83	4,03
2	1	1	2	4,10	4,11	3,90	3,86	4,05	4,16	4,15	4,01	4,04
3	1	2	1	3,55	3,55	3,60	3,70	3,60	3,80	3,45	3,40	3,55
4	1	2	2	3,65	3,63	3,50	3,28	3,80	3,78	3,50	3,58	3,56
5	2	1	1	3,80	4,16	4,05	4,26	3,75	4,01	3,95	3,86	3,96
6	2	1	2	3,90	4,23	3,95	3,83	3,95	3,98	4,00	4,03	3,97
7	2	2	1	3,35	3,68	3,65	3,68	3,50	3,63	3,30	3,43	3,48
8	2	2	2	3,45	3,75	3,55	3,25	3,70	3,60	3,35	3,60	3,49

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

Karena kondisi optimal berat benang dan waktu proses 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 berat benang tipe *larger the better* adalah nilai batas bawah 22,4 gram sampai dengan nilai setinggi-tingginya. Batas fungsional

waktu proses tipe *smaller the better* adalah nilai batas atas 4,04 menit sampai dengan nilai serendah-rendahnya.

Berdasarkan hasil interview dengan Kasie Persiapan Pertemuan bahwa harga benang Ne<sub>1</sub> 40's adalah Rp80.000 per kg, maka biaya tersebut dijadikan dasar perhitungan fungsi kerugian.

Fungsi kerugian (k) berat benang =  $\text{Rp}80.000 \times (22,4)^2 = \text{Rp} 39.997.613$   
 dan fungsi kerugian (k) waktu proses =  $\text{Rp}80.000 / (4,04)^2 = \text{Rp} 4.898$ .

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

Berat benang relatif lebih penting dibanding waktu proses 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 :

- 1) Berat benang = 0,750

- 2) Waktu proses = 0,583

Jadi bobot kedua variabel respon adalah :

- 1) Berat benang (W1) =  $0,750 / (0,750 + 0,583) = 0,56$

- 2) Waktu proses (W2) =  $0,583 / (0,750 + 0,583) = 0,44$

## 3. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen. Nilai MRSNj dapat dilihat pada tabel 4.53.

Tabel 4.51. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w_i C_{ij}$  Berat Benang

Trial	Replikasi ke								L <sub>ij</sub>	C <sub>ij</sub>	w <sup>*</sup> C <sub>ij</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	26,9	27,3	25,6	25,2	26,1	25,6	25,4	26,1	59.195	0,739	0,42
2	24,3	24,4	24,2	24,1	23,9	23,4	23,4	24,0	69.731	0,870	0,49
3	25,3	25,6	24,0	25,0	24,6	24,6	24,4	25,7	64.587	0,806	0,45
4	22,7	22,8	22,7	23,9	22,4	22,3	22,4	23,6	76.783	0,958	0,54
5	25,7	26,4	25,6	24,6	25,5	25,8	25,4	25,3	61.391	0,766	0,43
6	23,2	23,5	24,2	23,5	23,3	23,5	23,4	23,2	72.609	0,906	0,51
7	24,1	24,7	24,1	24,4	24,0	24,7	24,4	24,9	67.098	0,837	0,47
8	21,6	21,9	22,7	23,3	21,8	22,5	22,4	22,8	80.139	1,000	0,56

Tabel 4.52. Nilai  $L_{ij}$ ,  $C_{ij}$  dan  $w_i C_{ij}$  Waktu Proses

Trial	Replikasi ke								L <sub>ij</sub>	C <sub>ij</sub>	w <sup>*</sup> C <sub>ij</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	4,00	4,03	4,00	4,28	3,85	4,18	4,10	3,83	79.734	0,996	0,44
2	4,10	4,11	3,90	3,86	4,05	4,16	4,15	4,01	80.047	1,000	0,44
3	3,55	3,55	3,60	3,70	3,60	3,80	3,45	3,40	61.838	0,773	0,34
4	3,65	3,63	3,50	3,28	3,80	3,78	3,50	3,58	62.175	0,777	0,34
5	3,80	4,16	4,05	4,26	3,75	4,01	3,95	3,86	76.945	0,961	0,42
6	3,90	4,23	3,95	3,83	3,95	3,98	4,00	4,03	77.248	0,965	0,42
7	3,35	3,68	3,65	3,68	3,50	3,63	3,30	3,43	59.387	0,742	0,32
8	3,45	3,75	3,55	3,25	3,70	3,60	3,35	3,60	59.714	0,746	0,33

Tabel 4.53. Nilai MRSN Hasil Eksperimen Pemaletan Benang Pakan

Trial	Faktor Kendali			ΣL <sub>ij</sub>	ΣC <sub>ij</sub>	TNQL <sub>j</sub>	MRSN
	A	B	C				
1	1	1	1	138.929	1,735	0,851	0,70
2	1	1	2	149.778	1,870	0,927	0,33
3 <sup>**</sup>	1	2	1	126.425	1,578	0,791	1,02
4	1	2	2	138.959	1,735	0,879	0,56
5	2	1	1	138.336	1,727	0,851	0,70
6 <sup>*</sup>	2	1	2	149.857	1,871	0,932	0,31
7	2	2	1	126.485	1,579	0,796	0,99
8	2	2	2	139.854	1,746	0,889	0,51
			Min	126.425		Optimum	1,02
			Max	149.857			

\* = setting level awal

\*\* = setting level optimal



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

Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.53. diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 3 yaitu kombinasi level faktor A1, B2 dan C1 dengan nilai MRSN 1,02. Kombinasi ini mampu menaikkan berat benang yang semula rata-rata 23,50 gram menjadi rata-rata 24,90 gram (naik 1,4 gram) dan menurunkan waktu proses yang semula rata-rata 3,97 menit menjadi rata-rata 3,55 menit (turun 0,42 menit). Setting level faktor optimum proses pemaletan benang pakan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.54. Setting Level Faktor Optimum Proses Pemaletan Benang Pakan

No	Faktor Kendali	Kode	Level Awal	Kode	Level Optimum
1	Diameter Gulungan Benang	A2	25 mm	A1	27 mm
2	Kecepatan <i>Spindel</i>	B1	3500 rpm	B2	4500 rpm
3	Tegangan Benang	C2	30 cN	C1	15 cN

#### 4.2.4.8. Uji Beda Hasil Eksperimen Pemaletan Benang Pakan

Hasil uji beda variabel respon sebelum dan sesudah eksperimen adalah sebagai berikut :

1. Berat Benang

Tabel 4.55. Perbandingan Berat Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen  
Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Berat Sebelum Eksperimen (gram)	Berat Setelah Eksperimen (gram)
1	23,5	25,3
2	23,6	25,6
3	23,5	24,0
4	23,4	25,0
5	23,6	24,6
6	23,4	24,6
7	23,5	24,4
8	23,5	25,7
Rata-rata	23,50	24,90

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada perbedaan rata – rata berat benang sebelum dan sesudah eksperimen

$H_1$  : ada perbedaan rata – rata berat benang sebelum dan sesudah 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  $t_{tabel}$ .

$\alpha = 0,05$ ;  $t_{tabel} = t_{\alpha/2} (n_1 + n_2 - 2) = 2,145$  ;  $n_1 = 8$  ,  $n_2 = 8$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{8} (23,5 + 23,6 + 23,5 + 23,4 + 23,6 + 23,4 + 23,5 + 23,5) = 23,5$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{8} (25,3 + 25,6 + 24,0 + 25,0 + 24,6 + 24,6 + 24,4 + 25,7) = 24,9$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{7} (0 + 0,01 + 0 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0 + 0) = 0,006$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_1)^2$$

$$= \frac{1}{7} (0,13 + 0,56 + 0,76 + 0 + 0,07 + 0,10 + 0,23 + 0,59) = 0,35$$

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

$$t_0 = \frac{23,5 - 24,9}{\sqrt{(7 \times 0,006) + (7 \times 0,35)}} \sqrt{\frac{8 \times 8 (8 + 8 - 2)}{8 + 8}}$$

$$= \frac{-1,4}{1,58} (7,483) = -6,630$$

Karena  $-t_{\text{tabel}} > t_{\text{hitung}}$ ,  $-2,145 > -6,630$  artinya ada perbedaan rata – rata berat benang sebelum dan sesudah eksperimen.

## 2. Waktu Proses

Tabel 4.56. Perbandingan Waktu Proses Sebelum dan Sesudah Eksperimen Berdasarkan Uji Prediksi

Replikasi	Waktu proses sebelum ekperimen (menit)	Waktu proses setelah ekperimen (menit)
1	4,00	3,55
2	3,80	3,55
3	3,90	3,50
4	4,00	3,70
5	3,80	3,45
6	4,00	3,80
7	3,80	3,45
8	3,90	3,40
Rata-rata	3,90	3,55

Hipotesis :

$H_0$  : tidak ada perbedaan rata – rata waktu proses sebelum dan sesudah eksperimen

$H_1$  : ada perbedaan rata – rata waktu proses sebelum dan sesudah 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  $t_{tabel}$  .

$\alpha = 0,05$  ;  $t_{tabel} = t_{\alpha/2} (n_1 + n_2 - 2) = 2,145$  ;  $n_1 = 8$  ,  $n_2 = 8$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1} = \frac{1}{8} (4 + 3,8 + 3,9 + 4 + 3,8 + 4 + 3,8 + 3,9) = 3,9$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2} = \frac{1}{8} (3,55 + 3,55 + 3,5 + 3,7 + 3,45 + 3,80 + 3,45 + 3,40) = 3,55$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{7} (0,01 + 0,01 + 0 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0) = 0,006$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_1)^2 = \frac{1}{7} (0 + 0 + 0,0027 + 0,023 + 0,0098 + 0,063 + 0,01 + 0,22) = 0,19$$

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

$$t_0 = \frac{3,9 - 3,55}{\sqrt{(7 \times 0,006) + (7 \times 0,19)}} \sqrt{\frac{8 \times 8 (8 + 8 - 2)}{8 + 8}}$$

$$= \frac{0,35}{0,44} (7,483) = 5,952$$

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$  ,  $5,952 > 2,145$  artinya ada perbedaan rata – rata waktu proses sebelum dan sesudah eksperimen.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor

##### 5.5.1. Analisis Kombinasi Level Faktor Proses Penganjian Benang Lusi

Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.25. (Hal. 85) diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada *trial* ke 23 dengan nilai MRSN 1,76. Berikut adalah penjelasan setting level faktor optimal hasil eksperimen Taguchi pada proses penganjian benang lusi, yaitu:

- a. Konsentrasi larutan kanji = 16 % (A2)

Konsentrasi larutan kanji pada kondisi setting level awal 12 % (A1) dan level optimum 16 % (A2), berarti pada level optimum konsentrasi larutan kanji lebih kental untuk menghasilkan kekuatan tarik benang yang lebih baik.

- b. Suhu larutan kanji pada bak kanji = 80°C (B1)

Suhu larutan kanji pada bak kanji pada kondisi setting level awal 90°C (B2) dan level optimum 80°C (B1), berarti pada level optimum suhu larutan kanji pada bak kanji lebih rendah untuk menjaga kekentalan larutan kanji.

- c. Kedalaman rol dalam bak kanji (C) yaitu ¼ rol perendam (C1)

Kedalaman rol dalam bak kanji pada kondisi setting level awal dan level optimum masih tetap yaitu ¼ rol perendam (C1), karena berdasarkan analisis anova faktor ini tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang atau *Size Pick Up* (SPU), sehingga pada setting level optimum dicari yang termurah.

- d. Tekanan rol pemeras = 0,4 mpa (D2)

Tekanan rol pemeras pada kondisi setting level awal 0,3 mpa (D1) dan level optimum 0,4 mpa (D2), berarti pada level optimum tekanan rol pemeras lebih tinggi sehingga penetrasi larutan kanji baik dan menurunkan *Size Pick Up* (SPU) dengan larutan kanji yang kental.

- e. Kecepatan penarikan benang = 35 meter/menit (E2)

Kecepatan penarikan benang pada kondisi setting level awal dan level optimum masih tetap yaitu 35 meter/menit (E2), berarti kecepatan yang digunakan termasuk kecepatan yang lebih tinggi dari level awal. Hal ini mempengaruhi *size pick up* (SPU) menjadi lebih rendah karena jalannya benang lebih cepat saat proses penekanan larutan kanji oleh rol pemeras.

- f. Suhu silinder pengering = 120°C (F1)

Suhu silinder pengering pada kondisi setting level awal 125°C (F2) dan level optimum 120°C (F1), berarti pada level optimum suhu silinder yang digunakan lebih rendah untuk menghasilkan kekuatan tarik benang yang lebih baik karena penguapan larutan kanji tidak tinggi.

- g. Tegangan benang (G) dipilih yang termurah 1 cN (G1)

Tegangan benang pada kondisi setting level awal dan level optimum masih tetap yaitu 1 cN (G1), karena berdasarkan analisis anova faktor ini tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik benang atau *size pick up* (SPU), sehingga pada setting level optimum dicari yang termurah.

### 5.5.2. Analisis Kombinasi Level Faktor Proses Pemaletan Benang Pakan

Berdasarkan nilai MRSN sebagaimana tabel 4.53. (Hal. 106) diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 3 dengan nilai MRSN 1,02. Berikut adalah penjelasan setting level faktor optimal hasil eksperimen Taguchi pada proses pemaletan benang pakan, yaitu:

a. Diameter gulungan benang = 27 mm (A1)

Diameter gulungan benang pada kondisi setting level awal 25 mm (A2) dan level optimum 27 mm (A1), berarti pada level optimum diameter gulungan benang lebih besar untuk menghasilkan gulungan benang yang lebih berat.

b. Kecepatan *spindel* = 4500 rpm (B2)

Kecepatan *spindel* pada kondisi setting level awal 3500 rpm (B1) dan level optimum 4500 rpm (B2), berarti pada level optimum kecepatan *spindel* lebih tinggi untuk mempercepat waktu proses produksi.

c. Tegangan benang = 15 cN (C1)

Tegangan benang pada kondisi setting level awal 30 cN (C2) dan level optimum 15 cN (C1), berarti pada level optimum tegangan benang lebih rendah untuk mendukung diameter gulungan yang besar.

## 5.2. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk

### 5.2.1. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk pada Proses Penganjian Benang Lusi

Berdasarkan tabel 4.25. (Hal. 85) dari perhitungan dengan Metode MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum

terletak pada trial ke 23. Nilai kekuatan tarik benang yang semula rata-rata 240 cN menjadi rata-rata 267 cN (naik 27 cN) dan *Size Pick Up* (SPU) yang semula rata-rata 10,5% menjadi rata-rata 9,9% (turun 0,6%).

*Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp6.919 - Rp5.733 = Rp1.186/kg. Jika 1 shift memproses benang sebesar 330,2 kg maka penghematan per tahun (3 shift x 30 hari x 12 bulan) = 330,2 kg x 3 shift x 30 hari x Rp1.186/kg = Rp35.245.548/ bulan = Rp35.245.548/ bulan x 12 bulan = Rp422.946.576/ tahun atau level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 17% dari biaya proses sebelum eksperimen.

Kombinasi *setting* faktor kendali optimum proses penganjian benang lusi sebelum dan sesudah eksperimen sebagaimana tabel 4.27 (Hal. 87) dan tabel 4.28 (Hal. 88) variabel respon kekuatan tarik benang dipengaruhi oleh faktor kendali tekanan *squeezing roller* (D) dengan kontribusi paling besar yaitu 55 % dan variabel respon *Size Pick Up* (SPU) dipengaruhi oleh faktor kendali tekanan *squeezing roller* (D) dengan kontribusi paling besar yaitu 72% yang ditunjukkan pada data uji anova kekuatan tarik benang pada tabel 4.11 (Hal. 73) dan data uji anova SPU pada tabel 4.12 (Hal. 74).

### **5.2.2. Analisis Besarnya Peningkatan Kualitas Produk pada Proses Pemaletan Benang Pakan**

Berdasarkan tabel 4.53. (Hal. 105) dari perhitungan dengan metode MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum terletak pada trial ke 3. Berat benang yang semula rata-rata 23,50 gram menjadi



rata-rata 24,90 gram (naik 1,4 gram) dan menurunkan waktu proses yang semula rata-rata 3,90 menit menjadi rata-rata 3,55 menit (turun 0,35 menit).

*Quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar Rp149.857 - Rp126.425 = Rp23.432/kg. Jika 1 shift memproses benang sebesar 16,8 kg maka penghematan per tahun (3 shift x 30 hari x 12 bulan) = 16,8 kg x 3 shift x 30 hari x Rp23.432/kg = Rp35.429.184/ bulan = Rp35.429.184/ bulan x 12 bulan = Rp425.150.208/ tahun atau level optimum hasil eksperimen dapat menghemat biaya proses sebesar 16% dari biaya proses sebelum eksperimen.

Kombinasi *setting* faktor kendali optimum proses pemaletan benang pakan sebelum dan sesudah eksperimen sebagaimana tabel 4.55 (Hal. 107) dan tabel 4.56 (Hal. 109) variabel respon berat benang dipengaruhi oleh faktor kendali tegangan benang (C) mempunyai kontribusi paling besar yaitu 64 % dan variabel waktu proses dipengaruhi oleh faktor kendali kecepatan spindel (B) mempunyai kontribusi paling besar yaitu 81 % yang ditunjukkan pada data uji anova berat benang pada tabel 4.39 (Hal. 98) dan data uji anova waktu proses pada tabel 4.40 (Hal. 98).

### 5.3. Analisis Validasi Perbaikan Kualitas Produk

#### 5.3.1. Analisis Validasi pada Proses Penganjian Benang Lusi

Dari uji beda diperoleh  $-t_{\text{tabel}} = 2,447$ ,  $t_{\text{hitung}}$  kekuatan tarik benang = -3,122 maka  $-t_{\text{tabel}} > t_{\text{hitung}}$ ,  $-2,447 > -3,122$  artinya ada perbedaan rata – rata kekuatan tarik benang sebelum dan sesudah eksperimen. Sedangkan  $t_{\text{hitung}}$  *Size Pick Up* (SPU) = 6,290 maka  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$ ,  $6,290 > 2,447$  artinya ada perbedaan rata – rata *Size Pick Up* (SPU) sebelum dan sesudah eksperimen.

Jadi hasil eksperimen proses penganjian benang lusi dengan variabel respon kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* dinyatakan valid artinya kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

### 5.3.2. Analisis Validasi pada Proses Pemaletan Benang Pakan

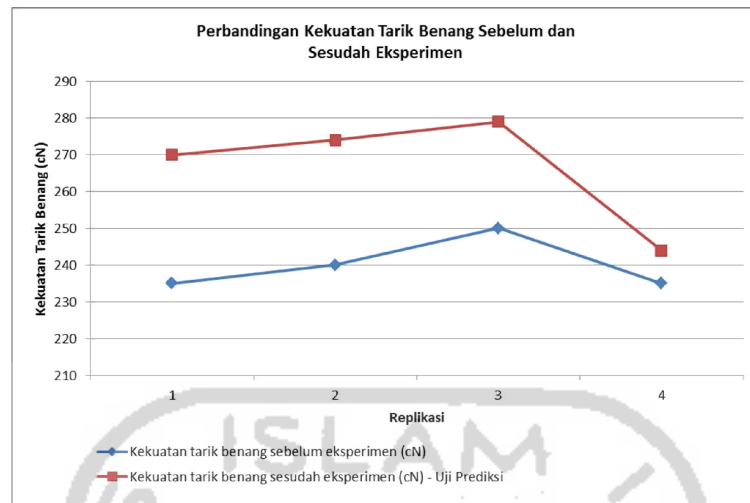
Dari uji beda diperoleh  $-t_{\text{tabel}} = 2,145$  ,  $t_{\text{hitung}} \text{ berat benang} = -6,630$  maka  $-t_{\text{tabel}} > t_{\text{hitung}}$  ,  $-2,145 > -6,630$  artinya ada perbedaan rata – rata berat benang sebelum dan sesudah eksperimen. Sedangkan  $t_{\text{hitung}} \text{ waktu proses} = 5,952$  maka  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$  ,  $5,952 > 2,145$  artinya ada perbedaan rata – rata waktu proses sebelum dan sesudah eksperimen.

Jadi hasil eksperimen proses pemaletan benang pakan dengan variabel respon berat benang dan waktu proses dinyatakan valid artinya berat benang dan waktu proses sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

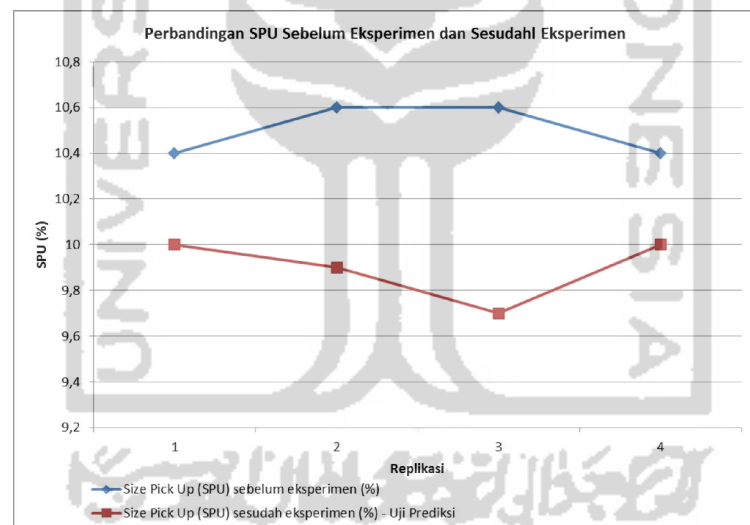
## 5.4. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen

### 5.4.1. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen Proses Penganjian Benang Lusi

Grafik perbandingan sebelum dan sesudah eksperimen proses penganjian benang dapat dilihat dibawah ini :



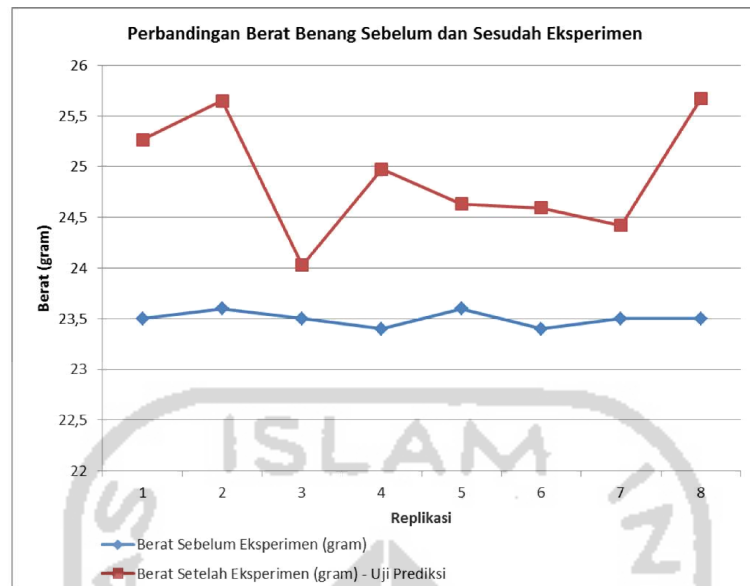
Gambar 5.1. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen



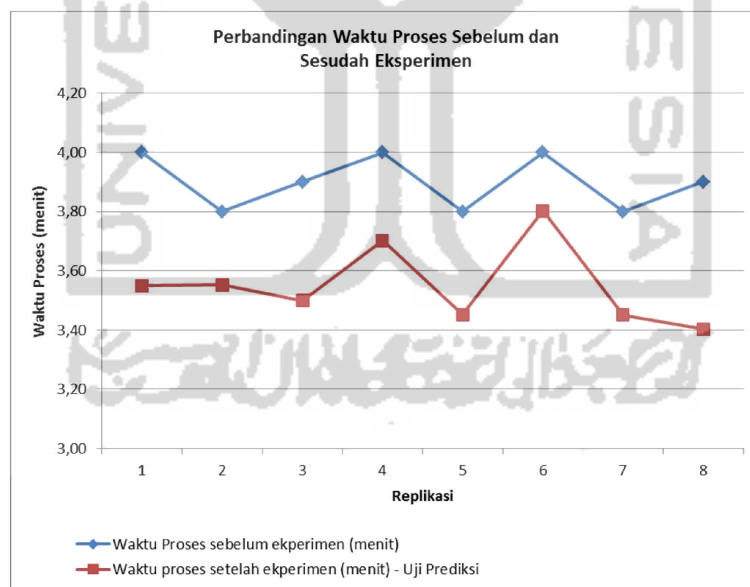
Gambar 5.2. Grafik Perbandingan Size Pick Up (SPU) Sebelum dan Sesudah Eksperimen

#### 5.4.2. Perbandingan Kondisi Awal dengan Hasil Eksperimen Proses Pemaletan Benang Pakan

Grafik perbandingan sebelum dan sesudah eksperimen proses pemaletan benang pakan dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 5.3. Grafik Perbandingan Berat Benang Sebelum dan Sesudah Eksperimen



Gambar 5.4. Grafik Perbandingan Waktu Proses Sebelum dan Sesudah Eksperimen

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1.a. Pada proses penganjian benang lusi berdasarkan nilai MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum yaitu konsentrasi larutan kanji = 16 %, suhu larutan kanji pada bak kanji = 80°C, kedalaman rol perendam = 1/4 rol perendam, tekanan rol pemeras = 0,4 mpa, kecepatan penarikan benang = 35 meter/menit, suhu silinder pengering = 120°C dan tegangan benang = 1 cN dengan nilai MRSN 1,76.
- b. Pada proses pemaletan benang pakan berdasarkan nilai MRSN diperoleh kombinasi level faktor yang menghasilkan respon optimum yaitu diameter gulungan benang = 27 mm, kecepatan spindel = 4500 rpm dan tegangan benang = 15 cN dengan nilai MRSN 1,02.
- 2.a. Pada proses penganjian benang lusi berdasarkan respon optimum diperoleh nilai kekuatan tarik benang yang semula rata-rata 240 cN menjadi rata-rata 267 cN (naik 27 cN) dan Size Pick Up (SPU) yang semula rata-rata 10,5% menjadi rata-rata 9,9% (turun 0,6%).
- b. Pada proses pemaletan benang pakan berdasarkan respon optimum diperoleh nilai berat benang yang semula rata-rata 23,50 gram menjadi rata-rata 24,90

gram (naik 1,4 gram) dan menurunkan waktu proses yang semula rata-rata 3,90 menit menjadi rata-rata 3,55 menit (turun 0,35 menit).

- 3.a. Pada proses penganjian benang lusi berdasarkan respon optimum diperoleh *quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar  $Rp6.919 - Rp5.733 = Rp1.183/kg$  atau  $Rp35.245.548/$  bulan atau  $Rp422.946.576/$  tahun atau 17% dari biaya proses sebelum eksperimen.
- b. Pada proses pemaletan benang pakan berdasarkan respon optimum diperoleh *quality loss* level optimum yang dihasilkan dapat menghemat sebesar  $Rp149.857 - Rp126.425 = Rp23.432/kg$  atau  $Rp35.429.184/$  bulan atau  $Rp425.150.208/$  tahun atau 16% dari biaya proses sebelum eksperimen.
- 4.a. Pada proses penganjian benang lusi dari uji beda diperoleh  $-t_{tabel} = 2,447$ ,  $t_{hitung}$  kekuatan tarik benang =  $-3,122$  maka  $-t_{tabel} > t_{hitung}$ ,  $-2,447 > -3,122$  sedangkan  $t_{hitung}$  *Size Pick Up* (SPU) =  $6,290$  maka  $t_{hitung} > t_{tabel}$ ,  $6,290 > 2,447$ , jadi hasil eksperimen proses penganjian benang lusi dinyatakan valid artinya kekuatan tarik benang dan *Size Pick Up* (SPU) sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.
- b. Pada proses pemaletan benang pakan dari uji beda diperoleh  $-t_{tabel} = 2,145$ ,  $t_{hitung}$  berat benang =  $-6,630$  maka  $-t_{tabel} > t_{hitung}$ ,  $-2,145 > -6,630$  sedangkan  $t_{hitung}$  waktu proses =  $5,952$  maka  $t_{hitung} > t_{tabel}$ ,  $5,952 > 2,145$ , jadi hasil eksperimen proses pemaletan benang pakan dinyatakan valid artinya berat benang dan waktu proses sesudah eksperimen lebih baik dari sebelum eksperimen.

## 6.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada benang jenis kapas dan bernomor 40's maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan jenis benang atau nomor benang yang lain.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut pada proses persiapan pembuatan kain seperti proses pengelosan, proses penganian, proses penyambungan, proses pencucukan atau proses pertenunan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adanur, Sabit. (2001). *Handbook of Weaving*. CRC Press.
- Belavendram, N. (1995) *Quality By Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall International. New Jersey.
- Fernando, E.A. Sandun K. and Jayawardana, TSS (2015). *Development Of Mathematical Model To Select Best Technological Parameters In Sizing*, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), Vol. 2 Issue 6, June – 2015.
- Ghozali, Imam (2012). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 20*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Giarto (2009). *Pengetahuan Teknologi Pertenunan*, Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil, Bandung.
- Giyanto dan Juhara, Sutresna (2016). *Usaha Peningkatan Kekuatan Tarik Benang Dengan Metode Taguchi Pada Proses Penganjian Benang*, Universitas Islam Syekh Yusuf, Tangerang.
- Hwang, C. (1992) *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making ; Methods and Applications*. Springer Vetlag. New York.
- Kusumadewi, S. dkk. (2006) *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Moerdoko, Wibowo (1974). “Evaluasi Tekstil Bagian Fisika”, ITT, Bandung.
- Montgomery, D. (2001) *Introduction to Statistical Quality Control. 4th Edition*. New York. John Wiley & Sons, Inc.
- Peace, G. (1993) *Taguchi Method : A Hands-On Approach*. Addison–Wesley. Publishing Company.
- 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.
- Sabır, Emel Ceyhun & Sarpkaya, Çiğdem (2016). *Optimization of sizing parameters with taguchi method*, Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 41, March 2016, pp. 73-77, Turkey.
- SNI 08-0269-1989, “Cara uji kekuatan tarik benang kapas”, Badan Standarisasi nasional.



- Soeparli, Liek, et.al. (2004), *Teknologi Persiapan Pembuatan Kain*, ITT, Bandung.
- Soejanto, I. (2009) *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Sudjana. (1991) *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung. Tarsito.
- 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
- Wartiono, Totok dan Utami, Yuni (2016). *Optimasi Proses Sizing Dengan Metode Taguchi Multi Respon*, Akademi Teknologi Warga, Surakarta.
- Zaman, A.N. dan Afiatna, F.A.N.F. (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

**PT. LOKATEX**

Jl. Raya Pait Km. 10 Siwalan Babakan 1 Pait Kec. Siwalan  
Kab. Pekalongan Jawa Tengah  
51137

**SURAT KETERANGAN**

002/LKT/SK/IV/2020.  
No. ....

Yang bertanda tangan dibawah ini Pimpinan PT. Lokatex yang berlokasi di Pait Pekalongan menerangkan bahwa :

Nama : Moh. Zyahri  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Magister Teknik Industri  
NIM : 15916215

Telah melaksanakan penelitian dan pengambilan data untuk penyelesaian Tesis pada perusahaan Kami pada Tanggal 20 – 31 Januari 2020.

Demikian surat keterangan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pekalongan, 23 April 2020

Kabag. Personalia,

**PT. LOUKANAKATAMA TEKSTIL**  
JL. RAYA PAIT KM. 10 NO. 403  
TELP. (0285) 4416707 FAX. (0285) 4416717  
**PEKALONGAN**  
Rustamaji

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, 21 Februari 2020

Kepada :

**Moh. Zyahri**

di

Pekalongan

Dengan hormat,

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

**1. Kekuatan Tarik Benang (cN)**

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	275	290	260	280	276,3
2	Contoh Uji 2	240	260	240	250	247,5
3	Contoh Uji 3	260	275	275	280	272,5
4	Contoh Uji 4	245	240	245	230	240,0
5	Contoh Uji 5	305	310	300	295	302,5
6	Contoh Uji 6	260	265	270	240	258,8
7	Contoh Uji 7	260	255	295	290	275,0
8	Contoh Uji 8	255	245	265	250	253,8

**2. Size Pick Up (%)**

No.	Contoh Uji	1	2	3	4	Rata-rata
1	Contoh Uji 1	12,4	12,6	12,9	13,3	12,8
2	Contoh Uji 2	10,5	10,5	10,2	10,6	10,5
3	Contoh Uji 3	11,7	11,0	12,0	11,3	11,5
4	Contoh Uji 4	10,7	11,2	10,9	10,8	10,9
5	Contoh Uji 5	14,0	14,5	14,3	14,5	14,3
6	Contoh Uji 6	9,3	9,5	9,4	9,5	9,4
7	Contoh Uji 7	12,9	13,1	13,4	13,2	13,2
8	Contoh Uji 8	9,8	9,7	9,7	10,2	9,9

Demikian surat hasil uji dari kami.

Atas kerjasama dan kepercayaannya disampaikan terima kasih.

Hormat Kami,

Ka. Lab. Pengujian Tekstil

**LABORATORIUM PENGUJIAN TEKSTIL**  
SMK NEGERI 3 PEKALONGAN  
Jl. Perintis Kemerdekaan No 30 Pekalongan 51118  
Drs. Nurhayatno, M.Si

LAMPIRAN 3

**Laporan Wawancara dengan Kasie Persiapan Pertenunan**

**Hari/Tanggal** : Senin / 27 Januari 2020  
**Pukul** : 10:00 WIB  
**Tempat** : Persiapan Pertenunan PT Lokatex Pait Pekalongan  
**Narasumber (N)** : Bapak Tita Muazam, selaku Kepala Seksi Persiapan Pertenunan (*Weaving Preparation*)  
**Pewawancara (P)** : Moh. Zyahri  
**Tema Wawancara** : Proses Penganjian dan Proses Pemaletan

**Hasil Wawancara** :

P : Berapa biaya pemasakan larutan kanji dan digunakan untuk berapa berat benang ?

N : Untuk nomor benang 40's dan konsentrasi 12 % resepnya berikut ini :

No.	Bahan Kanji	Jml	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	SIZE SP	40	Kg	9.450	378.000
2.	PVA 17-99	15	Kg	11.500	172.500
3.	NOROIL	5	Kg	72.000	360.000
4.	MA	20	Kg	27.000	540.000
5.	AIR	400	liter		6.800
				Biaya Masak	1.457.300

N : Untuk nomor benang 40's dan konsentrasi 16 % resepnya berikut ini :

No.	Bahan Kanji	Jml	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	SIZE SP	40	Kg	9.450	378.000
2.	PVA 17-99	15	Kg	11.500	172.500
3.	NOROIL	5	Kg	72.000	360.000
4.	MA	20	Kg	27.000	540.000
5.	AIR	350	liter		5.950
				Biaya Masak	1.456.450

Selisih biaya konsentrasi 16 % dan 12 % adalah  $Rp1.456.450 - Rp1.455.600 = Rp850$

Dipilih yang 12 % untuk perhitungan *loss quality function* karena lebih tinggi.

Satu kali pemasakan larutan kanji dapat digunakan berat benang 330,2 kg.

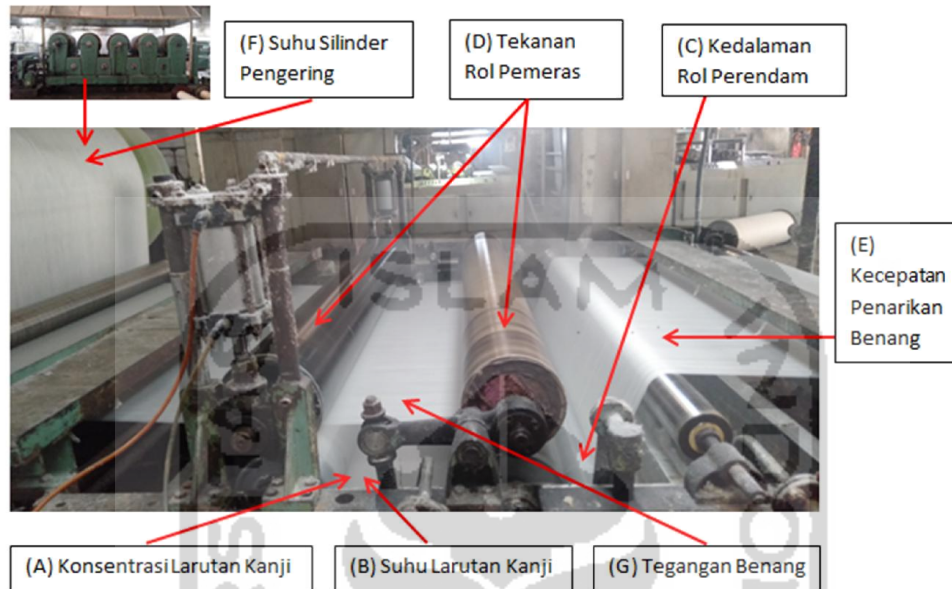
P : Berapa harga benang pada proses pemaletan ?

N : Harga benang *Cotton Ne<sub>1</sub> 40's* adalah  $Rp80.000/kg$



P : Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil proses penganjian benang lusi ?

N : Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil proses penganjian benang lusi sebagai berikut :



Gambar Faktor Kendali Proses Penganjian Benang Lusi

P : Apa input dan output proses penganjian benang lusi ?

N : Input dan output proses penganjian benang lusi sebagai berikut :



Gambar Gulungan Benang Lusi Sebelum dan Setelah Proses Penganjian

P : Apa spesifikasi mesin yang digunakan proses penganjian benang lusi ?

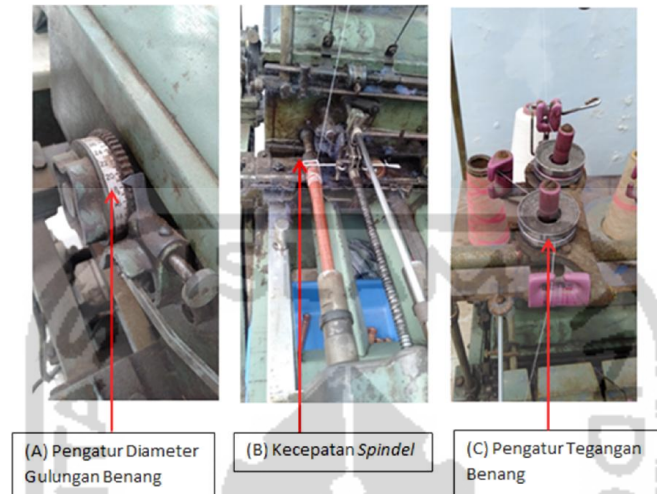
N : Spesifikasi mesin proses penganjian benang lusi sebagai berikut :

Spesifikasi Mesin Penganjian :

Merk mesin	= Sucker
Buatan	= Jerman
Kapasitas Beam Hani	= 12 buah
Jumlah Dyer	= 9 buah
Suhu Dyer	= 120° C - 125 ° C
Suhu Size Box	= 80° C - 90° C
Kecepatan Penggulungan	= 20-50 m/menit
Rata-rata produksi	= 330,2 Kg/shift

P : Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil proses pemaletan benang pakan ?

N : Faktor- faktor yang mempengaruhi kualitas hasil proses pemaletan benang pakan sebagai berikut :



Gambar Faktor Kendali Proses Penganjian Benang Lusi

P : Apa input dan output proses pemaletan benang pakan ?

N : Input dan output proses pemaletan benang pakan sebagai berikut :



Gambar Gulungan Benang Pakan Sebelum dan Setelah Proses Pemaletan

P : Apa spesifikasi mesin yang digunakan proses pemaletan benang pakan ?

N : Spesifikasi mesin proses pemaletan benang pakan sebagai berikut :

Spesifikasi Mesin Pemaletan :

Merk	= Hwa Sung Machinery
Buatan	= RRC
Tahun	= 1998
Kecepatan spindle	= 3.500-4500 putaran/menit
Kecepatan motor	= 1.200 putaran/menit
Jumlah spindle	= 20 spindle
Rata-rata produksi	= 16,8 Kg/shift

P : Bagaimana proses pembuatan kain mori ?

N : Gambaran proses pembuatan kain mori dengan mesin tenun teropong sebagai berikut :



Gambar Pembuatan Kain Mori dengan Mesin Tenun Teropong

P : Apa hasil jadi proses pembuatan kain mori ?

N : Gambaran hasil jadi proses pembuatan kain mori sebagai berikut :

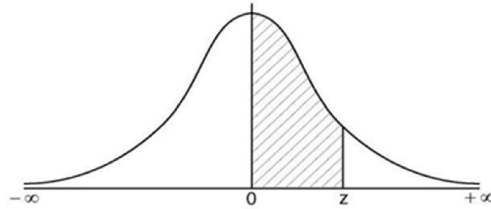


Gambar Hasil Jadi Kain Mori Mentah



LAMPIRAN 4

Area under the Standard Normal Density from 0 to z



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.5	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.7	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.8	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000



## LAMPIRAN 5

### 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 6

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 7

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 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	8.76	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 8

**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	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	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	2.328	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%

Confidence Level

