

**PENENTUAN *SETTING LEVEL* OPTIMAL LINGKUNGAN KERJA
FISIK UNTUK MENINGKATKAN OUTPUT PRODUKSI ROKOK
DENGAN METODE *TAGUCHI*
(Studi Kasus :PT. Bayi Kembar Malang)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DURRY DAROJATUL AULA

NIM. 0910670060 – 67

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENENTUAN *SETTING LEVEL* OPTIMAL LINGKUNGAN KERJA
FISIK UNTUK MENINGKATKAN OUTPUT PRODUKSI ROKOK
DENGAN METODE *TAGUCHI*
(Studi Kasus: PT. Bayi Kembar Malang)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**DURRY DAROJATUL AULA
NIM. 0910670060 – 67**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001**

**Rahmi Yuniarti, ST., MT.
NIP. 19840624 200812 2 004**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENENTUAN *SETTING LEVEL* OPTIMAL LINGKUNGAN KERJA
FISIK UNTUK MENINGKATKAN OUTPUT PRODUKSI ROKOK
DENGAN METODE *TAGUCHI*
(Studi Kasus: PT. Bayi Kembar Malang)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**DURRY DAROJATUL AULA
NIM. 0910670060 – 67**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 5 Juni 2013

Skripsi I

Skripsi II

Sugiono, ST., MT., Ph.D
NIP : 19780114 200501 1 001

Ir. Bambang Indrayadi, MT
NIP. 19600905 198701 1 001

Komprehensif

Arif Rahman, ST., MT.
NIP. 19740528 200801 1 010

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Industri

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 11 Juni 2013
Mahasiswa,

Durry Darojatul Aula
NIM. 0910670060

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Penentuan *Setting Level Optimal Lingkungan Kerja Fisik untuk Meningkatkan Output Produksi Rokok dengan Metode Taguchi***”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri sekaligus Dosen Pembimbing I atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberi motivasi, arahan dan ilmu yang sangat berharga.
2. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan saran-saran yang sangat membantu bagi penulis dalam memperbaiki isi tugas akhir.
3. Bapak Arif Rahman, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Industri atas kesabaran dan ilmu yang diberikan.
4. Ibu Dra. Murti Astuti, MSIE dan Bapak Ishardita Pambudi Tama ST., MT., Ph.D selaku Dosen KKDK Rekayasa Sistem Industri atas kesabaran dalam membimbing penulis selama ini, terus menerus memberi motivasi, serta ilmu dan saran-saran yang sangat berharga.
5. Bapak Ir. Mochamad Choiri., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen pengamat Seminar Proposal dan Seminar Hasil atas kesabaran dalam membimbing penulis selama masa studi dan saran-saran yang diberikan.
6. Bapak Remba Yanuar E, ST., MT. selaku dosen pengamat Seminar Proposal dan Seminar Hasil atas saran yang diberikan dan ilmu yang diberikan.
7. Bapak Sugiono, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Penguji Skripsi I atas saran-saran yang diberikan untuk perbaikan skripsi ini.
8. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT., selaku dosen Penguji Skripsi II atas ilmu yang telah diberikan.
9. Bapak Ir. Masduki MM, selaku dosen Penguji Komprehensif atas saran yang diberikan dan ilmu yang diberikan.

10. Rekan – rekan PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang, Bapak Rizky Thamrin., ST dan Sobiron Kurniawan ST., atas seluruh waktu yang diluangkan, arahan dan bantuan yang sangat banyak sehingga penulis dapat dengan lancar menyelesaikan skripsi.
11. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen pengajar di Program Studi Teknik Industri dan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
12. Seluruh Bapak dan Ibu karyawan di Program Studi Teknik Industri khususnya bagian *recording* yang telah banyak membantu dalam proses administrasi selama masa studi.
13. Orang tua tercinta, Bapak Ali Achmadi dan Ibu Anis Sa'odah atas kasih sayang dan kepercayaan yang tak terbatas, dukungan moral dan materiil, serta saran-saran, demi tercapainya hasil studi yang terbaik bagi penulis.
14. Saudara-saudaraku tercinta, Riza Albait Bayhaki, Fatna Kanzun Istaorodha, Alyanis Desi Rahmawati, Ana Dhaoud Daroin, dan Ahmad Yahya Zubet, atas kasih sayang dan dukungan yang diberikan
15. Avidian Firgin Margariawan atas dukungan moral, doa, serta saran –saran demi tercapainya hasil studi yang terbaik bagi penulis.
13. Andini Irma Dewi, Giati Anisah, Imroatul Mufida, Lailiyah Khoirun Novia, Dian Andriilia, Dewi Rahayu N, Chandra Prasetya, Firdanis Setyaning Handika, Riga Pamungkah Nugraheni dan David Eriyanto sahabat terbaik yang terus memberi doa, dukungan moral dan motivasi.
- 13, Seluruh saudaraku di Teknik Industri angkatan 2009 atas doa, dukungan moral dan motivasi yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih sempurna. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi setiap orang yang membacanya.

Malang, Juni 2013

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Batasan Masalah	4
1.7 Asumsi	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Lingkungan Kerja	7
2.3 Metode Taguchi	12
2.4 Orthogonal Array.....	15
2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas.....	17
2.6 Klasifikasi Faktor.....	18
2.7 Signal to Noise Ratio (SNR).....	19
2.8 Interval Kepercayaan	20
2.9 Percobaan Konfirmasi.....	21
2.10 Fungsi Kerugian Kualitas (Quality Loss Function).....	22
2.11 Analysis of Variance (ANOVA).....	23



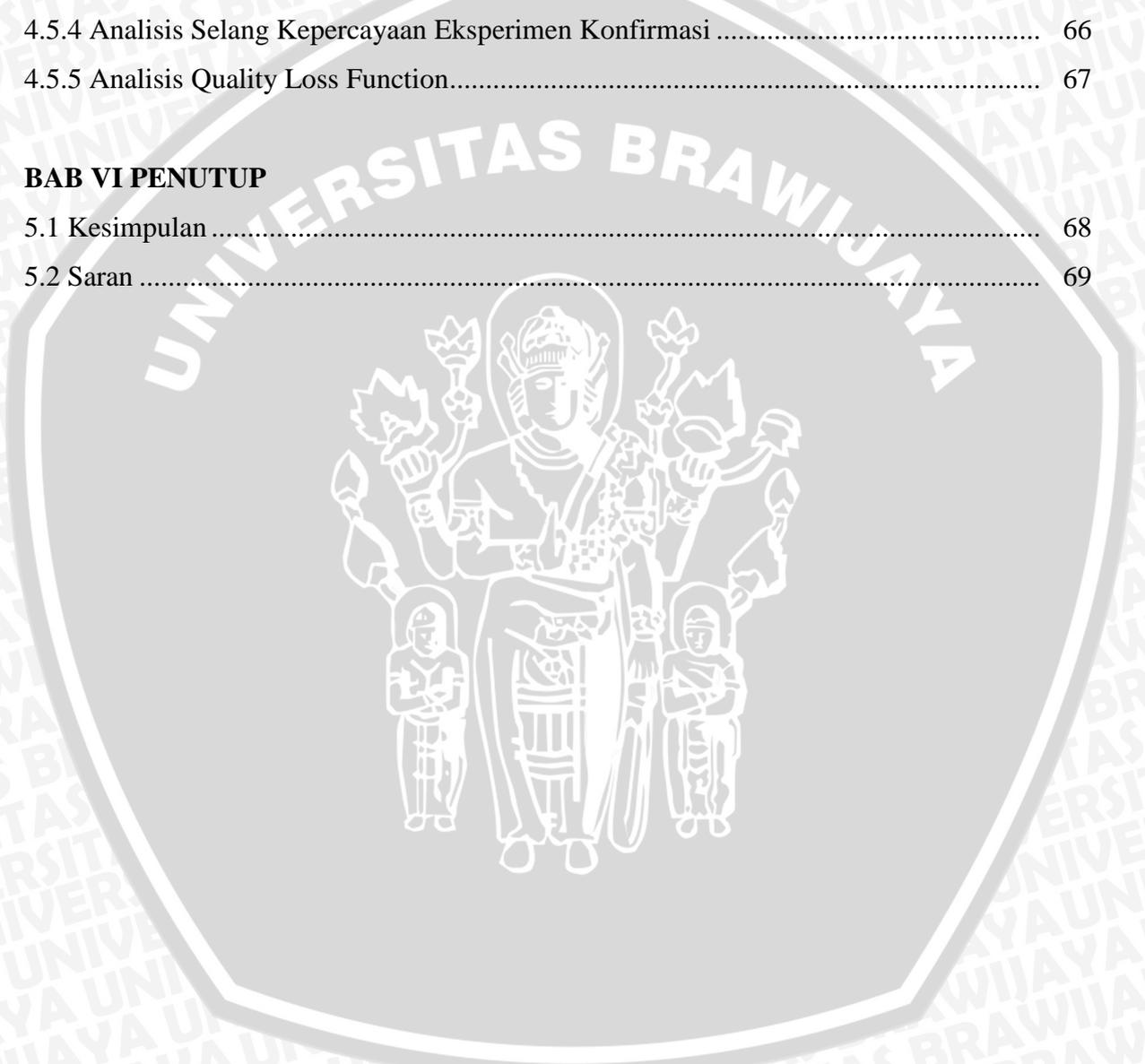
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	26
3.2	Tempat dan Waktu	26
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	26
3.4	Sumber Data.....	27
3.5	Alat dan Bahan.....	27
3.6	Rancangan Eksperimen.....	28
3.7	Langkah Penelitian.....	28
3.8	Diagram Alir Penelitian	32

BAB IV PENGOLAHAN DATA

4.1	Profil Perusahaan	33
4.1.1	Tujuan Perusahaan.....	34
4.1.1.1	Tujuan Jangka Pendek	34
4.1.1.2	Tujuan Jangka Panjang	34
4.1.2	Struktur Organisasi	35
4.1.3	Fasilitas Produksi.....	35
4.2	Perencanaan Eksperimen	37
4.2.1	Penetapan Karakteristik Kualitas.....	37
4.2.2	Penetapan Faktor Berpengaruh.....	37
4.2.3	Penetapan Level Faktor	40
4.2.4	Penetapan Orthogonal Array	41
4.2.5	Pelaksanaan Eksperimen.....	42
4.2.6	Pengujian Output Produksi dengan Eksperimen Taguchi	43
4.3	Analisis Hasil Eksperimen.....	43
4.3.1	Pengolahan Data Hasil Eksperimen.....	43
4.3.1.1	Perhitungan Nilai Rata-rata dan Nilai SNR.....	44
4.3.1.2	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-rata	46
4.3.1.3	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> Nilai <i>Signal to Noise Ratio</i>	52
4.3.2	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal.....	56
4.3.3	Perkiraan Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan.....	57
4.4	Tahap Validasi	59

4.4.1	Ekspirimen Konfirmasi	59
4.4.1.1	Analisa Selang Kepercayaan Ekspirimen Konfirmasi	61
4.4.2	Perhitungan Quality Loss Function	64
4.5	Pembahasan	65
4.5.1	Perhitungan Analysis of Variance Nilai Rata-Rata	65
4.5.2	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> Nilai <i>Signal to Noise Ratio</i>	65
4.5.3	Perkiraan Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan.....	66
4.5.4	Analisis Selang Kepercayaan Ekspirimen Konfirmasi	66
4.5.5	Analisis Quality Loss Function.....	67
 BAB VI PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Bayi Kembar	35
Gambar 4.2 Grafik Pareto Hasil Rekap Kuisiner	38
Gambar 4.3 Warna meja pelintingan PT Bayi Kembar	38
Gambar 4.4 Ilustrasi jarak antar operator meja pelintingan PT Bayi Kembar	39
Gambar 4.5 Ilustrasi jarak antar operator meja pelintingan PT Bayi Kembar	40
Gambar 4.6 Response Graph Rata-rata Hasil Eksperimen Taguchi	48
Gambar 4.7 <i>Response graph</i> nilai SNR	53
Gambar 4.8 Ilustrasi Operator di meja pelintingan PT Bayi Kembar keadaan Optimal	56
Gambar 4.9 Perbandingan Selang Kepercayaan Untuk Nilai Rata-Rata	63
Gambar 4.10 Perbandingan Selang Kepercayaan Untuk Nilai SNR	63



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Output produksi proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar	2
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian ini dan Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Kebutuhan Iluminasi Berdasarkan Aktivitas Visual.....	9
Tabel 2.3 Reflektan sebagai presentase cahaya	11
Tabel 2.4 Tabel <i>Orthogonal Array</i>	17
Tabel 2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas	18
Tabel 2.6 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Eksperimen Metode Taguci	22
Tabel 2.7 Respon faktor	24
Tabel 3.1 Contoh Tabel Rancangan Eksperimen.....	28
Tabel 4.1 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan PT Bayi Kembar	36
Tabel 4.2 Fasilitas Produksi pada PT Bayi Kembar	36
Tabel 4.3Faktor-Faktor Lingkungan Kerja Fisik yang Mempengaruhi Besar Output Produksi.....	37
Tabel 4.4 Penetapan Level Faktor yang Berpengaruh.....	41
Tabel 4.5 Perhitungan <i>Degree of Freedom</i>	42
Tabel 4.6 <i>Orthogonal Array</i> $L_9(3^4)$	42
Tabel 4.7 Hasil Output produksi Eksperimen Taguchi.....	43
Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai rata-rata dan nilai SNR.....	46
Tabel 4.9 Tabel Respon Nilai Rata-rata	47
Tabel 4.10 <i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-rata Sebelum <i>Pooling</i>	50
Tabel 4.11 <i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-rata Setelah <i>Pooling</i>	51
Tabel 4.12 <i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-rata Setelah <i>Pooling</i>	51
Tabel 4.13 Tabel Respon untuk Nilai SNR	53
Tabel 4.14 <i>Analysis of Variance</i> Nilai SNR Setelah <i>Pooling</i>	55
Tabel 4.15 Tabel Penentuan <i>Setting Level</i>	56
Tabel 4.16 Hasil Output Produksi Eksperimen Konfirmasi	56
Tabel 4.16 Nilai rata-rata dan Standar Deviasi untuk perhitungan <i>Quality Loss</i> Function	60



Tabel 4.17 Nilai Rata-Rata Standar Deviasi untuk Perhitungan Quality

Loss Function..... 64

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Quality Loss Function..... 65



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Kuisisioner	70
Lampiran 2	Data Responden Penyebaran Kuisisioner Lingkungan Kerja Fisik	71



RINGKASAN

Durry Darojatul Aula, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2013. *Penentuan Setting level Optimal Lingkungan Kerja Fisik untuk Meningkatkan Output Produksi Rokok dengan Metode Taguchi (Studi Kasus di PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang)*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto, dan Rahmi Yuniarti.

Lingkungan kerja fisik adalah salah satu parameter utama yang mempengaruhi output produksi yang dihasilkan pada departemen pelintingan Sigaret Kretek Tangan (SKT) di PT Bayi Kembar. Selama ini perusahaan berupaya untuk meningkatkan output produksi SKT agar mampu memenuhi target yang ditetapkan oleh perusahaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, dengan metode Taguchi eksperimen yang dilakukan terhadap faktor-faktor lingkungan kerja fisik yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan *setting level* faktor optimal sehingga output produksi yang dihasilkan di departemen pelintingan PT Bayi Kembar dapat ditingkatkan.

Penelitian ini menerapkan langkah-langkah metode eksperimen Taguchi dengan karakteristik kualitas adalah jumlah output produksi Sigaret Kretek Tangan (SKT) dengan satuan batang. Faktor yang diduga berpengaruh terhadap output produksi SKT (batang) adalah warna meja, jarak antar operator, ukuran ruang kerja dan privasi. Matrik *ortogonal array* yang digunakan adalah $L_9(3^4)$ dengan 3 kali replikasi. Pengolahan data menggunakan dua analisis variansi (Anova) untuk menentukan *setting level* optimal, terdiri dari *analysis of mean* dan *analysis of signal to noise ratio* (SNR), kemudian dilakukan eksperimen konfirmasi untuk menguji nilai prediksi *setting level* faktor pada kondisi optimal.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa semua faktor yaitu warna meja, jarak antar operator, ukuran ruang kerja dan privasi berpengaruh signifikan terhadap output produksi SKT, namun faktor ukuran ruang kerja dan privasi memiliki pengaruh yang paling kecil dibanding dengan faktor warna meja dan jarak antar operator. *Setting level* optimalnya yaitu warna meja (putih), jarak antar operator (70), ukuran ruang kerja (pengaruh suara aktivitas dengan volume kecil), privasi (sekat disamping operator dan diantara operator yang berhadapan). Hasil eksperimen konfirmasi didapatkan nilai rata-rata 42394,21 batang. Perhitungan selang kepercayaan diperoleh bahwa *setting level* optimal dapat diterima. Hasil perhitungan *quality loss function* untuk perusahaan pada kondisi sebenarnya sebesar Rp. 0,003429,00 dan nilai *quality loss function* untuk kondisi optimal sebesar Rp. 0,002758 sehingga penghematan perusahaan sebesar Rp. 0,000671,00/batang.

Kata Kunci :Lingkungan Kerja Fisik, Output Produksi (batang), Metode Taguchi, Sigaret Kretek Tangan

SUMMARY

Durry Darojatul Aula , Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, May 2013. *Determination of Optimal level Setting Physical Working Environment to Increase Output Cigarette Production by Taguchi Method (Case Study at PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang)*, Academic Supervisor: Nasir Widha Setyanto, and Rahmi Yuniarti.

Physical work environment is one of the main parameters that affect the output generated in the production department of Clove Cigarettes Hand (SKT) in PT Bayi Kembar. So far, the company seeks to increase production output to be able to meet the target SKT set by the company. Based on these problems, the method of Taguchi experiments conducted on the factors that influence the physical work environment is expected to result in optimal factor level settings so that production output obtained in the PT Bayi Kembar can be improved.

This research applies the Taguchi experimental method with the characteristic that quality is amount of output production Clove Cigarettes Hand (SKT) with unit rod based on the results of experiments in PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang. Factor which affect the production output SKT (rod) the color of the table, the distance between the operator, the size of the work space and privacy. Matrix *orthogonal array* used is L9 (34) with 3 times replication. Processing data used two variance analyses (ANOVA) to determine the optimal level setting, consisting of *analysis of the mean* and *analysis of signal to noise ratio* (SNR), and then conducted experiments to test the predictive value of the confirmation setting factor levels at optimal conditions.

Data processing results showed that all factors significantly influence SKT production output, but the size factor and privacy workspace has a small effect compared with the color factor table and the distance between operators. The *optimal setting* level is the color table (white), the distance between the operator (70), the size of the work space (sound effect of activity with small volume), privacy (bulkhead next to and between operators in front of). The experimental results obtained confirm the average value of 42394.21 rod. Calculation of confidence intervals is obtained that the *optimal setting* level is acceptable. Calculation results for the company's *quality loss function* on the actual condition of Rp. 0,003429,00 and *quality loss function* value for the optimal conditions of Rp. 0.002758 so the savings of Rp. 0,000671,00 / rod.

Keywords: Physical Work Environment, Production Output (rod), Taguchi Methods, Clove Hand Cigarettes

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian di PT. Bayi Kembar, serta tujuan dan manfaat yang ingin dicapai penulis. Agar penelitian yang dilakukan lebih terfokus maka ditentukan pula batasan serta asumsi yang digunakan dalam penelitian kali ini.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia saat ini khususnya industri rokok semakin berkembang dan maju. Hal tersebut dapat dilihat dari semakin banyaknya perusahaan rokok nasional yang bermunculan. Perusahaan-perusahaan tersebut harus memiliki keunggulan dalam kinerjanya sehingga dapat bersaing dengan perusahaan lain yang telah memiliki sepak terjang yang lebih tinggi.

Majunya industri rokok di Indonesia tidak lepas dari performa atau kondisi dari perusahaan rokok itu sendiri. Efektivitas dan efisiensi merupakan hal yang sangat penting dan mempengaruhi kondisi perusahaan. Baik buruknya performansi dan pencapaian target oleh perusahaan dapat dilihat dari tingkat efektivitas dan efisiensi sistem perusahaan. Tinggi rendahnya performansi dapat dilihat dari kedua hal tersebut. Sukses tidaknya sebuah perusahaan mencapai semua yang ditargetkan tidak hanya tergantung pada material, namun juga kesiapan dan kesigapan sumber daya manusianya dalam mengolah permintaan. Setiap perusahaan mutlak membutuhkan sumber daya manusia, dalam hal ini operator, yang selalu sigap dan tanggap dengan semua kondisi proses produksi.

PT Bayi Kembar merupakan perusahaan swasta yang memproduksi rokok. Salah satu produknya adalah rokok sigaret kretek tangan (SKT) yang proses pelintingannya dilakukan secara manual. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah output produksi harian yang dihasilkan operator, sering kali tidak memenuhi target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 1.000.000 batang. Selama ini perusahaan hanya bisa memenuhi 80% dari target produksi dengan jumlah cacat $\pm 5\%$ dari output produksi. Berikut ini adalah output produksi yang dihasilkan pada proses pelintingan Sigaret Kretek Tangan (SKT) PT. Bayi Kembar pada bulan September 2012 yang disajikan dalam Tabel 1.1

Tabel 1.1 Output produksi proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar

No	Tanggal	Output Produksi (batang)
1	1 September 2012	796.500
2	3 September 2012	797.400
3	4 September 2012	799.900
4	5 September 2012	800.500
5	6 September 2012	801.700
6	7 September 2012	799.700
7	8 September 2012	800.400
8	10 September 2012	802.200
9	11 September 2012	801.900
10	12 September 2012	800.600
11	13 September 2012	801.400
12	14 September 2012	799.800
13	15 September 2012	803.200
14	17 September 2012	800.300
15	18 September 2012	804.000
16	19 September 2012	799.700
17	20 September 2012	800.100
18	21 September 2012	803.000
19	22 September 2012	799.700
20	24 September 2012	800.500
21	25 September 2012	803.000
22	26 September 2012	802.900
23	27 September 2012	799.800
24	28 September 2012	800.300
25	29 September 2012	801.700

Sumber : PT. Bayi Kembar (2012)

Tabel 1.1 diatas, menjelaskan output yang dihasilkan oleh departemen pelintingan PT Bayi Kembar pada bulan September 2012 masih belum memenuhi target perusahaan sebesar 1.000.000 batang setiap hari. Berdasarkan hasil studi lapangan bahwa output produksi yang tidak sesuai dipengaruhi oleh kondisi lingkungan kerja fisik yang menyebabkan adanya perbedaan kecepatan operator. Menurut Anggraeni (2011) lingkungan kerja fisik karyawan mempunyai pengaruh yang cukup kuat dan positif terhadap produktivitas karyawan. Pengaturan lingkungan kerja fisik berdasarkan kombinasi yang tepat dapat meningkatkan performa operator dan meningkatkan kecepatan kerja di departemen pelintingan PT Bayi Kembar. Analisa mengenai faktor – faktor lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi kecepatan operator diperlukan untuk mengetahui faktor- faktor yang mempengaruhi kecepatan kerja operator. Oleh karena itu melalui metode Taguchi, eksperimen yang dilakukan terhadap faktor-faktor lingkungan kerja fisik yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan *setting level* faktor optimal sehingga output produksi yang dihasilkan di departemen pelintingan PT Bayi Kembar dapat di tingkatkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Output produksi yang dihasilkan oleh PT. Bayi Kembar belum sesuai dengan target yang ditetapkan oleh PT. Bayi Kembar karena adanya perbedaan kecepatan kerja operator dalam proses pelintingan pembuatan SKT yang disebabkan oleh lingkungan kerja fisik di PT. Bayi Kembar.
2. Belum terdapat analisis mengenai faktor lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi kecepatan kinerja operator pembuatan SKT pada PT. Bayi Kembar.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi permasalahan yang ada, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor lingkungan kerja fisik apa saja yang mempengaruhi output kerja operator pada proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar?
2. Bagaimana menentukan *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap output operator pada proses pelintingan SKT?
3. Berapa fungsi kerugian yang disumbangkan oleh faktor-faktor yang berpengaruh?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor – faktor yang berpengaruh terhadap output operator proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar.
2. Menentukan *setting level* terbaik dari faktor – faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan kerja operator proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar.
3. Menentukan kerugian yang disumbangkan oleh faktor – faktor yang berpengaruh.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penyusunan skripsi ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja operator pada proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar.
2. Meminimalisir kerugian yang disumbangkan oleh faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar.

3. Mengetahui setting level terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan kerja operator proses pelintingan SKT PT. Bayi Kembar sehingga output produksi dapat berjalan sesuai target perusahaan.

1.6 Batasan Masalah

Untuk memperoleh analisis yang baik maka pembahasan yang akan dianalisis hanya terbatas pada masalah sebagai berikut:

1. Karakteristik output produksi yang dituju adalah *larger the better*.
2. Dalam penelitian ini hanya akan menggunakan faktor berpengaruh terkendali.
3. Harga bahan baku rokok mengikuti harga yang digunakan oleh perusahaan.
4. Output produksi yang diteliti adalah pelintingan sigaret kretek tangan

1.2 Asumsi

Dalam penyusunan skripsi ini digunakan asumsi sebagai berikut:

1. Sistem produksi berjalan normal dan operator dalam keadaan normal.
2. Peralatan-peralatan yang digunakan dalam proses produksi tersedia dan dalam keadaan baik.
3. Sampel uji (operator) mewakili keadaan sebenarnya di perusahaan.
4. Kualitas performansi operator pelintingan dianggap sama.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai referensi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tri (2011) dalam skripsinya yang membahas tentang analisis pengaruh faktor lingkungan fisik dan non fisik terhadap stress kerja . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan fisik dan non fisik secara simultan dan parsial terhadap stress kerja karyawan serta mengetahui pengaruh yang dominan terhadap stress kerja karyawan di PT. Indo Bali. Teknis analisis yang dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linear berganda, korelasi dan determinasi, dilanjutkan pada uji asumsi klasik, uji F dan uji t. Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan bahwa lingkungan kerja fisik berpengaruh positif dan signifikan terhadap stress kerja karyawan. Besarnya kontribusi atau pengaruh lingkungan fisik dan non fisik secara simultan terhadap stress kerja karyawan di PT. Indo Bali termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 65,75% sedangkan 34,3% dipengaruhi oleh faktor – faktor lain.
2. Putri (2011) dalam skripsinya yang dalam skripsinya yang membahas pengaruh lingkungan kerja fisik terhadap produktivitas kerja karyawan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan kerja fisik terhadap produktivitas Kerja Karyawan. Teknis Analisis yang digunakan adalah analisis kualitatif, analisis kuantitatif, analisis statistik, analisis *rank* korelasi spearman dan analisis *t- test*. Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa besarnya korelasi antara lingkungan kerja fisik karyawan dengan produktivitas kerja karyawan adalah 0,97. Ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan kerja fisik mempunyai pengaruh yang kuat dan positif terhadap produktivitas karyawan. Dari perhitungan determinasinya yang dihasilkan sebesar 94,1%, ini berarti bahwa faktor lingkungan kerja fisik karyawan mempunyai pengaruh sebesar 94,1% terhadap produktivitas kerja

karyawan, sedangkan sisanya sebesar 5,9% disebabkan oleh faktor lain yang tidak diperhitungkan.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian ini dan Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Penelitian		
	Tri Susilo (2011)	Putri Anggreni (2011)	Penelitian ini
Judul Penelitian	Analisis Pengaruh Faktor Lingkungan Fisik dan Non Fisik Terhadap Stress Kerja Pada PT. Indo Bali di Kecamatan Nrgara, Kabupaten Jimbaran, Bali	Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada Perusahaan Brem Bali Firma Udiyana di Sanur, Denpasar	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal Lingkungan Kerja Fisik yang mempengaruhi Output Produksi yang dihasilkan Pada Proses Pelintingan Sigaret Kretek Tangan dengan Menggunakan Metode Taguchi
Objek Penelitian	Karyawan	Karyawan	Karyawan
Parameter yang diamati	Stress Kerja Karyawan	Produktivitas Kerja Karyawan	Output Produksi
Analisis Statistik Hasil Penelitian	Analisis regresi linear berganda, korelasi dan determinasi	Analisis kualitatif, analisis kuantitatif, analisis statistik, analisis <i>rank</i> korelasi spearman dan analisis <i>t- test</i>	Anova untuk rata-rata dan SNR, uji hipotesis dua rata-rata

Pada penelitian ini digunakan metode rekayasa kualitas Taguchi untuk menentukan *setting level* faktor yang berpengaruh terhadap output produksi. Hasil eksperimen yang dilakukan dianalisis berdasarkan rata-rata dan *signal to noise ratio*, *setting level* faktor yang optimal yang didapat apabila diterapkan pada proses yang sebenarnya diharapkan dapat meningkatkan output produksi yang dihasilkan pada proses pelintingan.

2.2 Lingkungan Kerja

Pengertian lingkungan kerja memiliki beberapa definisi yang dikemukakan oleh para pakar diantaranya dikemukakan oleh Saydam (2000) yang mendefinisikan lingkungan kerja sebagai keseluruhan sarana kerja yang ada disekitar karyawan yang sedang melaksanakan pekerjaan yang dapat mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan itu sendiri.

Menurut Wignjosoebroto (1995) Faktor eksternal merupakan segala faktor yang bukan berasal dari dalam operator dan dapat mempengaruhi kinerja dari operator tersebut. Faktor – faktor tersebut antara lain :

1. Temperatur

Tubuh manusia akan selalu berusaha mempertahankan keadaan normal dengan suatu sistem tubuh yang sempurna sehingga dapat menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan yang terjadi di luar tubuh. Tetapi kemampuan untuk menyesuaikan dirinya dengan temperatur luar adalah jika perubahan temperatur luar tubuh tersebut tidak melebihi 20% untuk kondisi panas, dan 35% untuk kondisi dingin.

Berbagai tingkat temperatur akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda seperti berikut :

$\pm 49^{\circ}\text{C}$: temperatur yang dapat ditahan sekitar 1 jam, tapi jauh diatas tingkat kemampuan fisik dan mental.

$\pm 30^{\circ}\text{C}$: aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan. Timbul kelelahan fisik.

$\pm 24^{\circ}\text{C}$: kondisi optimum.

$\pm 10^{\circ}\text{C}$: kelakuan fisik yang ekstrem mulai muncul.

Dari suatu penelitian dapat diperoleh hasil bahwa produktivitas kerja manusia akan mencapai tingkat paling tinggi pada temperatur sekitar 24°C - 27°C . Secara lebih

rinci gangguan kesehatan akibat pemaparan suhu lingkungan panas yang berlebihan dapat dijelaskan sebagai berikut (Kroemer-Elbert, 1994):

- a. Gangguan perilaku dan performansi kerja seperti, terjadinya kelelahan, sering melakukan istirahat curian dll.
- b. Dehidrasi adalah suatu kehilangan cairan tubuh yang berlebihan yang disebabkan baik oleh penggantian cairan yang tidak cukup maupun karena gangguan kesehatan. Pada kehilangan cairan tubuh $< 1,5\%$ gejalanya tidak nampak, kelelahan muncul lebih awal dan mulut mulai kering.
- c. *Heat Rash* adalah keadaan seperti biang keringat atau keringat buntat, gatal kulit akibat kondisi kulit terus basah. Pada kondisi demikian pekerja perlu beristirahat pada tempat yang lebih sejuk dan menggunakan bedak penghilang keringat.
- d. *Heat Cramps* merupakan kejang-kejang otot tubuh (tangan dan kaki) akibat keluarnya keringat yang menyebabkan hilangnya garam natrium dari tubuh yang kemungkinan besar disebabkan karena minum terlalu banyak dengan sedikit garam natrium.
- e. *Head Syncope* atau *Fainting* adalah suatu keadaan yang disebabkan karena aliran darah ke otak tidak cukup karena sebagian besar aliran darah dibawa ke permukaan kulit atau perifer yang disebabkan karena pemaparan suhu tinggi.
- f. *Heat Exhaustion* adalah suatu keadaan yang terjadi apabila tubuh kehilangan terlalu banyak cairan dan atau kehilangan garam. Gejalanya mulut kering, sangat haus, lemah, dan sangat lelah.

2. Kelembaban (*humidity*)

Kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara (dinyatakan dalam %). Kelembaban ini sangat berhubungan atau dipengaruhi oleh temperatur udaranya. Suatu keadaan dimana udara sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran (karena sistem penguapan). Pengaruh lainnya adalah semakin cepatnya denyut jantung karena makin aktifnya peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen.

3. Sirkulasi udara (*ventilation*)

Oksigen merupakan gas yang dibutuhkan makhluk hidup terutama untuk menjaga kelangsungan hidupnya (proses metabolisme). Udara dikatakan kotor apabila kadar oksigen dalam udara tersebut telah berkurang dan terus bercampur dengan gas-gas atau bau-bauan yang berbahaya bagi kesehatan tubuh. Kotornya udara di sekitar kita

dapat dirasakan dengan sesaknya pernafasan kita, dan hal ini tidak boleh dibiarkan berlangsung terlalu lama, karena mempengaruhi kesehatan tubuh dan mempercepat proses kelelahan.

4. Pencahayaan (*lighting*)

Fungsi dari pencahayaan yaitu mempermudah dalam melihat dan mempermudah dalam membedakan warna, sehingga pekerja dapat memanfaatkan kemudahan dalam melihat ini untuk meningkatkan output (dengan catatan operator juga memiliki motivasi dan kemampuan).

Kemampuan mata untuk melihat obyek dengan jelas akan ditentukan oleh ukuran obyek, derajat kontras antara obyek dengan sekelilingnya, luminasi (*brightness*) serta lamanya waktu untuk melihat obyek tersebut. Untuk menghindari silau (*glare*) karena letak dari sumber cahaya yang kurang tepat, maka sebaiknya mata tidak secara langsung menerima cahaya dari sumbernya, akan tetapi cahaya tersebut harus mengenai obyek yang akan dilihat yang kemudian dipantulkan oleh obyek tersebut ke mata.

Standar penerangan di Indonesia telah ditetapkan seperti dalam Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No. 7 Tahun 1964 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kebutuhan Iluminasi Berdasarkan Aktivitas Visual

No	Kerja Visual	Iluminasi (lux)
1	Penglihatan Biasa	100
2	Kerja Kasar dengan detail besar	200
3	Kerja umum dengan detail wajar	400
4	Kerja yang lumayan dengan detail kecil (studio, gambar, menjahit)	600
5	Kerja keras, lama, detail sangat kecil (perakitan barang halus, menjahit dengan tangan)	900
6	Kerja sangat keras, lama detail sangat kecil (pemotongan batu mulia, fisik halus, mengukur benda sangat kecil)	1300-2000
7	Kerja kuar biasa keras, detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrument kecil)	2000-3000

Sumber : Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No. 7 Tahun 1964

5. Kebisingan (*noise*)

Kemajuan teknologi ternyata banyak menimbulkan masalah-masalah seperti diantaranya yang dikatakan sebagai polusi. Salah satu bentuk dari polusi disini adalah kebisingan (*noise*) bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga kita, karena dalam jangka panjang bunyi-bunyian tersebut dapat mengganggu ketenangan kerja, merusak pendengaran, dan dapat menimbulkan kesalahan komunikasi. Masalah bising di tempat kerja, sudah diatur dalam peraturan yang mewajibkan berapa lama paparan bising berdasarkan intensitas keras bunyi yang dihasilkan diarea tersebut. seperti tercantum di KepMenaker 51/MEN/1999 tentang Batas Kebisingan Area Kerja yakni: Intensitas bunyi 85 dB (*decibel*) untuk waktu 8 jam, intensitas bunyi 88 dB untuk waktu 4 jam, intensitas bunyi 91dB untuk waktu 2 jam, intensitas bunyi 94 dB untuk waktu 1 jam, intensitas bunyi 97dB untuk waktu 30 menit, dan intensitas bunyi 100 dB untuk waktu 15 menit. Sebagai perbandingan, intensitas bunyi saat kita bercakap-cakap sebesar 40 dB, bunyi telepon berdering atau motor distarter sekitar 80 dB, bunyi truk sebesar 90 dB, pengeboran jalan sekitar 115 dB, bunyi pesawat jet take off sekitar 120-13 dB.

6. Bau-bauan

Adanya bau-bauan yang dalam hal ini juga dipertimbangkan sebagai polusi akan dapat mengganggu konsentrasi orang bekerja. Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kepekaan penciuman. Salah satu cara yang bisa digunakan untuk menghilangkan bau-bauan yang mengganggu di sekitar tempat kerja adalah dengan pemakaian *air-conditioning* yang tepat.

7. Getaran mekanis (*mechanical vibration*)

Getaran mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh dan dapat menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan pada tubuh kita. Besarnya getaran ini ditentukan oleh intensitas, frekuensi getaran, dan lamanya getaran itu berlangsung. Sedangkan anggota tubuh manusia yang memiliki frekuensi alami dimana apabila frekuensi ini beresonansi dengan frekuensi getaran akan menimbulkan gangguan-gangguan antara lain:

- a. Mempengaruhi konsentrasi kerja.
- b. Mempercepat datangnya kelelahan.
- c. Gangguan-gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, otot, dan lain-lain.

8. Warna

Warna yang dimaksud disini adalah interior yang ada di sekitar tempat kerja. Pengaturan warna ruangan tempat kerja perlu diperhatikan dan disesuaikan dengan kegiatan pekerjanya. Warna ini selain berpengaruh terhadap kemampuan mata untuk melihat obyek juga memberikan pengaruh lain terhadap manusia seperti:

- a. Warna merah bersifat merangsang.
- b. Warna kuning memberikan kesan luas, terang dan leluasa.
- c. Warna hijau atau biru memberikan kesan sejuk, aman dan menyegarkan.
- d. Warna gelap memberikan kesan leluasa.

Besar reflektan warna sebagai presentase cahaya dapat dilihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Reflektan sebagai presentase cahaya

Warna	Reflektan (%)
Putih	100
Gading, Kuning Lemon, Kuning Dalam, Hijau Muda, Biru Pastel, Pink Pale.	60 – 65
Hijau Lime, Abu-Abu Plae, Pink, Orange Dalam, Blugery	50-55
Biru Langit, Kayu Pale	40-45
Pale Oakwood, Semen Kering	30-35
Merah Dalam, Hijau Rumpit, Kayu, Hijau Daun, Coklat	20-25
Biru Gelap, Merah Purple, Coklat Tua	25-Oct
Hitam	0

(Sumber : Pulat 1992, Fundamental of Industrial Ergonomic)

9. Kebersihan

Kebersihan lingkungan kerja sangat perlu diperhatikan, karena lingkungan kerja yang bersih akan menimbulkan rasa nyaman dan semangat kerja yang tinggi bagi karyawan. Oleh karena itu perlu diperhatikan kebersihan dalam lingkungan kerja, ruang lingkupnya bukan hanya berarti kebersihan ditempat mereka bekerja melainkan juga diluar lingkup ruang kerja mereka.

Menurut Robbins (2002) faktor lain yang mempengaruhi lingkungan kerja fisik adalah rancangan ruang kerja. Rancangan ruang kerja yang baik dapat menimbulkan kenyamanan bagi pegawai di tempat kerjanya. Faktor-faktor dari rancangan ruang kerja tersebut terdiri atas :

a. Ukuran ruang kerja

Ruang kerja sangat mempengaruhi kinerja karyawan. Ruang kerja yang sempit dan membuat pegawai sulit bergerak akan menghasilkan prestasi kerja

yang lebih rendah jika dibandingkan dengan karyawan yang memiliki ruang kerja yang luas.

b. Pengaturan ruang kerja

Ruang kerja adalah besarnya ruangan per pegawai, pengaturan merujuk pada jarak antara orang dan fasilitas. Pengaturan ruang kerja itu penting karena sangat dipengaruhi interaksi sosial. Orang lebih mungkin berinteraksi dengan individu-individu yang dekat secara fisik. Oleh karena itu lokasi kerja karyawan mempengaruhi informasi yang ingin diketahui.

c. Privasi

Privasi dipengaruhi oleh dinding, partisi, dan sekatan-sekatan fisik lainnya. Kebanyakan pegawai menginginkan tingkat privasi yang besar dalam pekerjaan mereka (khususnya dalam posisi manajerial, dimana privasi diasosiasikan dalam status). Namun kebanyakan pegawai juga menginginkan peluang untuk berinteraksi dengan rekan kerja, yang dibatasi dengan meningkatnya privasi. Privasi membatasi gangguan yang terutama sangat menyusahkan orang-orang yang melakukan tugas-tugas rumit.

2.3 Metode Taguchi

Ide atau gagasan dari Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* atau rekayasa kualitas telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide beliau mengenai desain eksperimen telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* atau rekayasa kualitas adalah merancang kualitas ke dalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai. Usaha peningkatan kualitas ini dikenal sebagai metode *off-line quality* kontrol.

Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya kualitas dan *resources* seminimal mungkin. Metode Taguchi sangat efektif dalam perbaikan/peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya. Rekayasa kualitas yang diusulkan oleh Taguchi bertujuan agar performansi produk/prosesnya tidak sensitif atau tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan.

Filosofi metode Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimalkan deviasi dari target, produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.

3. Biaya Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standart tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh tahapan setiap produk

Taguchi memperkenalkan sebuah metode perancangan terintegrasi yang dikenal sebagai tiga tahapan metode Taguchi sebagai berikut:

1. Perancangan Sistem (*Sytem Design*)

Tahapan ini bergantung pada fase produk selama siklus hidupnya. Sebagai contoh, selama fase penelitian, dan pengembangan, perancangan sistem meliputi pengembangan suatu prototipe dan penentuan material, *part*, komponen, dan system perakitan. Didalam fase rekayasa produksi, tercakup penentuan proses produksi.

2. Perancangan Parameter (*Parameter Design*)

Pada tahapan ini, akan dipilih tingkatan *level* (atau nilai) dari faktor-faktor yang dapat meminimumkan efek dari faktor-faktor gangguan terhadap karakteristik fungsional produk.

3. Perancangan Toleransi (*Tolerance Design*)

Tahapan ini dilaksanakan jika reduksi variasi dari karakteristik fungsional yang dicapai dengan dilaksanakannya perancangan parameter tidak mencukupi. Sehingga harus ditetapkan toleransi yang sempit untuk deviasi parameter rancangan yang berkaitan dengan tingkatan (*level*) yang telah ditentukan pada tahapan perancangan parameter.

Eksperimen menggunakan metode Taguchi, harus memperhatikan beberapa langkah yang merupakan kunci pokok keberhasilan eksperimen. Langkah-langkah desain eksperimen Taguchi sebagai berikut:

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan

Mendefinisikan dengan jelas permasalahan yang akan diteliti untuk kemudiandilakukan suatu upaya perbaikan/peningkatan kualitas

2. Penentuan tujuan penelitian

Dalam penentuan tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performansi dari ekperimen

3. Menentukan metode pengukuran

Dalam menentukan metode pengukuran yaitu dengan menentukan bagaimanakah parameter-parameter yang diamati akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya, serta peralatan yang dibutuhkan.

4. Identifikasi faktor

Yaitu dengan melakukan pendekatan yang sistematis guna menentukan penyebab terjadinya permasalahan.

5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor *Noise*

Hal-hal yang harus diketahui untuk memulai langkah dalam desain parameter Taguchi, adalah jenis-jenis faktor yang mempengaruhi karakteristik proses ataupun produk. Taguchi membedakan faktor kedalam dua golongan yaitu faktor kontrol dan faktor *noise*.

6. Menentukan *level* dari faktor dan nilai faktor

Pada penentuan *level* ini adalah untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan dalam pemilihan *Orthogonal Array*.

7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

Suatu interaksi terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari *level* faktor lain. Dengan kata lain interaksi terjadi apabila kumpulan pengaruh dari dua atau lebih faktor berbeda dari jumlah masing-masing faktor secara individu. Adanya interaksi ini juga turut mempengaruhi jumlah derajat bebas.

8. Memilih *Orthogonal Array*

Pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai *level* dari tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis *Orthogonal Array* yang dipilih.

9. Pemasukan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

10. Melakukan eksperimen

Dalam melakukan eksperimen ini sejumlah percobaan disusun untuk meminimalkan kesempatan terjadinya kesalahan dalam menyusun *level* yang tepat untuk percobaan.

11. Analisa hasil eksperimen

Dalam menganalisa hasil eksperimen dari Taguchi ini juga menggunakan metode Anova yaitu perhitungan jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat terhadap rata-rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat error. Beberapa hal yang dilakukan dalam analisa eksperimen yaitu:

a. Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang menunjukkan kekuatan relatif dari suatu faktordan atau interaksi yang signifikan untuk mengurangi variasi pada metode Taguchi dinyatakan dalam persen kontribusi.

b. Rasio Signal terhadap *Noise* (*SNR Ratio*) atau *Signal to noise ratio*

Taguchi memperkenalkan pendekatan *SNR* guna meneliti pengaruh faktor *Noise* terhadap variasi yang timbul. Taguchi memperkenalkan transformasi dari pengulangan data kepada nilai yang lain yang mengukur variabilitas yang ada. *SNR ratio* menggabungkan beberapa pengulangan pada satu point data yang mencerminkan jumlah variasi yang ada.

12. Interpretasi hasil eksperimen

Yaitu mengevaluasi faktor mana yang berpengaruh dan tidak berpengaruh terhadap karakteristik kualitas yang dikehendaki.

13. Pemilihan *level* faktor untuk kondisi proses optimal

Apabila percobaan terdiri dari banyak faktor dan tiap-tiap faktor terdiri dari beberapa *level*, maka untuk menentukan kombinasi *level* yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata-rata eksperimen dari *level-level* yang ada. Faktor dengan perbedaan rata-rata percobaan dari *level-level*nya besar, maka faktor tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan.

14. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal

Setelah mendapatkan kondisi yang optimal dari eksperimen dengan *Orthogonal Array*, kita dapat memperkirakan rata-rata proses pada kondisi yang optimal. Hal ini didapat dengan menjumlahkan pengaruh dari ranking faktor yang lebih tinggi. Pengaruh dari faktor yang signifikan adalah pengaruhnya pada rata-rata eksperimen.

15. Menjalankan eksperimen konfirmasi.

Eksperimen konfirmasi dimaksudkan bahwa faktor dan *level* yang dimaksud memberikan hasil seperti yang diharapkan

2.4 Orthogonal Array

Orthogonal Array (OA) adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor atau kondisi yang dapat di ubah dalam eksperimen. Baris merupakan keadaan dari faktor. *Array* disebut *orthogonal* karena *level-level* dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain

dalam eksperimen. Jadi *Orthogonal Array* adalah matriks seimbang dari faktor dan *level* sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau *level* tidak baur (*confounded*) dengan pengaruh faktor dan *level* lain.

Dalam melaksanakan metode Taguchi dalam penelitian, penentuan *Orthogonal Arrays* sangatlah penting dan merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Karena *Orthogonal Array* merupakan suatu matrik pemetaan dari *level-level* masing-masing faktor untuk mempermudah dalam melakukan pengamatan. Agar dapat menentukan *Orthogonal Array* yang sesuai dengan penelitian, maka perlu dilakukan prosedur sebagai berikut:

1. Definisikan jumlah faktor dan *level*-nya.

Pengamatan secara langsung terhadap parameter-parameter yang terdapat dalam suatu proses produksi atau suatu mesin produksi perlu dilakukan. Selain pengamatan secara langsung wawancara kepada pihak-pihak yang ahli dalam bidang tersebut diperlukan untuk menguatkan hasil pengamatan yang dilakukan. Dari parameter-parameter yang diketahui, dilakukan penentuan level pengamatan untuk tiap faktor yang ada, sehingga memudahkan dalam melakukan pengamatan.

2. Tentukan derajat kebebasan (*degree of freedom*)

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapat dari eksperimen tersebut. Untuk pemilihan *orthogonal array* yang sesuai untuk eksperimen ditentukan dengan cara membandingkan *total degrees of freedom level faktor* (DOF_{fl}) dengan *degrees of freedom orthogonal array* (DOF_{exp}). DOF_{fl} harus sama dengan atau lebih besar dari DOF_{exp} , secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Dof = n(k-1) + \text{interaksi} \quad (2-1)$$

3. Memilih *Orthogonal Array*

Dalam memilih *orthogonal array* yang cocok atau sesuai, diperlukan suatu persamaan dari *orthogonal array* tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Bentuk umum dari model *orthogonal array* adalah sebagai berikut:

$$La(b^c) \quad (2-2)$$

(Soejanto,2008)

Dimana,

L = Latin square

a = banyak eksperimen

b = banyak level

c = banyak faktor/kolom

Dengan *Orthogonal Array* akan dapat dikurangi perlakuan yang dilakukan sehingga akan mengurangi waktu dan biaya. *Orthogonal Array* telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua taraf dan tiga taraf dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian lebih dari tiga taraf. Taguchi telah menyediakan beberapa matrik *Orthogonal Array* sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan dilakukan. Pada Tabel 2.4 berikut ini merupakan bentuk standar *Orthogonal Array* dari Taguchi dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Tabel *Orthogonal Array*

2 level	3 level	4 level	5 level	Level Gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{23}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

Sumber: (Soejanto, 2008)

2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Menurut Soejanto (2008) karakteristik kualitas (variabel respon) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses. Sebagai contoh keausan alat, keausan ban, kekuatan las, daya mesin, dan sebagainya. Karakteristik kualitas dapat dikelompokkan menurut nilai targetnya sebagai berikut:

1. *Nominal-the-best*

Karakteristik kualitas *nominal the best* adalah karakteristik terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik. Nilai tersebut dapat positif maupun negatif.

2. *Smaller-the-better*

Karakteristik kualitas *smaller the better* adalah karakteristik terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target nol (0).

3. *Larger-the-better*

Karakteristik *larger the better* adalah karakteristik terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target *infinite* (tak terbatas).

4. *Signed-target*,

Karakteristik kualitas *signed target* adalah karakteristik terukur yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target nol (0). Ini berbeda dengan *smaller the better* dimana karakteristik kualitas *signed target* dapat mempunyai nilai negatif.

5. *Classified attribute*.

Karakteristik kualitas *classified attribute* bukan merupakan variabel kontinyu, tetapi dapat diklasifikasikan menjadi skala diskrit. Karakteristik ini sering berdasarkan penilaian subyektif misalnya baik atau jelek.

Tabel 2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Nominal-the-best</i>	Terpusat pada nilai tertentu	Voltage TV
<i>Smaller-the-better</i>	Sekecil mungkin (nol)	Keausan alat, kekasaran permukaan
<i>Larger-the-better</i>	Sebesar mungkin (-)	Kekuatan las, keiritan bahan baku
<i>Signed-target</i>	Nol	Residual carrant
<i>Classified attribute</i>	-	Rendah, menengah, tinggi

Sumber: Belavendram, N., *Quality By Design : Taguchi Techniques for Industrial Eksperimentation*, Prentice Hall, New York, 1995

2.6 Klasifikasi Faktor

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variable respon) dari suatu produk dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Faktor *Noise*

Faktor *noise* adalah suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Faktor *noise* dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit diprediksi. Faktor *noise* biasanya sulit, mahal dan tidak menjadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen, mereka perlu dikendalikan dalam skala kecil

2. Faktor Kontrol

Faktor kontrol adalah parameter-parameter yang nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor kontrol dapat mempunyai nilai satu atau lebih yang disebut *level*. Pada akhir eksperimen, *level* yang sesuai dalam faktor terkendali akan dipilih. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi *level* optimal untuk faktor terkendali sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise*.

3. Faktor *Signal*

Faktor *signal* adalah faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor *signal* mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut karakteristik statis. Jika faktor *signal* dapat mengambil banyak signal, maka karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor *signal* tidak ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

4. Faktor *Scaling*

Faktor *scaling* atau faktor skala adalah faktor yang digunakan untuk mengubah rata-rata *level* karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas. Faktor *scaling* disebut juga faktor penyesuaian.

Dalam menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dalam eksperimen beserta *setting level* ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

1. *Faktor levels*, merupakan jumlah *level* atau atribut yang diberikan oleh faktor – faktor yang berpengaruh dalam eksperimen, baik faktor terkendali, faktor *noise*, faktor *signal*, atau faktor skala.
2. *Number of faktor levels*, jumlah *level* dan seting *level* yang dipilih tergantung pada sejauh mana kita mengetahui proses atau produk yang akan diteliti.
3. *Range of faktor levels*, semakin luas jarak yang digunakan dalam eksperimen, maka kemungkinan ditemukannya efek dari faktor yang ada dalam penentuan karakteristik kualitas akan semakin baik
4. *Feasibility of faktor levels*, dalam pemilihan *level* untuk tiap faktornya perlu mempertimbangkan apakah *level* yang dipilih memungkinkan atau dapat dijalankan dalam membuat kombinasi eksperimen.

2.7 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to noise ratio (SNR) adalah logaritma dari suatu fungsi kerugiankuadratik. Dalam hal ini SNR bertindak sebagai indikator mutu selama perancangan untuk mengevaluasi akibat perubahan suatu perancangan parameter tertentu terhadap produk kerja. Maksimasi ukuran performansi ditunjukkan dengan tingginya nilai *signal* dan rendahnya *noise*, karena itu karakteristik kualitas perlu dikelompokkan terlebih dahulu agar diperoleh konsistensi dalam mengambil keputusan terhadap hasil eksperimen.

Signal to Noise Ratio (SNR) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi variasi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data ke nilai lain yang merupakan ukuran dari variasi yang ada. Transformasinya adalah *signal to noise ratio* atau SNR. Perhitungan SNR yang dilakukan tergantung dari karakteristik mutu yang dituju. Karakteristik kualitas (*variabel respons*) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses. Pemilihan karakteristik kualitas menjadi sangat penting karena karakteristik kualitas yang diinginkan dapat saling menambahkan atau tetap. Taguchi membagi karakteristik kualitas menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Nominal The Best

Merupakan karakteristik kualitas terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik. Nilai tersebut dapat positif maupun negatif.

Nilai untuk *nominal the best* adalah:

$$S/NR = 10 \log_{10} \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (2-3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (2-4)$$

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2-5)$$

dengan :

n = banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

y = nilai pada setiap *run*

μ = rata-rata dari setiap *run*

σ^2 = deviasi dari setiap *run*

2. Larger The Better

Merupakan karakteristik kualitas terukur dengan nilai non-negatif yang mempunyai kondisi ideal dan nilai targetnya adalah nilai yang sebesar-besarnya (tak terbatas).

Nilai S/N untuk karakteristik kualitas *Larger the better* adalah:

$$S/NR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2-6)$$

3. *Smaller The Better*

Merupakan karakteristik kualitas terukur dengan nilai non-negatif dan targetnya adalah nilai yang sekecil-kecilnya (nol). Nilai S/N untuk karakteristik kualitas *Smaller the better* adalah:

$$S/NR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2-7)$$

2.8 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu. Untuk interval kepercayaan dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Interval kepercayaan untuk level faktor

Perhitungan interval kepercayaan untuk level faktor didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} * Ve * \frac{1}{n}} \quad (2-8)$$

Seingga interval kepercayaan untuk masing-masing level faktor dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{A}1 - CI \leq \mu \bar{A}1 \leq \bar{A}1 + CI \quad (2-9)$$

Dimana, $\bar{A}1$ = faktor ke-x dan factor ke-y

2. Interval untuk perkiraan rata-rata

Perhitungan interval kepercayaan untuk perkiraan rata-rata proses optimum adalah sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} * Ve * \frac{1}{n_{eff}}} \quad (2-10)$$

$$n_{eff} = \frac{\text{jumlah } h \text{ total eksperimen}}{\text{jumlah } h \text{ derajat kebebasan dalam perkiraan rata-rata}} \quad (2-11)$$

3. Interval kepercayaan untuk percobaan konfirmasi

Untuk interval kepercayaan untuk percobaan konfirmasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} * Ve * \left(\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right)} \quad (2-12)$$

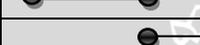
Sehingga interval kepercayaan yang diperoleh sebagai berikut:

$$\mu_{konfirmasi} - CI \leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + CI$$

2.9 Percobaan Konfirmasi

Percobaan konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor-faktor dan level-level hasil evaluasi sebelumnya. Untuk ukuran *sampel* pada percobaan konfirmasi ini lebih besar dari pada ukuran *sampel* dari percobaan sebelumnya. Tujuan dari percobaan konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa, yang dijelaskan pada Tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Eksperimen Metode Taguchi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Optimal	Diterima
		Konfirmasi	
B		Optimal	Diterima
		Konfirmasi	
C		Optimal	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: (Soejanto, 2008)

2.10 Fungsi Kerugian Kualitas (*Quality Loss Function*)

Tujuan dari *quality loss function* adalah mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variansi. Dalam *quality loss function* juga dijelaskan perlunya perbaikan kualitas secara kuantitatif dalam unit uang sehingga perbandingan yang obyektif dapat dilakukan. Ukuran yang diusulkan Taguchi untuk menghitung kerugian secara kuantitatif adalah dengan perhitungan *quality loss function*.

Secara umum terdapat tiga *quality loss function* secara khusus untuk sampel yaitu :

1. Fungsi kerugian *nominal the best*, Jika Y nilai-nilai karakteristik kualitas n.t.b, fungsi kerugian Y , ditulis $L(Y)$. $L(Y)$ dapat diperderetkan menurut deret Taylor, diperoleh:

$$L(Y) = k(Y - m)^2 = \frac{A_0}{\Delta^2} (Y - m)^2 \quad (2-13)$$

dengan;

Y = nilai karakteristik kualitas

$L(Y)$ = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan Y

m = nilai target dari Y

- k = koefisien biaya
 Δ = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas
 A_0 = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan Δ

2. Fungsi kerugian *smaller the better*, Tipe karakteristik ini mempunyai target sama dengan 0, sehingga persamaan fungsi kerugian dengan $m = 0$, sehingga diperoleh:

$$L(Y) = kY^2 = \frac{A_0}{\Delta^2} Y^2 \quad (2-14)$$

dengan;

Y = nilai karakteristik kualitas

$L(Y)$ = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan Y

k = koefisien biaya

Δ = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas

A_0 = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan Δ

3. Fungsi kerugian *larger the better*, Tipe karakteristik ini mempunyai target dengan nilai tak terbatas, sehingga persamaan fungsi kerugian diperoleh:

$$L(Y) = k \frac{1}{Y^2} = A_0 \times \Delta^2 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 \quad (2-15)$$

dengan;

Y = nilai karakteristik kualitas

$L(Y)$ = kerugian dalam (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitas sama dengan Y

k = koefisien biaya

Δ = toleransi spesifikasi nilai karakteristik kualitas

A_0 = rata-rata biaya kerugian pada penyimpangan Δ

2.11 Analysis of Variance (ANOVA)

Analisis variansi merupakan suatu metode pengambilan keputusan berdasarkan informasi statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Analisis variansi membagi variansi menjadi sumber-sumber variansi dengan mempertimbangkan derajat kebebasan sumber-sumber variansi tersebut dalam eksperimen. Sehingga tujuan perhitungan analisis variansi pada metode perancangan Taguchi adalah untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi performansi nilai respon. Data-data yang diambil,

baik data kondisi sebenarnya maupun data hasil eksperimen dalam *robust design* dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

1. Variabel, yaitu data yang dapat dipertanggungjawabkan selama pengukuran dalam skala yang kontinu.
2. Atribut, yaitu data dari eksperimen yang mempunyai karakteristik yang bukan kontinyu tetapi dapat diklasifikasikan dalam skala diskret.
3. Digital, yaitu suatu data yang memiliki nilai 0 atau 1.

Dalam perhitungan analisis variansi metode Taguchi langkah-langkahpengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata respon setiap eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum x}{n} \tag{2-16}$$

2. Menghitung rata-rata total seluruh eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{Y} = \frac{\sum y}{n} \tag{2-17}$$

3. Membuat tabel respon, perbedaan dapat diketahui dengan cara melakukan pengurangan nilai tertinggi dengan nilai terendah dari tiap-tiap level kemudian dirangking dari nilai tertinggi sampai nilai terendah kemudian dimasukkan dalam tabel respon seperti tabel 2.7

Tabel 2.7 Respon faktor

	FaktorA	FaktorB	FaktorX
<i>Level1</i>
<i>Level2</i>
.....				
<i>LevelY</i>
Different
Rank

5. Menghitung *the total sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$ST = \sum y^2 \tag{2-18}$$

6. Menghitung *the sum of squares due to the mean* dengan rumus sebagai berikut:

$$Sm = n\bar{y}^2 \tag{2-19}$$

7. Menghitung *the sum of squares due to the factors* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_i = (n_{i1} \times \bar{i}_1^2 + n_{i2} \times \bar{i}_2^2 + \dots + n_{ij} \times \bar{i}_j^2) - Sm \tag{2-20}$$



8. Menghitung *the sum of squares due to the error* dengan rumus sebagai berikut:

$$Se = ST - Sm - (SA + SB + \dots + Si) \quad (2-21)$$

9. Menghitung *the mean sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$Mq_i = \frac{Sq_i}{v_i} \quad (2-22)$$

10. Menghitung *F-ratio* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Fi = \frac{Mq_i}{Se} \quad (2-23)$$

11. Menghitung *pure sum of squares* dengan rumus sebagai berikut:

$$Si' = Si - (vi \times Ve) \quad (2-24)$$

12. Menghitung *percent contribution* dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_i = \frac{Si'}{St} \times 100\% \quad (2-25)$$

13. Membuat tabel analisa variansi hasil perhitungan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian agar proses penelitian dapat terarah dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen atau *true eksperimental research*, yaitu merupakan langkah-langkah lengkap yang diambil sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh, sehingga analisis akan menjadi objektif. Variabel bebas dijadikan sebagai variabel eksperimen, yaitu variabel penyebab yang karakteristiknya diyakini dapat menghasilkan perbedaan, sedangkan variabel terikat merupakan hasil dari penelitian (Umar, 2008).

3.2 Tempat dan Waktu

Penelitian akan dilakukan pada Bulan September 2012 sampai dengan Bulan Mei 2013 di PT. Bayi Kembar Jalan Ade Irma Suryani no 10 Kecamatan Sumber Pucung Kabupaten Malang

3.3 Metode Pengumpulan Data

Penjelasan secara sistematis mengenai tahap identifikasi awal adalah sebagai berikut:

1. Survei Pendahuluan.

Dalam survei pendahuluan ini dilakukan pengamatan awal pada obyek penelitian di PT. Bayi Kembar untuk mendapatkan gambaran mengenai proses produksi, dan produk yang dihasilkan yang selama ini dilakukan.

2. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber literatur diperoleh dari perpustakaan, perusahaan, dan internet.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab timbulnya masalah dan kemudian mencari permasalahan yang terjadi. Masalah yang diidentifikasi adalah mengenai penjadwalan pada perusahaan yang bersangkutan.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

3.4 Sumber Data

Terdapat 2 (dua) jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang dibutuhkan dalam penelitian berupa data mentah yang belum dan diperoleh secara asli tanpa perantara. Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi data output produksi hasil pengukuran kondisi actual perusahaan, data output produksi dari hasil eksperimen Taguchi, data output produksi hasil eksperimen konfirmasi serta data-data primer lainnya yang dibutuhkan dalam penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara atau data primer yang telah diolah terlebih lanjut dan disajikan oleh pihak lain. Data sekunder yang diambil dalam penelitian ini meliputi data historis dari penelitian yang sudah dilakukan oleh perusahaan, atau hasil penelitian sebelumnya.

3.5 Alat dan Bahan

1. Alat

Alat – alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meja untuk tempat pelinting
2. Triplek untuk sekat meja

3. Kain warna putih, hitam dan warna belang (papan catur) untuk penutup meja
 4. Rekaman suara aktivitas di ruang pelintingan SKT
2. Bahan

Bahan – vahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tembakau
2. Cengkeh
3. Kertas Linting
4. Lem
5. Gunting

3.6 Rancangan Eksperimen

Rancangan yang dipilih menggunakan matriks *ortogonal array* yang sudah dirancang dalam rekayasa kualitas dengan metode Taguchi. Pemilihan matriks *ortogonal array* didasarkan pada jumlah derajat kebebasan (*degree of freedom*) faktor dan level yang diteliti. Berdasarkan pertimbangan biaya dan waktu, eksperimen akan dilakukan dengan 3 kali pengulangan/replikasi. Contoh tabel rancangan eksperimen adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 *Orthogonal Array* Rancangan Eksperimen

No Eksperimen	Faktor				Replikasi		
	A	B	C	D	R1	R2	R3
1	1	1	1	1			
2	1	2	2	2			
3	1	3	3	3			
4	2	1	3	3			
5	2	2	2	1			
6	2	3	1	2			
7	3	1	3	2			
8	3	2	1	3			
9	3	3	2	1			

Sumber : Soejanto (2007)

3.7 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan atau survey lapangan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada proses pelintingan d PT. Bayi Kembar

2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literature baik melalui penelitian-penelitianterdahulu berupa jurnal, skripsi maupun *text book text* yang berhubungan denganlingkungan kerja fisik, tentang rekayasa kualitas dengan metodeTaguchi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang dapatmembantu saat proses penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai.

3. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap proses pelintingan dan lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi output yang dihasilkan di departemen pelintimngan. Identifikasi masalah ini dilakukan dengan mengamati serta melakukan wawancara secara langsung dengan ahli danpihak-pihak yang berhubungan dengan masalah lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi output produksi di departemen pelintingan PT. Bayi Kembar. Setelah pengeidentifikasian masalah selanjutnya, dirumuskan masalah yang menjadi focus pembahasan dalam penelitian.

4. Penetapan Tujuan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan penetapan tujuan penelitian. Tujuan penelitian harus dapatmenjawab masalah yang dihadapi, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat darimasalah yang dihadapi oleh perusahaan.

5. Pengukuran Kondisi Aktual

Pengukuran kondisi aktual bertujuan mendapatkan nilai output pelintingan yang dihasilkanperusahaan pada kondisi saat ini. Data yang akan didapat dari hasil produksi perusahaan ini, digunakan untukmemperkuat permasalahan yang sudah diidentifikasi sebelumnya dan untukmembandingkan dengan kondisi optimal setelah penelitian/eksperimen.

6. Desain Instrumen Penelitian

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan penetapan faktoryang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas lingkungan kerja fisik,penetapan faktor dan level yang akan digunakan dalam eksperimen, sertapemelihan *orthogonal array* dan jumlah eksperimen yang akan dilakukan.

7. Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap ini dilakukan eksperimen berdasarkan faktor dan level serta *orthogonal array* yang telah dipilih

8. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data hasil eksperimen Taguchi yaitu nilai rata-rata eksperimen dan nilai *signal to noise ratio*, sehingga pengolahan data yang dilakukan akan didapatkan level faktor yang menghasilkan kondisi optimal lingkungan kerja fisik untuk mendapatkan output produksi yang maksimal. Data hasil eksperimen Taguchi diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* untuk data rata-rata eksperimen (*mean*) dan *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio* (SNR). *Analysis of variance (mean)* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata hasil eksperimen (respon).

9. Penentuan Setting Level Faktor Optimal

Optimasi dilakukan dengan memaksimalkan nilai rata-rata dan meminimalkan nilai variansi. Hasil optimasi adalah *setting level* optimal dari masing-masing faktor dan level yang ada dalam eksperimen Taguchi.

10. Prediksi Kondisi Optimum

Setelah *setting level* optimal didapatkan maka perlu diketahui nilai rata-rata karakteristik kualitas dari output produksi prediksi dan nilai selang kepercayaannya untuk memperkirakan rata-rata output produksi pada proses yang sebenarnya.

11. Eksperimen Konfirmasi

Pada tahap ini dilakukan verifikasi prediksi kondisi optimal yang telah dihasilkan pada pengolahan data sebelumnya, dengan cara menerapkan *setting level* faktor optimal pada proses sebenarnya. Data hasil perhitungan output produksi eksperimen konfirmasi yang didapat akan dihitung nilai rata-rata dan variansinya, serta interval kepercayaannya.

12. Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi

Membandingkan hasil kondisi aktual dengan hasil eksperimen konfirmasi digunakan untuk mengetahui apakah hasil eksperimen Taguchi memberikan hasil yang lebih baik dari kondisi aktual sebelum adanya penelitian ini.

13. Perhitungan Quality Loss Function

Perhitungan *quality loss function* digunakan untuk mengetahui fungsi kerugian kualitas untuk perusahaan dan fungsi kerugian kualitas untuk konsumen.

14. Pembahasan

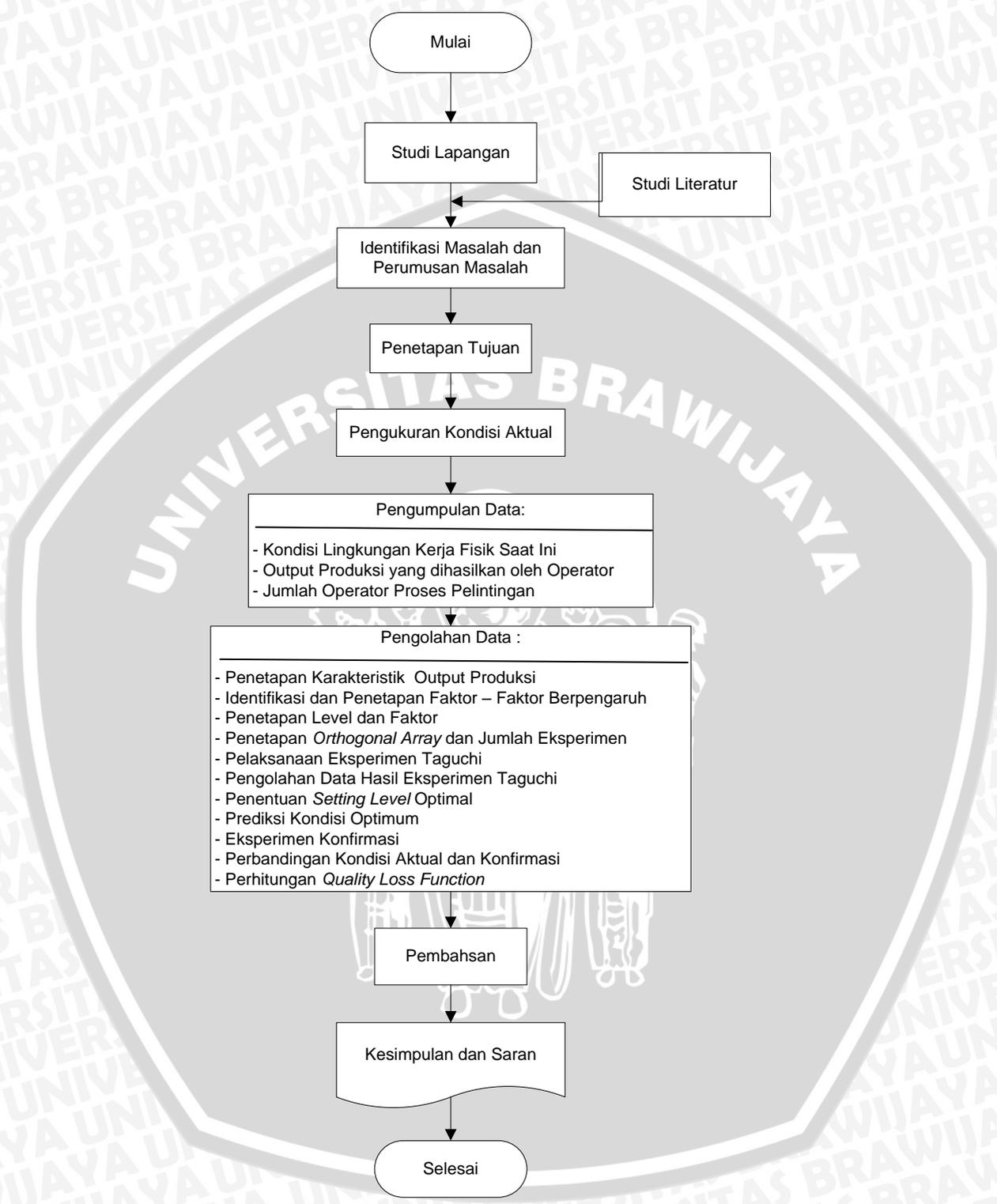
Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

15. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka akan dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab permasalahan yang ada sertasaransaran yang diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penelitian selanjutnya.



3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan proses pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian serta analisis dan pembahasannya. Pengolahan yang dilakukan meliputi perhitungan kondisi aktual, analisis variansi (Anova), *signal to noise ratio*, interval kepercayaan, *quality loss function* yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

4.1 Profil Perusahaan

PT. Bayi Kembar merupakan perusahaan berbadan hukum perseorangan yang didirikan oleh Bapak Helmi Thamrin berdasarkan keputusan pemerintah No 129/19.05/Tk/5/01 pada tahun 2001. Selain pendiri, beliau juga bertindak sebagai pimpinan perusahaan. Pengambilan nama Bayi Kembar sebagai nama perusahaan memiliki makna bahwa kata “bayi” diartikan sebagai perusahaan yang baru terbentuk untuk terus bertumbuh dan berkembang menjadi perusahaan besar, dan kata “kembar” diartikan sebagai harapan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan yang berlipat. PT. Bayi Kembar juga mempunyai tujuan untuk membantu pemberdayaan perekonomian masyarakat di sekitar perusahaan dengan membuka lapangan pekerjaan.

Ide awal didirikannya perusahaan ketika beliau melihat panen petani tembakau di Jawa Timur yang melimpah sehingga harga jual tembakau lokal turun, kemudian beliau melihat berita di surat kabar dan televisi bahwa secara agregat, konsumen rokok di Indonesia meningkat selama tahun 1990 sampai 2000 yang menjadikan Indonesia berada pada urutan ke-5 diantara 10 negara di dunia dengan konsumsi tertinggi. Hal tersebut menjadi pertimbangan dan dimanfaatkan oleh Bapak Helmi Thamrin untuk membuka usaha baru di bidang industri rokok yang dapat memperkerjakan warga sekitar yang belum mendapatkan pekerjaan.

Bermula dari 15 orang tenaga kerja yang terdiri atas 6 orang bagian pemasaran, 5 orang tenaga kerja giling, dan 4 orang bagian pengepakan, PT. Bayi Kembar berhasil memproduksi rokok filter sejumlah 150 bal (1 bal = 20 press, 1 press = 10 pak, 1 pak = 16 batang) dalam 6 bulan. Pada pertengahan tahun 2001 bea cukai telah mengeluarkan izin usaha terhadap PT. Bayi Kembar berupa izin rokok filter dengan No. SIUP 510/008/421/107/2001 dan pita cukai yang didapatkan adalah 1500 lembar (1 lembar = 120 keping) per tahun dengan tarif cukai sebesar 4% karena perusahaan tersebut masih tergolong perusahaan kecil. Merek yang diproduksi adalah Matrix Supermild, Matrix

Premium, Spagu, dan Darwill. Meskipun keempat merek tersebut telah beredar di masyarakat, tetapi merek yang banyak digemari oleh konsumen adalah Matrix Supermild.

Berkat usaha keras dari Bapak Helmi Thamrin, perusahaan ini berkembang dengan pesat dan terus berusaha memperluas pangsa pasar. Melihat pangsa pasar yang sangat menarik, Bapak Helmi Thamrin selaku pemilik PT. Bayi Kembar mengusulkan untuk mengajukan izin usaha pembuatan rokok filter mesin dan pada akhir tahun 2001 izin tersebut sudah dikeluarkan oleh pihak bea cukai dan pada awal tahun 2002 PT. Bayi Kembar sudah mulai beroperasi untuk memproduksi rokok filter mesin.

Setelah melihat perkembangan pabrik tersebut, maka bea cukai menaikkan cukai rokok tersebut menjadi 8% karena sudah dinilai menjadi perusahaan menengah. Saat ini PT. Bayi Kembar telah memiliki 431 karyawan untuk semua posisi. Sampai sekarang, PT. Bayi Kembar masih mampu bertahan di kancah perindustrian rokok Indonesia, dengan produksi untuk filter 1.600.000 batang (500 bal) rokok perhari dengan menggunakan mesin filter dan produksi rokok linting 800.000 batang (250 bal) rokok perhari. Keberhasilan PT. Bayi Kembar dalam mempertahankan pangsa pasarnya dikarenakan perusahaan dapat menjaga aroma dan cita rasa rokok yang khas dan menjaga hubungan yang baik dengan grosir, pengecer, dan pelanggan di setiap daerah.

4.1.1 Tujuan Perusahaan

PT Bayi Kembar dalam melakukan kegiatan usahanya memiliki tujuan jangka pendek maupun jangka panjang yaitu akan dijabarkan sebagai berikut.

4.1.1.2 Tujuan Jangka Pendek

Tujuan jangka pendek dari PT Bayi Kembar antara lain:

1. Memaksimalkan profit
2. Meningkatkan jumlah produksi
3. Meningkatkan volume penjualan
4. Meningkatkan kinerja karyawan pada seluruh departemen

4.1.1.3 Tujuan Jangka Panjang

Tujuan jangka panjang dari PT Bayi Kembar antara lain:

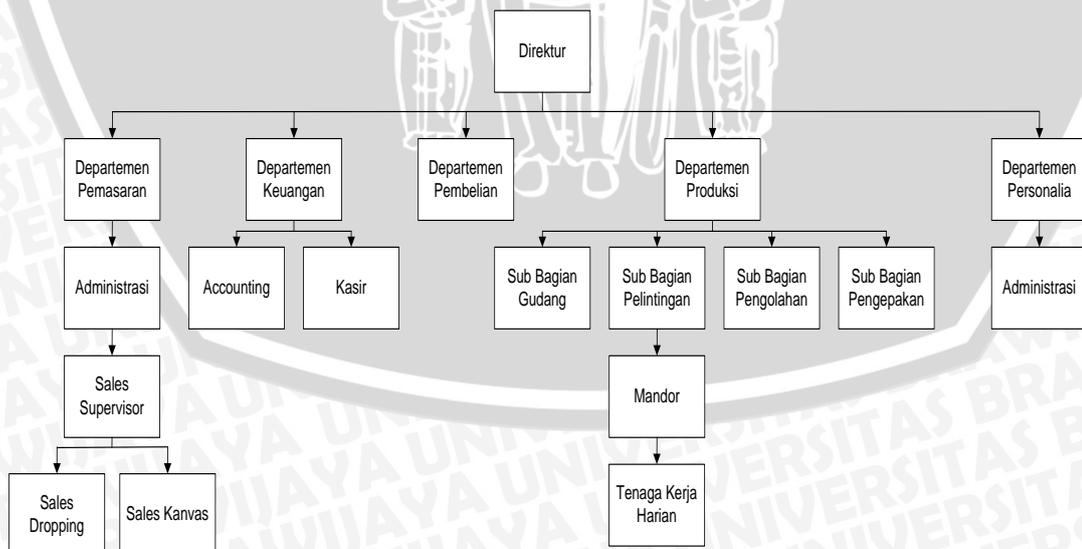
1. Mempertahankan daerah pemasaran dan mengoptimalkan keuntungan
2. Memperluas pangsa pasar

3. Memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk
4. Memperkuat posisi perusahaan dalam persaingan
5. Mengembangkan organisasi yang lebih dinamis sehingga dapat memberikan kesempatan yang luas kepada para karyawan untuk lebih berkembang
6. Mengadakan ekspansi perusahaan

4.1.2 Struktur Organisasi

Keberhasilan suatu perusahaan akan tergantung dari keadaan struktur organisasinya. Dalam suatu perusahaan struktur organisasi mempunyai peranan yang sangat penting. Struktur organisasi menjelaskan pembagian aktivitas kerja, serta memperhatikan hubungan fungsi dan aktivitas tersebut sampai batas-batas tertentu. Selain itu, struktur organisasi memperhatikan tingkat spesialis aktivitas tersebut.

Jadi, struktur organisasi merupakan suatu kerangka yang menunjukkan seluruh kegiatan untuk mencapai tujuan organisasi, hubungan antar fungsi-fungsi, serta wewenang dan tanggung jawabnya. Bentuk struktur organisasi dari PT. Bayi Kembar adalah dengan menggunakan struktur organisasi yang berbentuk garis yang menunjukkan alur menghubungkan antara pucuk pimpinan, manajer divisi sampai kepada bawahan. Hal ini dilakukan agar dapat melakukan pengawasan secara efektif terhadap karyawan. Adapun struktur organisasi pada PT. Bayi Kembar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. Bayi Kembar
Sumber: Data PT. Bayi Kembar

Jumlah karyawan yang bekerja pada perusahaan adalah sebanyak 431 orang yang terdiri dari berbagai departemen. Perincian jumlah tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan PT. Bayi Kembar

JABATAN	JUMLAH
a. Departemen Pemasaran	
1. Admin	8
2. Sales supervisor	7
3. Sales dropping	24
4. Sales kanvas	32
5. Driver sales	9
b. Departemen Keuangan	
1. Accounting	8
2. Kasir	5
c. Departemen Pembelian	15
d. Departemen Produksi	
a. Sub bagian gudang	9
b. Sub bagian pelinting	
- Mandor	10
- Tenaga kerja harian	250
c. Sub bagian pengolahan	27
d. Sub bagian pengepakan	15
e. Departemen Personalia	12
TOTAL	431 orang

Sumber: Data PT. Bayi Kembar

Dari Tabel di atas menunjukkan jumlah karyawan PT. Bayi Kembar sebanyak 431 orang meliputi departemen pemasaran sebanyak 80 orang, departemen keuangan sebanyak 13 orang, departemen pembelian sebanyak 15 orang, departemen produksi sebanyak 311 orang, dan departemen personalia sebanyak 12 orang.

4.1.3 Fasilitas Produksi

Fasilitas produksi yang dipakai di PT. Bayi Kembar untuk keperluan produksi rokok dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Fasilitas Produksi pada PT. Bayi Kembar

NO	NAMA FASILITAS	UKURAN MESIN (cm)		JUMLAH
		PANJANG	LEBAR	
1.	Mesin rajang cengkeh	287	143	1
2.	Mesin steamer	192	97,8	1
3.	Mesin rajang tembakau	295,5	198	1
4.	Mesin dryer	197,5	100	2
5.	Mesin odol	175	95	2
6.	Mesin separator	155	100	2
7.	Mesin primery	484	295,5	1

4.2 Perencanaan Eksperimen

Pada tahap perencanaan eksperimen ini berisikan tentang penjelasan mengenai tahapan-tahapan pendahuluan atau perencanaan sebelum suatu eksperimen dilakukan.

4.2.1 Penetapan Karakteristik Kualitas

Untuk penetapan karakteristik kualitas lingkungan kerja fisik hasil eksperimen yang diharapkan yaitu *larger the better* serta karakteristik kualitas yang diamati pada lingkungan kerja fisik yaitu output produksi pelintingan rokok yang dihasilkan dengan satuan yang digunakan adalah batang. Dengan kata lain penetapan karakteristik kualitas yang diinginkan pada lingkungan kerja fisik hasil eksperimen yaitu semakin baik kondisi lingkungan kerja fisik maka output yang dihasilkan semakin banyak, sehingga pada penelitian ini akan menghasilkan *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh.

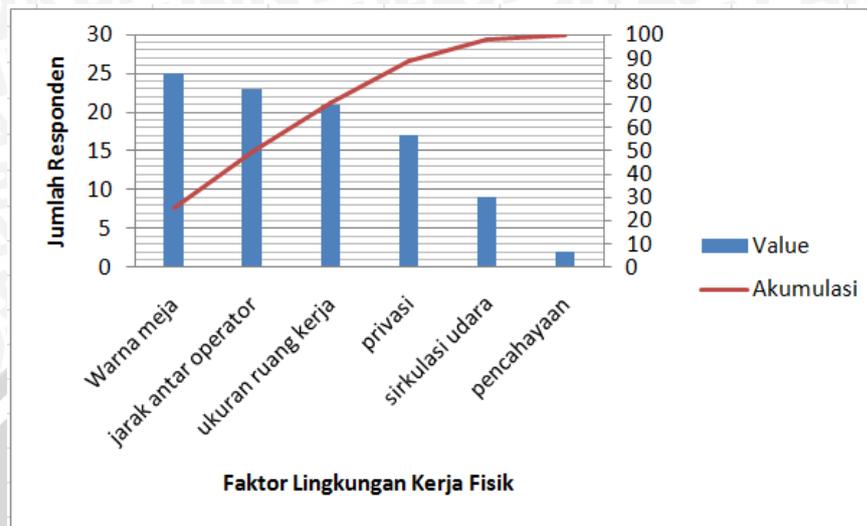
4.2.2 Penetapan Faktor Berpengaruh

Dalam mengidentifikasi dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik lingkungan kerja fisik maka dilakukan survey pendahuluan, studi literatur, melakukan *brainstorming* dengan para ahli dan penyebaran kuisisioner. Dengan melakukan penyebaran kuisisioner terhadap operator di departemen pelintingan Sigaret Kretek Tangan (SKT), diharapkan dapat diidentifikasi faktor-faktor lingkungan kerja fisik yang dapat mempengaruhi kecepatan operator pada proses pelintingan Sigaret Kretek Tangan (SKT). Sesuai dengan syarat sampel kecil penyebaran kuisisioner dilakukan terhadap 30 orang responden. Penyebaran kuisisioner dilakukan kepada 20 orang operator dan 10 orang mandor. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi jumlah output produksi hasil penyebaran kuisisioner :

Tabel 4.3 Faktor-Faktor Lingkungan Kerja Fisik yang Mempengaruhi Besar Output Produksi

Faktor Lingkungan Kerja Fisik	Jumlah Responden
Warna Meja	25 orang
Jarak Antar Operator	23 orang
Ukuran Ruang Kerja	21 orang
Privasi	17 orang
Sirkulasi Udara	9 orang
Pencahayaan	2 orang

Diagram pareto faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi jumlah output produksi hasil penyebaran kuisisioner dapat dilihat pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Diagram Pareto Hasil Rekap Kuisisioner

Dari hasil penyebaran kuisisioner diatas dapat dilihat bahwa faktor lingkungan kerja fisik yang mempunyai tingkat pengaruh lebih dari 50% dari jumlah responden adalah :

1. Warna Meja

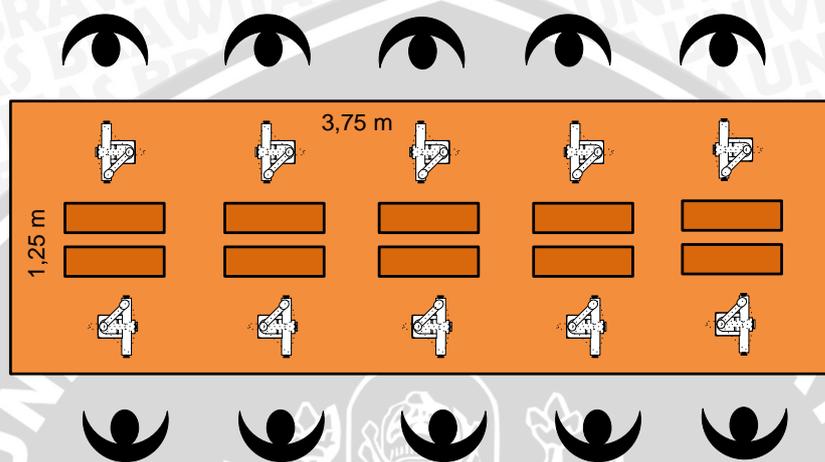
Dalam proses pelintingan rokok warna meja mempunyai pengaruh terhadap konsentrasi operator. Kondisi warna meja pelintingan di PT Bayi Kembar adalah berwarna coklat kayu dengan tekstur kayu. Warna meja yang hampir sama dengan warna tembakau dan cengkeh diidentifikasi dapat menyebabkan operator kehilangan konsentrasi dalam bekerja. Contoh gambar warna meja pelintingan di PT Bayi Kembar dapat dilihat di Gambar 4.3 :



Gambar 4.3 Warna meja pelintingan PT Bayi Kembar

2. Rancangan Ruang Kerja (Jarak antar operator)

Dalam proses pelintingan rokok, jarak antar operator sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan konsentrasi operator dalam bekerja. Jarak antar operator di meja pelintingan PT Bayi Kembar ± 15 cm atau 1 meja berisikan 10 orang operator yang duduk berhadapan- hadapan. Ilustrasi jarak antar operator di ruang pelintingan PT. Bayi Kembar dapat dilihat di Gambar 4.4:



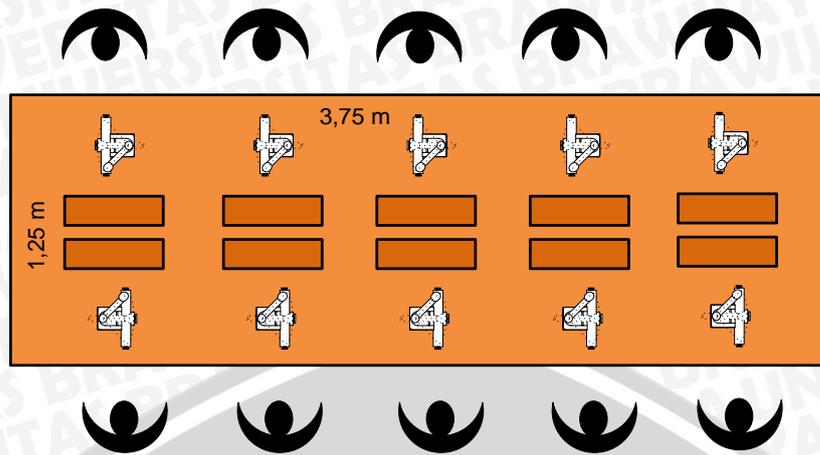
Gambar 4.4 Ilustrasi jarak antar operator meja pelintingan PT Bayi Kembar

3. Rancangan Ruang Kerja (Ukuran Ruang Kerja)

Dalam proses pelintingan rokok, ukuran ruang kerja sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan konsentrasi operator dalam bekerja. Ukuran ruang kerja yang dimaksud disini adalah keadaan hiruk-pikuk aktivitas di dalam ruang pelintingan yang terbatas (bercampur dengan gudang bahan setengah jadi). Sehingga banyak aktivitas yang terjadi didalam ruang tersebut yang dapat mengganggu kenyamanan operator. Suara hiruk pikuk tersebut dapat dikategorikan kedalam kebisingan. Sehingga kebisingan mempunyai pengaruh yang cukup penting terhadap output produksi pelintingan yang dihasilkan oleh PT Bayi Kembar.

4. Rancangan Ruang Kerja (Privasi)

Dalam proses pelintingan rokok, privasi sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan konsentrasi operator dalam bekerja. Keadaan operator di PT Bayi Kembar saat bekerja melinting batang rokok adalah duduk berdampingan dan berhadapan- hadapan tanpa ada sekat pembatas. Hal ini dapat menyebabkan operator saling berbincang satu sama lain. Ilustrasi keadaan privasi PT. Bayi Kembar dapat dilihat pada Gambar 4.5:



Gambar 4.5 Ilustrasi privasi operator meja pelintingan PT Bayi Kembar

4.2.3 Penetapan Level Faktor

Dalam penelitian ini menggunakan tiga level faktor berpengaruh dari empat faktor yang berpengaruh terhadap output produksi yang dihasilkan di departemen pelintingan PT. Bayi Kembar. Berikut merupakan uraian level faktor pada penelitian ini:

1. Faktor Warna Meja

Warna meja pada proses pelintingan PT. Bayi Kembar pada penelitian ini adalah warna putih, warna hitam, dan warna belang (papan catur). Menurut Pulat 1992 dalam *Fundamental of Industrial Ergonomic* warna putih mempunyai reflektan cahaya 100 %, dan hitam 0 %. Pemilihan warna putih dan hitam diharapkan jika warna meja putih diterapkan pada eksperimen akan mempunyai reflektan cahaya 100 % sehingga kontras warna meja dengan warna tembakau dan cengkeh akan terlihat demikian juga jika warna hitam diharapkan dalam eksperimen akan mempunyai reflektan cahaya 0 %. Sehingga akan ada perbedaan yang signifikan antara pemberian warna putih dan warna hitam. Sedangkan pemberian warna belang (papan catur) adalah kombinasi dari warna putih dan hitam yang diidentifikasi dapat menyebabkan kebingungan pada operator.

2. Faktor Rancangan Ruang Kerja (Jarak Antar Operator)

Penentuan jarak antar operator proses pelintingan PT. Bayi Kembar pada penelitian ini adalah 30 cm (satu meja kerja berisi 8 orang operator), 50 cm (satu meja kerja berisi 6 operator), dan 70 cm (satu meja kerja berisi 4 operator). Pemilihan jarak antar operator disesuaikan dengan keadaan meja pelintingan yang ada di PT Bayi Kembar dikarenakan tidak dimungkinkan adanya penggantian meja di ruang pelintingan PT Bayi Kembar. Pengaturan jarak antar operator yang bisa dilakukan

adalah 30 cm (satu meja kerja berisi 8 orang operator), 50 cm (satu meja kerja berisi 6 operator), dan 70 cm (satu meja kerja berisi 4 operator).

3. Faktor Rancangan Ruang Kerja (Ukuran Ruang Kerja)

Penentuan ukuran ruang kerja operator proses pelintingan PT. Bayi Kembar pada penelitian ini adalah suara aktivitas dengan volume keras dengan skala 30, suara aktivitas dengan volume sedang dengan skala 15, dan suara aktivitas dengan volume kecil dengan skala 5. Pemilihan level faktor ini disesuaikan dengan sarana yang ada di PT bayi Kembar.

4. Faktor Rancangan Ruang Kerja (Privasi)

Penentuan Privasi pada proses pelintingan PT. Bayi Kembar pada penelitian ini adalah adanya sekat ditengah-tengah operator yang berhadapan, adanya sekat disamping masing-masing operator dan adanya sekat ditengah-tengah operator yang berhadapan dan disamping kanan dan kiri operator. Pemilihan privasi operator disesuaikan dengan keadaan meja pelintingan yang ada di PT Bayi Kembar dikarenakan tidak dimungkinkan adanya penggantian fasilitas kerja baru di ruang pelintingan PT Bayi Kembar

Tabel 4.4 Penetapan Level Faktor yang Berpengaruh

Faktor Berpengaruh	Level Faktor		
	1	2	3
Warna Meja	Putih	Hitam	Belang (papan catur)
Jarak Antar Operator	30 cm	50 cm	70 cm
Ukuran Ruang Kerja	Ruang kerja sempit (diberi pengaruh suara aktivitas dengan volume 90 db)	Ruang Kerja Sedang (diberi pengaruh suara aktivitas dengan volume 40-50 db)	Ruang Kerja Luas (diberi pengaruh suara aktivitas dengan volume 15 db)
Privasi	Sekat ditengah operator yang berhadapan	Sekat di samping operator	Sekat ditengah operator dan disamping operator

4.2.4 Penetapan Orthogonal Array

Untuk mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. Setelah *degree of freedom* dari faktor diketahui, maka *degree of freedom orthogonal array* yang digunakan minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut. Pada Tabel 4.5 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang terkontrol dalam penelitian ini:

Tabel 4.5 Perhitungan *Degree of Freedom*

Faktor		Df
Kode	Penjelasan	
A	Warna Meja	(3-1)
B	Jarak Antar Operator	(3-1)
C	Ukuran Ruang Kerja	(3-1)
D	Privasi	(3-1)
Total		8

Pada Tabel 4.5 diketahui bahwa *degree of freedom* dari faktor pada penelitian ini adalah delapan (8). Dengan menggunakan empat faktor berpengaruh dan tiga level berpengaruh, maka desain *orthogonal array* yang digunakan adalah $L_8(3^4)$. Akan tetapi dalam metode Taguchi *orthogonal array* yang ada adalah $L_9(3^4)$, sehingga dalam penelitian ini menggunakan desain *orthogonal array* $L_9(3^4)$. Pada Tabel 4.5 berikut ini adalah Tabel *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini

Tabel 4.6 *Orthogonal Array* $L_9(3^4)$

No Eksperimen	Faktor				Replikasi		
	A	B	C	D	R1	R2	R3
1	1	1	1	1			
2	1	2	2	2			
3	1	3	3	3			
4	2	1	2	3			
5	2	2	3	1			
6	2	3	1	2			
7	3	1	3	2			
8	3	2	1	3			
9	3	3	2	1			

Sumber: Soejanto, 2008

Jumlah eksperimen yang harus dibuat sesuai dengan *orthogonal array* $L_9(3^4)$ adalah 9 kali eksperimen. Untuk replikasi guna mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan ketelitian data percobaan adalah sebanyak 3 kali replikasi, dengan mempertimbangkan waktu dan juga biaya yang terbatas dalam penelitian ini. Sehingga jumlah *sampel* yang akan dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 27 *sampel*.

4.2.5 Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap pelaksanaan eksperimen berisikan tentang penjelasan proses penghitungan output pada proses pelintingan sigaret kretek tangan. Dalam tahapan ini maka akan dilakukan pelintingan yang terdiri dari faktor-faktor yang terkendali dengan

acuan lingkungan kerja fisik yang akan digunakan yaitu penugasan pada Tabel *orthogonal array*. Langkah-langkah tersebut adalah:

1. Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan perubahan setting lingkungan kerja fisik tempat proses pelintingan SKT sesuai dengan *Orthogonal Array*. Proses pelintingan SKT eksperimen Taguchi dilakukan di ruang khusus yang telah disediakan oleh PT Bayi Kembar dengan jumlah operator sebagai sampel adalah 10 orang dengan 1 orang mandor.

2. Pelintingan SKT Eksperimen Taguchi

Tahap selanjutnya adalah melakukan pelintingan SKT sesuai dengan desain *orthogonal array* dengan acuan waktu 8 jam kerja (1 shift kerja) untuk masing-masing eksperimen dengan tiga kali replikasi.

3. Penghitungan jumlah Output Produksi SKT

Tahap terakhir adalah penghitungan output produksi yang dihasilkan oleh operator selama 8 jam kerja (1 shift kerja) oleh mandor sesuai dengan eksperimen desain *Orthogonal Array*.

4.2.6 Pengujian Output Produksi dengan Eksperimen Taguchi

Untuk pengujian output produksi dilakukan di PT Bayi Kembar Sumberpucung Malang pada tanggal 21 Februari sampai dengan 29 Maret 2013. Data hasil pengujian output produksi eksperimen Taguchi dipaparkan pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil Output produksi Eksperimen Taguchi

Eksperimen	Faktor Terkontrol				R1	R2	R3
	A	B	C	D	(batang)	(batang)	(batang)
1	1	1	1	1	34720	34760	34790
2	1	2	2	2	36500	35530	35590
3	1	3	3	3	39900	39400	39970
4	2	1	2	3	33120	33140	33190
5	2	2	3	1	33980	33920	33950
6	2	3	1	2	34680	34620	34650
7	3	1	3	2	31550	31420	31480
8	3	2	1	3	32150	32120	32080
9	3	3	2	1	32820	32910	32870

Sumber: Hasil Pengujian di PT Bayi Kembar Sumberpucung Malang (2013)

4.3 Analisis Hasil Eksperimen

Pada tahap analisis hasil eksperimen berisikan tentang pengolahan data dengan mengacu pada perhitungan yang telah ditentukan oleh Taguchi.

4.3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* untuk data pada rata-rata eksperimen (*mean*) dan *analysis of variance* untuk data pada *signal to noise ratio* (SNR). Untuk *analysis of variance* data rata-rata eksperimen sendiri digunakan untuk mencari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai rata-rata hasil eksperimen atau juga dapat diartikan mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata. Sedangkan untuk *analysis of variance* data pada *signal to noise ratio* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas.

4.3.1.1 Perhitungan Nilai Rata-rata dan Nilai SNR

Seperti yang dijelaskan pada subbab Pengolahan Data Hasil Eksperimen bahwa tujuan dicarinya nilai rata-rata yaitu untuk mengetahui *setting level* optimal pada eksperimen ini. Sedangkan dicarinya nilai *signal to noise ratio* (SNR) untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. Berikut ini merupakan perhitungan dari nilai rata-rata dan juga nilai SNR.

1. Perhitungan nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Rumus perhitungan nilai rata-rata:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

dengan,

μ : nilai rata-rata

y_i : nilai *sampel* ke- i

n : jumlah *sampel*

Contoh perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{3}(34720 + 34760 + 34790)$$

$$\mu = 34756,67$$

Seperti perhitungan eksperimen ke-1, maka pada eksperimen ke-2 sampai eksperimen ke-9 menggunakan langkah yang sama sehingga didapatkan semua nilai rata-rata dari semua eksperimen yang tersedia. Perhitungan keseluruhan dicantumkan pada Tabel 4.6.

2. Perhitungan nilai *signal to noise ratio* (SNR)

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas yang diamati adalah output produksi pelintingan Sigaret Kretek Tangan (SKT) dengan satuan batang, dimana semakin besar output produksi yang dihasilkan maka semakin baik. Dari penjelasan tersebut maka jenis karakteristik kualitas pada penelitian ini yaitu *larger the better*. Berikut ini rumus dari SNR *larger the better*:

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right|$$

Contoh perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{3} \left(\frac{1}{34720^2} + \frac{1}{34760^2} + \frac{1}{34790^2} \right) \right|$$

$$\eta = 90,82 \text{ batang}$$

Seperti perhitungan eksperimen ke-1, maka pada eksperimen ke-2 sampai eksperimen ke-9 menggunakan langkah yang sama sehingga didapatkan semua nilai SNR dari semua eksperimen yang tersedia.

Pada Tabel 4.8 berikut ini berisikan seluruh nilai rata-rata dan juga nilai SNR eksperimen.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai rata-rata dan nilai SNR

Eksperimen	Faktor Terkontrol				R1	R2	R3	Rata-Rata	SNR
	A	B	C	D	(batang)	(batang)	(batang)		
1	1	1	1	1	34720	34760	34790	34756.67	90.82
2	1	2	2	2	36500	35530	35590	35873.33	91.10
3	1	3	3	3	39900	39400	49970	43270.00	92.78
4	2	1	2	3	33120	33140	33190	33150.00	90.41
5	2	2	3	1	33980	33920	33950	33950.00	90.62
6	2	3	1	2	34680	34620	34650	34650.00	90.79
7	3	1	3	2	31550	31420	31480	31483.33	89.96
8	3	2	1	3	32150	32120	32080	32116.67	90.13
9	3	3	2	1	32820	32910	32870	32866.67	90.34

Setelah diketahui nilai dari rata-rata dan juga nilai dari SNR, maka langkah selanjutnya yaitu menganalisis dengan menggunakan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata serta *analysis of variance* untuk nilai SNR. Tujuannya yaitu mencari *setting level* tertinggi dengan variansi yang rendah.

4.3.1.2 Perhitungan *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata

Taguchi menggunakan *analysis of variance means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon. *Analysis of variance means* merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal guna meminimalkan penyimpangan rata-rata. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan *analysis of variance means*:

1. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen

Perhitungan nilai rata-rata semua eksperimen menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{34720 + 34760 + 34790 + \dots + 32870}{27}$$

$$\bar{y} = \frac{935810}{27} = 34659,63$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor

Perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Dengan,

\bar{y}_{jk} : nilai rata-rata faktor j level k

\bar{y}_{ijk} : nilai rata-rata eksperimen ke-I untuk faktor j level k

n_{ijk} : jumlah eksperimen faktor j level k

Contoh perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1 sebagai berikut:

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{34756,67 + 35873,33 + 39936,67}{3}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{113900}{3} = 37966,67$$

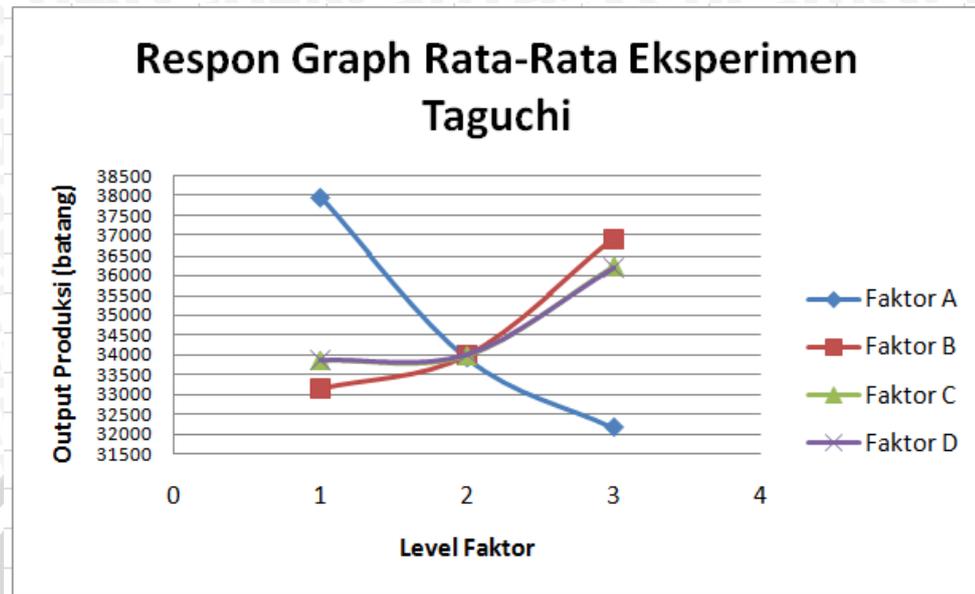
3. Membuat *response Tabel* dan *response graph*

Response Tabel dibuat dengan tujuan untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon (output produksi), dengan cara melihat perbedaan nilai rata-rata respon antar level faktor dan juga mengurutkan perbedaan level faktor tersebut dari yang terbesar sampai terkecil. Pada Tabel 4.9 berikut ini menjelaskan *response Tabel* untuk penelitian ini:

Tabel 4.9 Tabel Respon Nilai Rata-rata

	Faktor			
	A	B	C	D
level 1	37966.67	33130	33841.11	33857.78
level 2	33916.67	33980	33963.33	34002.22
level 3	32155.56	36928.89	36234.44	36178.89
Selisih	5811.11	3798.89	2393.33	2321.11
Ranking	1	2	3	4

Berikut ini merupakan *response graph* nilai rata-rata



Gambar 4.6 Response Graph Rata-rata Hasil Eksperimen Taguchi

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$SS_{total} = \sum Y^2$$

$$SS_{total} = 34720^2 + 34760^2 + 34790^2 + \dots + 32870^2$$

$$SS_{total} = 32834732300$$

5. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*

$$mean(S_m) = n\bar{y}^2$$

$$mean = 27 * 34679,63^2$$

$$mean = 32472271204$$

6. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$SS_A = n_{A1} * \bar{A1}^2 + n_{A2} * \bar{A2}^2 + n_{A3} * \bar{A3}^2 - S_m$$

$$SS_A = (9 * 37966,67^2) + (9 * 33916,67^2) + (9 * 32155,56) - 32472271204$$

$$SS_A = 159819074$$

7. Menghitung nilai *sum of squares due to error*

$$SS_e = SS_{total} - mean(S_m) - \sum SS_j$$

$$SS_e = SS_{total} - S_m - (SS_A + SS_B + SS_C + SS_D)$$

$$SS_e = 32834732300 - 32472271204 - (159819074 + 71550007 + 32702785 + 30438896)$$

$$SS_e = 67950333$$

8. Menghitung derajat bebas untuk sumber-sumber variansi

Contoh perhitungan untuk faktor A

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

9. Menghitung nilai *mean sum of squares*

Mean sum of squares merupakan pembagian antara *sum of squares due to factors* dengan derajat bebas. Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$M_A = \frac{159819074}{2}$$

$$M_A = 79909537$$

10. Menghitung nilai *F ratio*

Nilai *F ratio* merupakan pembagian antara *mean sum of squares* dengan *error sum of squares*. Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{79909537}{3775019}$$

$$F_A = 21,17$$

11. Menghitung *pure sum of squares*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$SS_A' = SS_A - DF_A * M_e$$

$$SS_A' = 159819074 - (2 * 3775019)$$

$$SS_A' = 152269037$$

12. Menghitung *percent contribution*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_t} * 100\%$$

$$\rho A = \frac{152269037}{32834732300} * 100\%$$

$$\rho A = 42,01 \%$$

Hasil dari seluruh perhitungan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata dipaparkan pada Tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4.10 *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata Sebelum *Pooling*

Source	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio %	F-Tabel
A	159819074	2	79909537	21.17	152269037	42.01	3.55
B	71550007	2	35775004	9.48	63999970	17.66	3.55
C	32702785	2	16351393	4.33	25152748	6.94	3.55
D	30438896	2	15219448	4.03	22888859	6.31	3.55
E	67950333	18	3775019	1	98150481	27.08	
SSt	362461096	26	13940811		362461096	100	
Mean	32472271204	1					
SStotal	32834732300	27					

Kriteria faktor signifikan dapat dilihat dari perbandingan nilai F-Ratio dengan F- F Tabel ($F_{0,05,2,26} = 3,55$), jika nilai F-ratio lebih besar dari nilai F-Tabel maka faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon yaitu output produksi. Berdasarkan Tabel *analysis of variance* di atas, diketahui bahwa faktor A, B, C dan D memiliki pengaruh secara signifikan terhadap output produksi (batang) pada proses pelintingan sigaret kretek tangan.

13. *Pooling up*

Pada Metode Taguchi setelah menghitung ANOVA maka selanjutnya yaitu rekomendasi untuk penggunaan separuh jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan. Hal ini bertujuan agar adanya penghindaran dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. Untuk eksperimen ini menggunakan $L_9(3^4)$ dengan empat faktor terkontrol, maka hanya memerlukan kurang lebih dua (separuh dari empat faktor terkontrol) pengaruh utama untuk perkiraan. Dengan kata lain faktor-faktor yang tidak berpengaruh signifikan terhadap output produksi akan dilakukan *pooling up*, faktor-faktor tersebut yaitu faktor C (ukuran ruang kerja) dan faktor D (privasi). Berikut ini perhitungan untuk *pooling up* faktor C dan D.

$$\begin{aligned} SS(\text{pooled } e) &= SSe + SSC + SSD \\ &= 67950333 + 32702785 + 30438896 \\ &= 131092014,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DF (\text{pooled } e) &= DFe + DFC + DFD \\
 &= 18 + 2 + 2 = 22 \\
 MS (\text{pooled } e) &= \frac{S (\text{pooled } e)}{DF (\text{pooled } e)} \\
 &= \frac{131092014,8}{22} = 5958727,946
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.11 berikut ini merupakan hasil perhitungan *analysis of variance* nilai rata-rata setelah *pooling*

Tabel 4.11 *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata Setelah *Pooling*

Source	Pool	SS	DF	MS	f ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A		159819074.1	2	79909537	13.4105	147901618.2	40.80483	3,55
B		71550007.41	2	35775004	6.003799	59632551.52	16.45212	3,55
C	Y	32702785.19						3,55
D	Y	30438896.3						3,55
error	Y	67950333.33						
pooled		131092014.8	22	5958728	1	154926926.6	42.74305	
SSt		362461096.3	26	13940811		362461096.3	100	
Sm		32472271204	1					
Sstotal		32834732300	27					

Berikut ini merupakan hasil *analysis of variance* nilai rata-rata sesudah *pooling up*

Tabel 4.12 *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata Setelah *Pooling*

Source	SS	DF	MS	f ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A	159819074.1	2	79909537	13.4105	147901618.2	40.80483	3,55
B	71550007.41	2	35775004	6.003799	59632551.52	16.45212	3,55
pooled	131092014.8	22	5958728	1	154926926.6	42.74305	
SSt	362461096.3	26	13940811		362461096.3	100	
Sm	32472271204	1					
Sstotal	32834732300	27					

Berdasarkan analisis hasil dari *analysis of variance* untuk nilai rata-rata, dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi output produksi yaitu faktor A (warna meja) dan faktor B (jarak antar operator). Dengan kata lain kedua faktor tersebut memiliki kontribusi paling besar untuk meningkatkan nilai rata-rata eksperimen pada output produksi, Namun faktor yang lain juga memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap output produksi pelintangan rokok, tetapi nilainya lebih kecil dibandingkan faktor yang lain.

Perhitungan besar persen kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi *error* adalah sebesar 42,74 %, maksudnya bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi

nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen. Dalam eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya $\leq 50\%$, dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen telah dilibatkan. Dengan persen kontribusi $\leq 50\%$, hasil eksperimen Taguchi telah memenuhi kriteria sebagai model untuk memprediksi nilai rata-rata optimumnya.

4.3.1.3 Perhitungan *Analysis of Variance* Nilai *Signal to Noise Ratio*

Perhitungan *analysis of variance* nilai SNR berguna untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pengurangan variansi pada suatu karakteristik kualitas. Pada penelitian atau eksperimen ini karakteristik kualitas yang dituju yaitu LTB (*Larger the Better*) pada output produksi proses pelintingan, dimana semakin tinggi nilai output produksi yang dihasilkan maka semakin baik. Berikut ini merupakan perhitungan dari ANOVA nilai SNR:

1. Menghitung nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta}{9}$$

$$\bar{\eta} = \frac{90,82 + 91,10 + \dots + 90,34}{9}$$

$$\bar{\eta} = 90,77$$

2. Menghitung nilai rata-rata SNR pada setiap level faktor

Berikut ini merupakan rumus perhitungan nilai rata-rata SNR pada setiap level faktor:

$$\bar{\eta} = \frac{\eta'_{ijk}}{\eta_{ijk}}$$

dimana,

$\bar{\eta}$ = nilai rata-rata setiap level faktor

η'_{ijk} = nilai rata-rata SNR setiap eksperimen ke-i untuk faktor j level k

η_{ijk} = jumlah eksperimen faktor j level k

Contoh perhitungan untuk faktor A level 1:

$$\bar{\eta} = \frac{90,82 + 91,10 + 92,78}{3}$$

$$\bar{\eta} = 90,77$$

3. Membuat *response Tabel* dan *response graph*

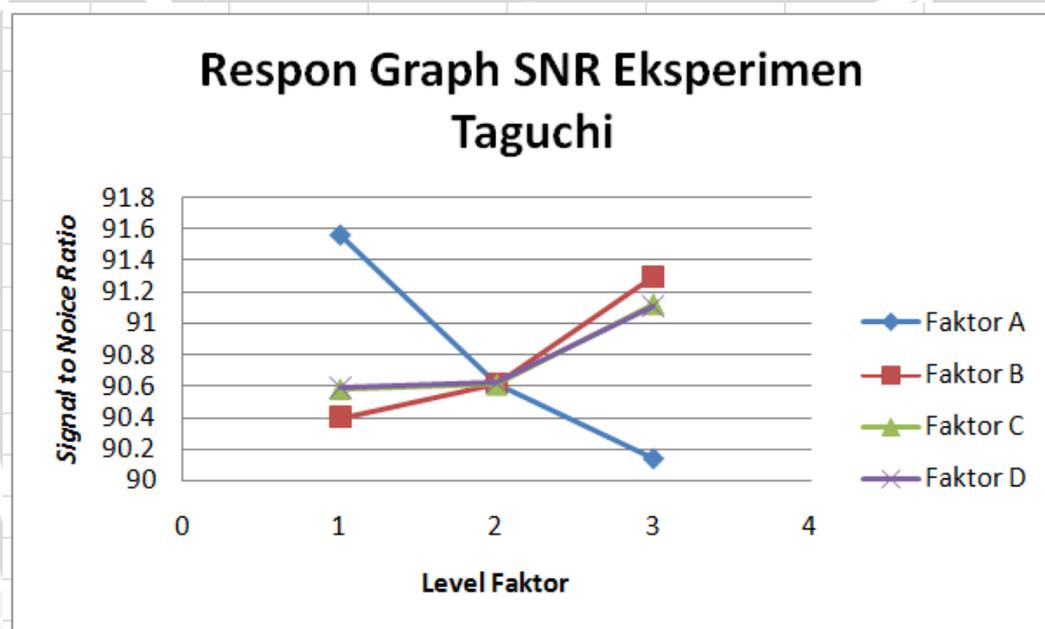
Pada pembuatan *response Tabel* memiliki tujuan yang sama seperti perhitungan ANOVA nilai rata-rata, yaitu untuk mengetahui efek dari setiap level faktor

terhadap respon (output produksi), dengan cara melihat perbedaan nilai rata-rata respon antar level faktor dan juga mengurutkan perbedaan level faktor tersebut dari yang terbesar sampai terkecil. Pada Tabel 4.13 berikut ini menjelaskan *response Tabel ANOVA* nilai SNR pada penelitian ini:

Tabel 4.13 Tabel Respon untuk Nilai SNR

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	91.56	90.40	90.58	90.59
Level 2	90.61	90.62	90.61	90.62
Level 3	90.14	91.30	91.12	91.11
Selisih	1.42	0.90	0.53	0.49
Ranking	1	2	3	4

Response graph nilai SNR dapat dilihat pada Gambar berikut ini :

Gambar 4.7 *Response graph* nilai SNR

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$SS_{total} = \sum \eta^2$$

$$SS_{total} = 90,82^2 + 91,10^2 + \dots + 90,34^2$$

$$SS_{total} = 74160,85$$

5. Menghitung nilai *sum of squares due to mean*

$$Sm = \eta * \bar{\eta}^2$$

$$Sm = 9 * 90,77^2$$

$$Sm = 74155,32$$

6. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$SS_A = n_{A1} * \bar{\eta A1}^2 + n_{A2} * \bar{\eta A2}^2 + n_{A3} * \bar{\eta A3}^2 - Sm$$

$$SS_A = (3 * 91,56^2) + (3 * 90,61^2) + (3 * 90,14^2) - 74155,32$$

$$SS_A = 3,15$$

$$S(\text{pooled } e) = SSC + SSD$$

$$S(\text{pooled } e) = 0,54 + 0,51$$

$$S(\text{pooled } e) = 1,05$$

7. Menghitung derajat bebas untuk sumber-sumber variansi

Contoh perhitungan untuk faktor A

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

8. Menghitung nilai *mean sum of squares*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$M_A = \frac{3,15}{2}$$

$$M_A = 1,57$$

9. Menghitung nilai *F ratio*

Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{1,574}{0,262}$$

$$F_A = 6,011$$

10. Menghitung *pure sum of squares*

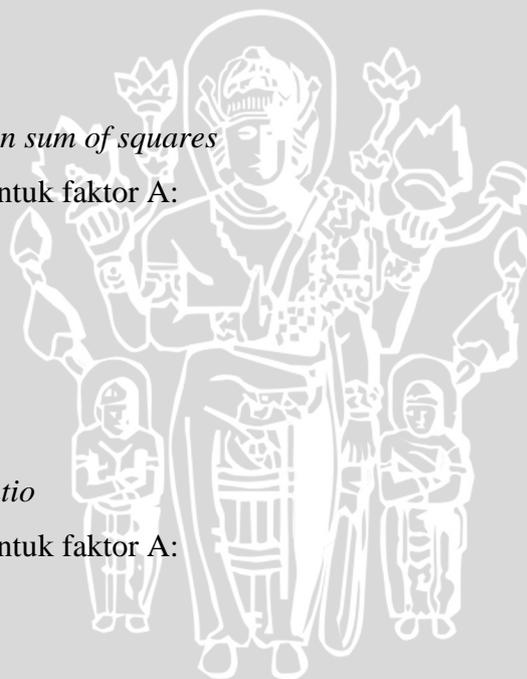
Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$SS_A' = SS_A - DF_A * M_e$$

$$SS_A' = 3,148 - (2 * 0,262)$$

$$SS_A' = 2,624$$

11. Menghitung *percent contribution*



Contoh perhitungan untuk faktor A:

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_t} * 100\%$$

$$\rho_A = \frac{2,624}{5,531} * 100\%$$

$$\rho_A = 47,449 \%$$

Hasil dari seluruh perhitungan *analysis of variance* untuk nilai SNR dipaparkan pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 *Analysis of Variance* Nilai SNR Setelah *Pooling*

Source	Pool	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A		3.148	2	1.574	6.011	2.624	47.449	6,94
B		1.336	2	0.668	2.550	0.812	14.678	6,94
C	Y	0.541						
D	Y	0.506						
E		1.047	4	0.262	1	2.095	37.874	
SSt		5.531	8			5.531	100	
Mean		74155.324	1					
Sstotal		74160.855	9					

Perhitungan SNR dapat digunakan sebagai pemilihan *setting level* optimal dari level faktor yang telah digunakan pada suatu eksperimen. Penggunaan SNR juga dapat meminimumkan *error of variance*, yaitu variansi yang ditimbulkan oleh faktor-faktor yang tak terkendali.

Berdasarkan perhitungan ANOVA untuk nilai SNR diatas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi pada *error* sebesar 37,874, yang menunjukkan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen ini. Sama seperti penjelasan ANOVA nilai rata-rata, bahwa jika persen kontribusi diharapkan nilainya $\leq 50\%$ karena dengan nilai tersebut semua faktor-faktor yang penting telah dilibatkan.

4.3.2 Penentuan *Setting Level* Optimal

Berikut ini merupakan Tabel perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen ini yang dipaparkan untuk mencari *setting level* optimal terhadap output produksi pada pelintingian sigaret kretek tangan.

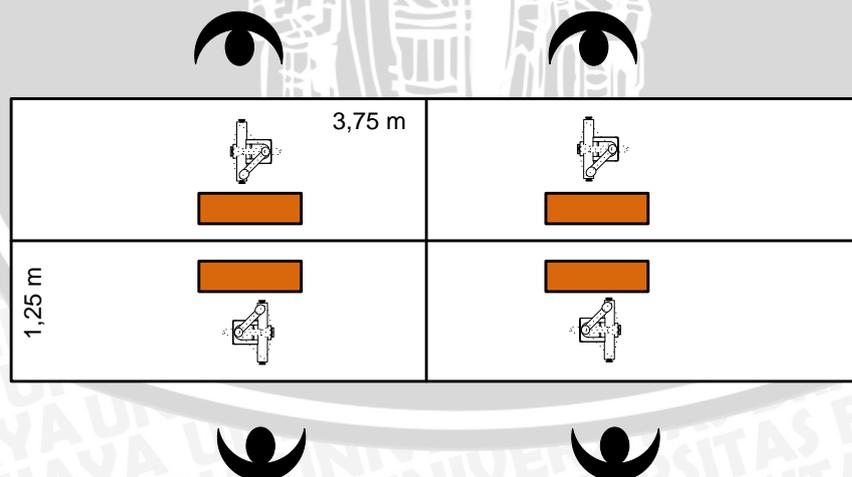
Tabel 4.15 Tabel Penentuan *Setting Level*

Faktor	\bar{y} (rata-rata)	σ (variansi)	Pengaruh	<i>Setting Level</i>
A	✓1	✓1	Signifikan terhadap rata-rata dan variansi	A1
B	✓3	✓3	Signifikan terhadap rata-rata dan variansi	B3
C	X	X	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan variansi	C3
D	X	X	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan variansi	D3

Keterangan:

- ✓ : menunjukkan faktor tersebut signifikan
- X : menunjukkan faktor tersebut kurang signifikan
- ✓1 : menunjukkan ranking pada Tabel respon

Berdasarkan Tabel penentuan *setting level* optimal diatas dapat diketahui bahwa kombinasi level yang optimal yaitu faktor A level 1 untuk warna meja (putih), faktor B level 3 untuk jarak antar operator (70 cm) faktor C level 3 untuk ukuran ruang kerja (pengaruh suara dengan volume kecil), dan faktor D level 3 untuk privasi (sekat disamping dan di tengah operator). Ilustrasi operator di meja pelintingian PT Bayi Kembar keadaan optimal dapat dilihat pada Gambar



Gambar 4.8 Ilustrasi Operator di meja pelintingian PT Bayi Kembar keadaan optimal

4.3.3 Perkiraan Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan

Perhitungan *setting* level telah ditemukan maka langkah selanjutnya yang ditempuh yaitu membuat perkiraan kondisi optimal dari output produksi berdasarkan nilai rata-rata dan juga nilai SNR. Perkiraan *setting* level ini dilakukan dengan cara membandingkan pada hasil eksperimen konfirmasi kedepannya, dimana jika nilai perkiraan dari hasil eksperimen memiliki nilai hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat yang ada. Sedangkan untuk perhitungan selang kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level-level faktor prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal sesuai level-level optimal yang didapat.

1. Perkiraan kondisi optimal dan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen
 - a. Berikut ini merupakan perhitungan perkiraan kondisi optimal nilai rata-rata:

Nilai rata-rata untuk seluruh data yaitu $\bar{y} = 34679,63$

$$\mu_{prediksi} = \bar{y} + (\overline{A1} - \bar{y}) + (\overline{B3} + \bar{y})$$

$$\mu_{prediksi} = \overline{A1} + \overline{B3} - \bar{y}$$

$$\mu_{prediksi} = 37966,67 + 36928,89 - 34679,63$$

$$\mu_{prediksi} = 40215,93 \text{ batang}$$

- b. Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan nilai rata-rata:

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

Dengan *neff*:

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9 * 3}{DF_{\mu} + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{27}{1 + 2 + 2} = 5,4$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut:

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;22} * 5958727,9 * \left| \frac{1}{5,4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4,3 * 5958727,9 * \left| \frac{1}{5,4} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 2178,28$$

Maka selang kepercayaan untuk rata-rata proses optimal:

$$\begin{aligned} \mu_{prediksi} - CI_{mean} &\leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + CI_{mean} \\ 40215,93 - 2178,28 &\leq \mu_{prediksi} \leq 40215,93 + 2178,28 \\ 38037,65 &\leq \mu_{prediksi} \leq 42394,21 \end{aligned}$$

2. Perkiraan kondisi optimal dan selang kepercayaan untuk nilai SNR

a. Berikut ini merupakan perhitungan perkiraan kondisi optimal nilai SNR:

Nilai rata-rata untuk SNR seluruh data yaitu $\bar{\eta} = 90,77$

$$\eta_{prediksi} = \bar{\eta} + (\overline{A1} - \bar{\eta}) + (\overline{B3} + \bar{\eta})$$

$$\eta_{prediksi} = \overline{A1} + \overline{B3} - \bar{\eta}$$

$$\eta_{prediksi} = 91,56 + 91,30 - 90,77$$

$$\eta_{prediksi} = 92,09$$

b. Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan nilai SNR:

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

Dengan $neff$:

$$neff = \frac{\text{total number of experiment}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{9}{DF\eta + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{9}{1 + 2 + 2} = 1,8$$

Maka selang kepercayaan untuk nilai SNR :

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;4} * 0,262 * \left| \frac{1}{1,8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 * 0,262 * \left| \frac{1}{1,8} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 1,122$$

$$\eta_{prediksi} - CI_{SNR} \leq \eta_{prediksi} \leq \eta_{prediksi} + CI_{SNR}$$

$$90,77 - 1,122 \leq \eta_{prediksi} \leq 90,77 + 1,122$$

$$89,648 \leq \eta_{prediksi} \leq 91,892$$

4.4 Tahap Validasi

Pada tahap validasi ini melakukan eksperimen konfirmasi guna memvalidasi hasil dari *setting level* yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya.

4.4.1 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi sendiri merupakan proses terakhir dari proses perancangan percobaan, dimana eksperimen ini dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor-faktor dan level-level hasil evaluasi sebelumnya.

Dalam eksperimen konfirmasi menentukan kombinasi level terbaik dari faktor-faktor yang signifikan merupakan tugas utama dari eksperimen ini. Untuk faktor-faktor yang tidak signifikan tetap diikuti dalam eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik guna ditetapkan pada sembarang level. Untuk tujuan eksperimen konfirmasi sendiri yaitu untuk memvalidasi terhadap kesimpulan yang diperoleh dari tahap analisa sebelumnya, dimana jumlah *sampel* yang digunakan untuk eksperimen konfirmasi yaitu ≥ 10 sampel.

Untuk eksperimen konfirmasi dalam percobaan ini dilakukan di PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang dengan hasil pengujian output produksi pelintingan SKT eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16 Hasil Output Produksi Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Jam Kerja	Output Produksi
1	8 jam	39890
2	8 jam	40120
3	8 jam	39880
4	8 jam	39760
5	8 jam	40050
6	8 jam	39900
7	8 jam	39950
8	8 jam	40070
9	8 jam	39890
10	8 jam	39910

Sumber: PT Bayi Kembar Sumber Pucung Malang

Setelah mendapatkan data diatas maka langkah selanjutnya yaitu dianalisis hingga mendapatkan nilai selang kepercayaan untuk dibandingkan dengan selang kepercayaan pada kondisi optimal, hal itu merupakan syarat dari eksperimen konfirmasi guna validasi diterima atau tidaknya percobaan output produksi pada proses pelintingan Sigaret Kretek Tangan ini. Berikut ini merupakan perhitungan nilai rata-rata dan juga variansi:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Dengan,

μ = nilai rata – rata

y_i = nilai sampel ke – i

n = jumlah sampel

Untuk perhitungan nilai rata-rata sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{10} (39490 + 40120 + \dots + 40210)$$

$$\mu = 39889$$

Untuk perhitungan variansi didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

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

Dengan,

$\sigma^2 = \text{variansi}$

$\mu = \text{nilai rata - rata}$

$y_i = \text{nilai sampel ke } - i$

$n = \text{jumlah sampel}$

Untuk jumlah sampel kurang dari 30 maka rumus perhitungan variansi menjadi seperti beriku ini:

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

$$\sigma^2 = \frac{1}{10-1} ((39889 - 39890)^2 + \dots + (39889 - 39910)^2)$$

$$\sigma^2 = 11662,22$$

Untuk perhitungan SNR hasil eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right|$$

$$\eta = -10 \log_{10} \left| \frac{1}{10} \left(\frac{1}{39890^2} + \dots + \frac{1}{39910^2} \right) \right|$$

$$\eta = 92,02$$

4.4.1.1 Analisa Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi baik untuk nilai rata-rata dan juga nilai SNR. Seperti pada kondisi optimal, tujuan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi yaitu untuk membuat suatu perkiraan dari level-level faktor. Untuk selang kepercayaan sendiri akan dibandingkan antara selang kepercayaan optimal dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, ini akan mengGambarkan apakah percobaan ini diterima atau ditolak kevalidannya dengan cara membandingkan dalam bentuk grafik.

Berikut ini merupakan perhitungan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata dan juga untuk nilai SNR:

1. Selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;22} * 5958727,9 * \left| \frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4,3 * 5958727,9 * \left| \frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{mean} = \pm 2703,17$$

Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata :

$$\mu_{confirmation} - CI_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{mean}$$

$$39942 - 2703,17 \leq \mu_{confirmation} \leq 39942 + 2703,17$$

$$37238,83 \leq \mu_{confirmation} \leq 42645,17$$

2. Selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha;v1;v2} * MSe * \left| \frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;4} * 0,262 * \left| \frac{1}{1,8} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 * 0,262 * \left| \frac{1}{1,8} + \frac{1}{10} \right|}$$

$$CI_{SNR} = \pm 1,324$$

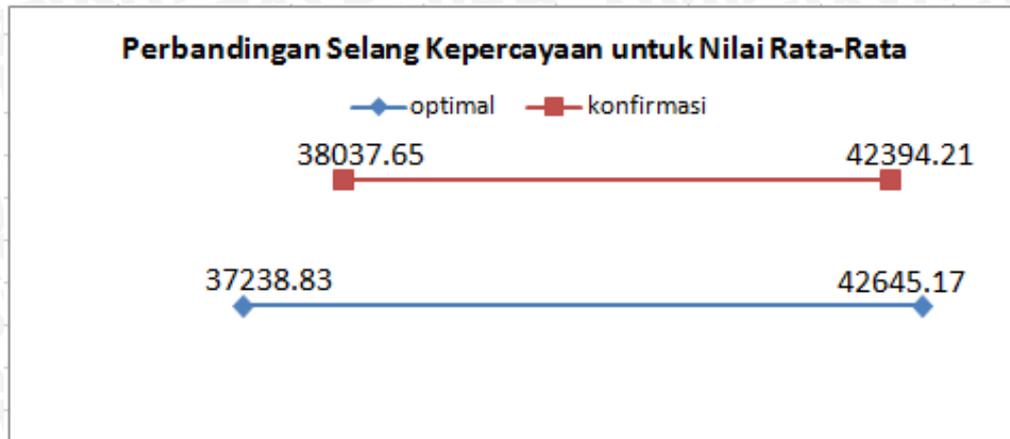
Maka selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR :

$$\mu_{confirmation} - CI_{SNR} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{SNR}$$

$$92,02 - 1,324 \leq \mu_{confirmation} \leq 92,02 + 1,324$$

$$90,704 \leq \mu_{confirmation} \leq 93,352$$

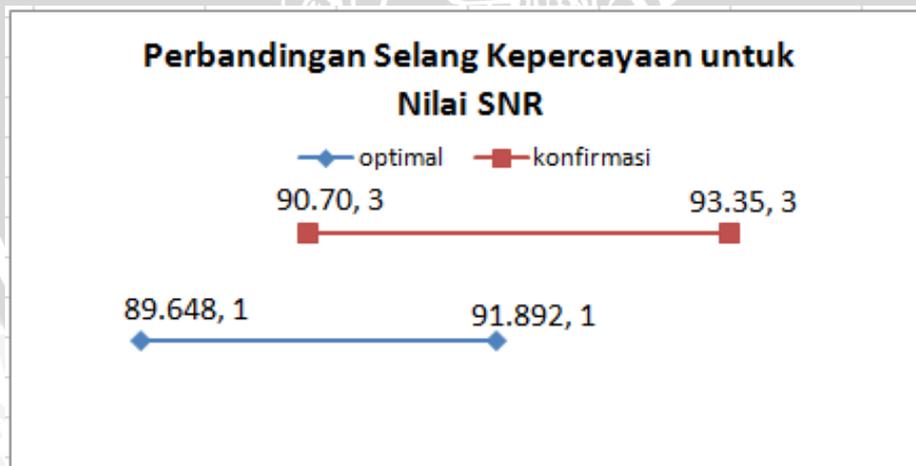
Setelah menghitung selang kepercayaan eksperimenSetelah menghitung selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, maka tahap selanjutnya yaitu membandingkan selang kepercayaan optimal dan eksperimen konfirmasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk selang kepercayaan nilai rata-rata dan Gambar 4.5 untuk selang kepercayaan untuk nilai SNR berikut ini.



Gambar 4.9 Perbandingan Selang Kepercayaan Untuk Nilai Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan karena pada Gambar 4.9 menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval hasil optimal. Hasil Gambar 4.9 di atas didapatkan dari Tabel 2.6 sub bab 2.9 mengenai perbandingan interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan eksperimen metode Taguchi yang menunjukkan bahwa keputusan diterima, begitu juga pada perbandingan selang kepercayaan nilai SNR untuk Gambar 4.10.

Untuk perbandingan selang kepercayaan nilai SNR dapat dilihat pada Gambar berikut ini:



Gambar 4.10 Perbandingan Selang Kepercayaan Untuk Nilai SNR

Berdasarkan Gambar diatas dapat dilihat pula hasil dari eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR juga dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan dikarenakan nilai selang kepercayaan eksperimen konfirmasi berada dalam nilai optimal.

4.4.2 Perhitungan Quality Loss Function

Berikut adalah hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk kondisi actual dan kondisi optimal.

Tabel 4.17 Nilai rata-rata dan Standar Deviasi untuk perhitungan Quality Loss Function

	Kondisi Aktual	Kondisi Optimal
Rata – Rata	32042	39942
Standar Deviasi	316.39	107.99

Perhitungan quality loss function, terdapat nilai koefisien untuk fungsi kerugian yang terdiri dari A_0 dan Δ . Nilai A_0 adalah nilai kerugian yang harus ditanggung perusahaan jika produknya tidak memenuhi persyaratan/spesifikasi. Nilai A_0 merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membuat satu batang Sigaret Kretek Tangan. Besar A_0 dalam eksperimen ini adalah harga pokok produksi untuk satu batang SKT yaitu Rp 110,00. Sedangkan nilai Δ adalah batas minimal produk mampu diproduksi dalam sehari oleh 10 orang operator (batang) sebesar 32000. Sehingga diperoleh nilai koefisien untuk fungsi kerugian perusahaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} k &= A_0 \times \Delta^2 \\ &= 110 \times (32000)^2 \\ &= 3.520.000 \end{aligned}$$

Setelah diketahui koefisien biayanya maka persamaan quality loss functionnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L(Y) &= k \left\| \frac{1}{\mu^2} \left\| 1 + \left\| \frac{\sigma^2}{\mu^2} \right\| \right\| \right. \\ L(Y) &= 3.520.000 \left\| \frac{1}{(32042)^2} \left\| 1 + \left\| 3 \frac{(316.39)^2}{(32042)^2} \right\| \right\| \right. \\ L(Y) &= 0,003429 \end{aligned}$$

Loss Function untuk kondisi optimalnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L(Y) &= k \left\| \frac{1}{\mu^2} \left\| 1 + \left\| \frac{\sigma^2}{\mu^2} \right\| \right\| \right. \\ L(Y) &= 4.400.000 \left\| \frac{1}{(39942)^2} \left\| 1 + \left\| 3 \frac{(107,99)^2}{(107,99)^2} \right\| \right\| \right. \\ L(Y) &= Rp 0,002758 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *quality loss function* untuk perusahaan pada kondisi sebelum

dan sesudah penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Quality Loss Function

Quality Loss Function	
Sebelum Penelitian (aktual)	Sesudah Penelitian (optimal)
Rp 0.003429	Rp 0.002758

Dari hasil perhitungan quality loss function dapat dilihat bahwa setelah penelitian ini, nilai QLF lebih kecil dari nilai QLF sebelum adanya penelitian ini. Hal ini membuktikan bahwa kerugian yang ditanggung perusahaan berkurang sebesar Rp 0,00067,-/batang.

4.5 Analisa Pembahasan

4.5.1 Perhitungan Analysis of Variance Nilai Rata-Rata

Analisis hasil dari *analysis of variance* untuk nilai rata-rata sebelum dilakukan pooling, dapat diketahui bahwa semua faktor yaitu faktor A (warna meja), faktor B (jarak anatar operator), faktor C (ukuran ruang kerja), dan faktor D (privasi) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variable respon (output produksi pelintingn sigaret kretek tangan) karena nilai F-Ratio lebih besar dibandingkan nilai F Tabel ($F_{0,05,2,26}$) = 3,55. Setelah didapatkan hasil perhitungan ANOVA yaitu untuk mengetahui faktor yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap variable respon langkah selanjutnya yang dilakukan adalah *pooling up* dengan penggunaan separuh derajat kebebasan pada *orthogonal array* yaitu 2 faktor terkontrol. Karena pada perhitungan ANOVA semua faktor mempunyai pengaruh yang signifikan maka pada pooling up diambil 2 faktor yang mempunyai signikansi yang paling kecil yaitu faktor C (ukuran ruang kerja), dan faktor D (privasi). Hasil *pooling up* menunjukkan bahwa persen kontribusi error adalah sebesar 42,74 % yang berarti bahwa semua faktor yang signifikan dalam eksperimen mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen dan sudah sesuai dengan metode Taguchi yaitu persen kontribusi diharapkan mempunyai nilai \leq 50%.

4.5.2 Perhitungan Analysis of Variance Nilai Signal to Noise Ratio

Perhitungan *analysis of variance* nilai SNR digunakan untuk pemilihan setting level optimal dari level faktor yang digunakan dalam eksperimen. Besar persen kontribusi pada perhitungan ANOVA SNR menunjukkan hasil sebesar 37,874 % atau \leq

50%. yang menunjukkan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen ini. Setelah melakukan perhitungan analysis of variance nilai rata-rata dan SNR dapat diketahui setting level optimal yang terpilih. Dalam eksperimen ini setting level optimal yang terpilih yaitu A1 (warna meja putih), B3 (jarak antar operator 70 cm), C3 (ukuran ruang kerja pengaruh suara kecil) dan D3 (pemberian sekat ditengah operator yang berhadapan dan disamping kanan kiri operator). Hal ini sesuai dengan hasil kuisioner awal bahwa faktor yang dirasa mempunyai pengaruh terhadap output produksi yang dihasilkan oleh operator yaitu warna meja dan jarak antar operator yang memberikan pengaruh paling besar.

4.5.3 Perkiraan Kondisi Optimal dan Selang Kepercayaan

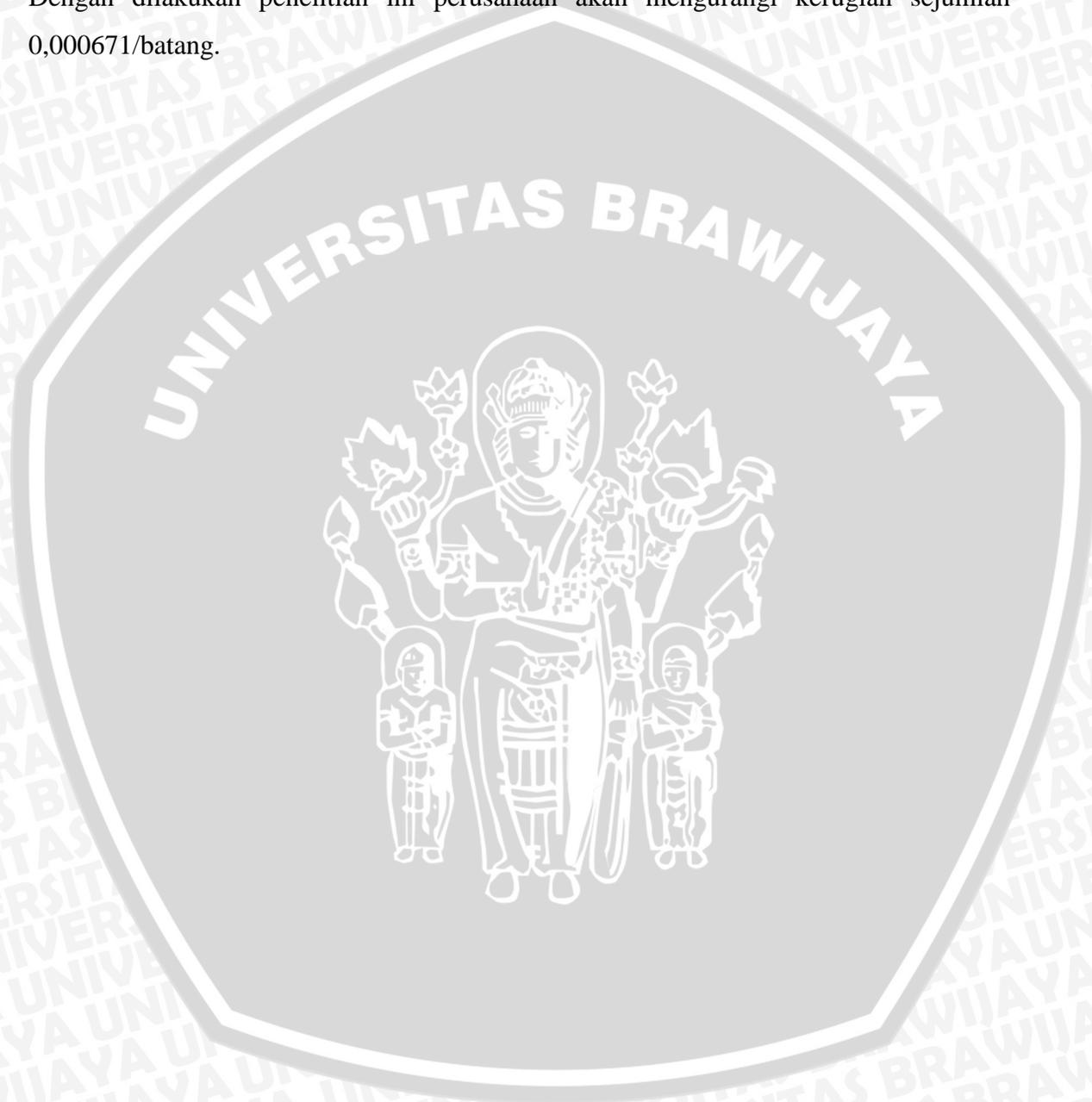
Untuk perhitungan selang kepercayaan nilai rata-rata proses optimal adalah $38037,65 \leq \mu_{prediksi} \leq 42394,21$. Sedangkan pada nilai rata-rata SNR didapatkan hasil $89,648 \leq \eta_{prediksi} \leq 91,892$. Ini berarti apabila faktor dan level lingkungan kerja fisik diterapkan pada proses pelintangan SKT output yang dihasilkan akan berkisar antara 3807,65 dan 42394,21 dan besarnya nilai rata-rata SNR akan berkisar antara 89,648 dan 91,892.

4.5.4 Analisis Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

Dari hasil perhitungan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata menunjukkan nilai selang konfirmasi sebesar $37238,83 \leq \mu_{confirmation} \leq 42645,17$. Ini berarti ketika faktor dan level diterapkan pada proses pelintangan SKT output produksi yang dihasilkan antara 37238,83 dan 42645,17. Setelah dibandingkan dengan selang kepercayaan optimal yaitu antara 3807,65 dan 42394,21, eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval optimal yang berarti eksperimen diterima. Sedangkan untuk nilai selang kepercayaan SNR $90,704 \leq \mu_{confirmation} \leq 93,352$. Ini berarti ketika faktor dan level diterapkan pada proses pelintangan SKT output produksi yang dihasilkan antara 90,704 dan 93,352. Setelah dibandingkan dengan selang kepercayaan kondisi optimal yaitu antara 89,648 dan 91,892, eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval optimal yang berarti bahwa eksperimen taguchi secara keseluruhan dapat diterima.

4.5.5 Analisis Quality Loss Function

Perhitungan *Quality Loss Function* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kerugian yang ditanggung oleh perusahaan dalam kondisi actual dibandingkan dengan kondisi optimal. Dari perhitungan *quality loss function* sebelum penelitian (actual) adalah sebesar Rp 0,003429 dan setelah penelitian adalah sebesar Rp 0,002758. Dengan dilakukan penelitian ini perusahaan akan mengurangi kerugian sejumlah 0,000671/batang.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni, Putri. 2011. Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada Perusahaan Brem Bali Firma Udiyana di Sanur, Denpasar. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Bali: Universitas Udayana.
- Belavendram, 1995. *Quality by Design : Taguchi Techniques for industrial Experimentation*. Prentice Hall, London.
- Dorothea, W.A.,2004.*Pengendallian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Grandjean, e. 1993. *Fitting The Task to the Man*, 4th edit. Taylor & francis inc. London.
- NitiseMITO, S. Alek, 2002.*Manajemen Personalia*, Cetakan ke *Duabelas*, Penerbit Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Reason, J. 1990, *Human error*. Cambridge university Press
- Peraturan menteri perburuhan (pmp) no.7: 1964. Syarat kesehatan, kebersihan serta perancangan dalam tempat kerja. Jakarta.
- Sanders, m.s. & McCormick, e.j. 1987. *Human Factors in Engineering and Design*, 6thed. mcgraw-hill book company. usa:331-454.
- Soejanto, Irwan, 2007, *Rekayasa Kualitas : Eksperimen dengan Teknik Taguchi*, Penerbit Yayasan Humaniora, Surabaya
- Suhardi. (2008). *Perancangan Sistem Kerja Dan Ergonomi Industri*. Prosiding. Seminar Nasional ergonomic
- Suma'mur, p.k. 1984. *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Cet-4, penerbit pt. Gunung agung. Jakarta: 82-92.
- Susilo, Tri. 2011. Analisis Pengaruh Faktor Lingkungan Fisik dan Non Fisik Terhadap Stress Kerja Pada PT. Indo Bali di Kecamatan Nrgara, Kabupaten Jimbaran, Bali. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Bali :Universitas Udayana
- Sritomo Wignjosoebroto, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Guna Widya Jakarta : 2000

Lampiran 1 :



LINGKUNGAN KERJA FISIK

Tujuan

Kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan kerja fisik yang mempengaruhi kinerja operator pelintingan PT. Bayi Kembar.

Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *check* (\checkmark) pada kolom Lingkungan Kerja Fisik yang berpengaruh terhadap output yang dihasilkan oleh operator pada proses pelintingan PT. Bayi Kembar dan perlu dilakukan perbaikan.

No	Faktor Lingkungan Kerja Fisik	Deskripsi	Perlu dilakukan perbaikan	
			Ya	Tidak
1	Temperatur	Keadaan panas atau dingin ruang pelintingan PT. Bayi Kembar		
2	Pencahayaan	Pengaturan pencahayaan yang dapat meningkatkan kemampuan mata untuk melihat obyek kerja, membedakan warna, dan tidak adanya silau (<i>glare</i>)		
3	Kebisingan	Sumber suara keras yang dapat mengganggu konsentrasi (Contoh: suara mesin, atau pengangkut material di pabrik)		
4	Kebersihan	Pengaturan pembuangan sampah di ruang pelintingan PT. Bayi Kembar		
5	Bau-bauan	Bau atau aroma lain selain tembakau, cengkeh, dan bahan baku pembuatan rokok.		
6	Kelembaban	Kadar air dalam ruangan		
7	Sirkulasi Udara	Aliran udara yang ada di ruang pelintingan PT. Bayi Kembar.		

No	Faktor Lingkungan Kerja Fisik	Deskripsi	Perlu dilakukan perbaikan	
			Ya	Tidak
8	Getaran Mekanis	Getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis sehingga menimbulkan gocangan bagi tubuh (gempa ringan)		
9	Warna	Warna meja yang ada diruang proses pelentingan PT.Bayi Kembar.		
10	Rancangan Ruang Kerja			
	a. Ukuran ruang kerja	Ukuran ruang kerja operator proses pelentingan PT.Bayi Kembar.		
	b. Jarak antar operator	Jarak antara operator yang satu dengan operator yang lain		
	c. Privasi	Seekat antara operator satu dengan operator lain.		

Responden,

.....

