

**PERANCANGAN PARAMETER TAGUCHI
UNTUK OPTIMASI PROSES *COATING TABLET*
DENGAN MODEL *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
PADA INDUSTRI FARMASI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**EMA FARIKHATIN
0606029630**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ema Farikhatin

NPM : 0606029630

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2010

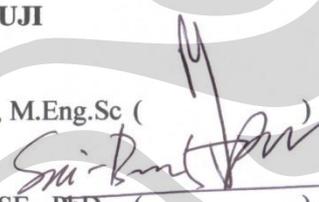
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ema Farikhatin
NPM : 0606029630
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perancangan Parameter Taguchi Untuk Optimasi
Proses *Coating Tablet* dengan Model *Artificial
Neural Network* Pada Industri Farmasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc (

Penguji 1 : Ir. Sri Bintang Pamungkas., MSISE., PhD ()

Penguji 2 : Ir. Rahmat Nurcahyo, M.Eng.Sc ()

Penguji 3 : Dendi P. Ishak, MSIE ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran serta dorongan dan bimbingan untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Dendi P. Ishak, MSIE selaku Co pembimbing yang telah memberikan dorongan dan bimbingan pada penulis dalam penyusunan skripsi ini;
3. Bapak Kurniawan, Bapak Supriyanto, Mbak Andri, Mbak Eri, Mbak Sonia, Reza, Riki, atas semua bantuan, informasi, dan bimbingannya selama berada di perusahaan;
4. Abi Momo, umik tercinta, yang telah memberikan perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan moril yang sangat berarti bagi penulis;
5. Abang Gudfan Arif, Mbak Lala, Mbak Widya yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan materiil kepada penulis;
6. Dek Yuyun, Mas Wahyu, Mas Didik yang bersedia menjadi tempat berkeluh kesah bagi penulis selama penulisan skripsi ini;
7. Lindi, Anisa, Mutia, Fitria, Nina, Tuty, Hana, Yunika, Eki dan seluruh TI'06 tercinta atas empat tahun yang tidak akan pernah dilupakan penulis karena sangat indahya;
8. Ahmad Barlianta, Shinta Naulyta, Mona Ariesta, Debbie, Nurul Fikri, Nuning, teman satu bimbingan yang telah memberikan keceriaan, semangat, dan banyak masukan pada penulis;
9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dari awal sampai selesainya penulisan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan saudara dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Depok, Juni 2010

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ema Farikhatin

NPM/NIP : 0606029630

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

”Perancangan Parameter Taguchi untuk Optimasi Proses *Coating Tablet* dengan Model *Artificial Neural Network* pada Industri Farmasi”

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2010

Yang menyatakan

(Ema Farikhatin)

ABSTRAK

Nama : Ema Farikhatin
Program studi : Teknik Industri
Judul : Perancangan Parameter Taguchi Untuk Optimasi Proses *Coating Tablet* dengan Model *Artificial Neural Network* Pada Industri Farmasi

Peningkatan kualitas merupakan satu aspek yang dapat meningkatkan kepuasan pelanggan. Untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, perlu diketahui faktor terkontrol yang mempengaruhi dan bagaimana faktor tersebut harus diatur. Untuk memecahkan masalah ini dilakukan eksperimen menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini menjelaskan metode optimasi proses *coating tablet* dengan menggunakan metode desain parameter Taguchi dan *Neural Network model*. Metode Taguchi berfungsi untuk mengidentifikasi parameter proses yang optimum dan *Neural Network model* untuk memprediksi respon dari parameter proses

Kombinasi kedua pendekatan ini mampu mengidentifikasi parameter-parameter proses yang penting untuk merancang suatu desain penyetelan kondisi operasional proses yang tahan terhadap segala macam sumber variasi (*Robust Design*), tanpa harus melakukan eksperimen aktual pada proses.

Kata kunci:

Kualitas, Perancangan Parameter, Metode Taguchi, *Artificial Neural Network*, *Robust Design*, *Coating Tablet*

ABSTRACT

Name : Ema Farikhatin
Study Program : Industrial Engineering
Title : Coating Tablet Process Optimization using Taguchi
Method of Parameter Design and Neural Network Process
Model in Pharmaceutical Industry

The increasing quality of product is one of the main aspects that will increase the customer satisfaction. For Producing a high quality of product, we have to know control factors that influenced the process and how we can set them. This research paper describes the methods of manufacturing coating tablet process optimization, using the basis of Taguchi parameter design and Neural Network model. Taguchi experimental design used to predict the optimum process parameters in manufacturing process, while Neural Network model forecasts the responses from the process parameters.

This combination approach identifies the important factor settings to develop a setting design for the optimum operating condition that can stand from noise variables (Robust Design), without conduct an actual experiment on process.

Keywords:

Quality, Process Design, Taguchi Method, Artificial Neural Network, Robust Design, Coating Tablet

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
1.3 Perumusan Permasalahan.....	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Batasan Penelitian.....	7
1.6 Metodologi Penelitian.....	8
1.7 Sistematika Penulisan.....	13
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Sejarah Kualitas	14
2.1.1 Rekayasa Kualitas	14
2.1.2 Konsep Kualitas	17
2.1.3 Pengertian Kualitas menurut Taguchi	20
2.1.3.1 Hal-hal Penting dalam Perencanaan Peningkatan Kualitas	20
2.1.3.2 Kontribusi Taguchi pada Kualitas.....	21
2.1.3.3 Pendekatan Taguchi terhadap Rekayasa Kualitas.....	22
2.2 Desain Eksperimen.....	23
2.2.1 Pengertian Perancangan Eksperimen.....	23
2.2.1.1 Peranan dari Desain Eksperimen	23
2.2.1.2 Tiga Langkah dalam Desain Proses	24
2.2.1.3 Keuntungan Perancangan Eksperimen.....	24
2.2.1.4 Klasifikasi dari Desain Eksperimen	25
2.2.2 Pendahuluan Metode Taguchi.....	26
2.2.3 <i>Orthogonal Array</i>	27
2.2.3.1 Struktur <i>Orthogonal Array</i> (OA)	28
2.2.3.2 Penentuan dan Pemilihan <i>Orthogonal Array</i>	30
2.2.4 Tahapan Dalam Desain Eksperimen Taguchi	31
2.2.5 Faktor Terkendali dan Noise	34
2.3 Analisa Dalam Hasil Eksperimen	36

2.3.1 Analisa Varians (ANOVA).....	36
2.4 <i>Artificial Neural Network</i>	38
2.4.1 Definisi Jaringan Saraf Tiruan	38
2.4.2 Cara Kerja Kecerdasan Manusia	40
2.4.3 Pengertian Umum <i>Neural Network</i>	41
2.4.3.1 Keuntungan Penggunaan <i>Neural Network</i>	42
2.4.3.2 Fungsi Aktivasi <i>Neural Network</i>	42
2.4.4 Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i>	43
2.4.5 Pembelajaran ANN	45
2.4.5.1 Mekanisme Kerja <i>Multilayer Perceptron Neural Network</i>	46
2.4.5.2 <i>Back Propagation Multilayer Perceptron neural Network</i>	50
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	52
3.1 Profil Perusahaan	52
3.1.1 Area <i>Manufacturing</i>	53
3.1.2 Jenis produk	53
3.1.3 Aliran Dokumen.....	54
3.2 Pengumpulan Data Historis	60
3.2.1 Jenis Obat	61
3.2.2 Mesin <i>XL Cota 150</i>	62
3.2.3 Parameter Kondisi Operasional.....	63
3.3 Taguchi Desain Eksperimen	64
3.3.1 Penentuan Respon Kualitas.....	64
3.3.2 Penentuan Faktor.....	64
3.3.2.1 Faktor Kontrol	65
3.3.2.2 Faktor Pengganggu (<i>Noise</i>).....	65
3.3.3 Penentuan Level Faktor.....	66
3.3.4 Penentuan Matriks OA dan Penempatan Kolom Faktor	67
3.4 Pembuatan Model Tiruan <i>Neural Network</i>	69
3.4.1 <i>Training</i> dan <i>Testing</i> Model NN	69
BAB 4 PEMBAHASAN.....	76
4.1 Pengolahan Data.....	76
4.1.1 Pengolahan Data Desain Eksperimen	76
4.1.1.1 <i>Main Effect Analysis of Coated Tablet Rate Experiment</i>	79
4.1.1.2 Perhitungan <i>Signal to Noise Ratio</i>	80
4.1.2 Pembentukan <i>Main Effect Plot</i>	83
4.1.2.1 <i>Main Effect Plot</i> untuk <i>S/N Ratio</i>	84
4.1.2.2 <i>Main Effect Plot</i> untuk Nilai Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i>	87
4.2 Analisa ANOVA	91
4.2.1 Pencarian Faktor Kontrol yang Signifikan.....	91
4.2.2 ANOVA Untuk Nilai Rata-rata Berat <i>Coated Table</i>	92
4.2.2.1 Analisa ANOVA untuk Nilai Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i>	92
4.2.3 ANOVA untuk <i>S/N Ratio</i> Berat <i>Coated Tablet</i>	94

4.2.3.1 Analisa ANOVA untuk <i>S/N Ratio</i>	95
4.2.4 Usulan Rancangan Penyetelan Parameter Optimal.....	97
4.2.5 Analisa Usulan Rancangan Penyetelan.....	107
4.2.5.1 Prediksi Nilai Rancangan Penyetelan untuk Variabilitas	107
4.2.5.2 Prediksi Nilai Rancangan Penyetelan untuk Nilai Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i>	110
4.2.5.3 Eksperimen Konfirmasi dengan Model <i>Neural Network Prediction</i>	112
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	114
5.1 Kesimpulan	114
5.2 Saran.....	115
DAFTAR REFERENSI	117



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kontrol Kualitas pada Setiap Tahapan.....	36
Tabel 2.2	Rumus Perhitungan Tabel ANOVA.....	37
Tabel 3.1	Statistik Deskriptif Parameter Penyetelan.....	64
Tabel 3.2	Faktor Pengganggu.	66
Tabel 3.3	Faktor Kontrol dan level	66
Tabel 3.4	Matriks L_{27} <i>Partially Orthogonal Array</i>	69
Tabel 3.5	Daftar Output untuk Model Tiruan	73
Tabel 3.6	Parameter Model Tiruan NN.....	73
Tabel 3.7	Data Prediksi <i>Error</i> Model Tiruan NN	75
Tabel 4.1	Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan <i>Neural Network</i>	78
Tabel 4.2	Data Statistik Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan <i>NNpred.</i>	79
Tabel 4.3	Respon Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i> dari Pengaruh Faktor	80
Tabel 4.4	Pemecahan Interaksi Faktor Penyesuai Rata-rata	80
Tabel 4.5	Nilai <i>S/N Ratio</i> Tiap Eksperimen.....	82
Tabel 4.6	Respon Nilai <i>S/N Ratio</i> dari Pengaruh Faktor	82
Tabel 4.7	Pemecahan Interaksi Faktor Pengontrol Dispersi	83
Tabel 4.8	Nilai <i>S/N Ratio</i> Untuk Tiap Parameter Level.....	84
Tabel 4.9	Nilai <i>S/N Ratio</i> Untuk Tiap Parameter Level Optimal.....	86
Tabel 4.10	Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i> Untuk Tiap Parameter Level.....	87
Tabel 4.11	Selisih Rata-rata Berat <i>Coated Tablet</i> Tiap Parameter Level dengan Target.....	90
Tabel 4.12	Rata-rata Berat <i>coated tablet</i> Untuk Tiap Parameter Level Optimal.....	90
Tabel 4.13	<i>ANOVA</i> untuk Nilai Rata-Rata Berat <i>Coated Tablet</i>	92
Tabel 4.14	Faktor Penyesuai Rata rata yang Signifikan	93
Tabel 4.15	Persen Kontribusi Tiap Parameter terhadap Nilai Rata-rata Berat <i>Coated table</i>	94
Tabel 4.16	<i>ANOVA of Coated Tablet Rate Experiment</i>	95
Tabel 4.17	Faktor Pengontrol Dispersi	96
Tabel 4.18	Persen Kontribusi Tiap Parameter terhadap Nilai <i>S/N Ratio</i>	96
Tabel 4.19	Pembagian Faktor terkontrol.....	98
Tabel 4.20	Usulan Desain Penyetelan Optimal Parameter	106
Tabel 4.21	Nilai <i>S/N Ratio</i> Tiap Parameter Hasil Usulan Rancangan Optimal.....	108
Tabel 4.22	Prediksi Nilai <i>S/N Ratio</i> Optimal	108
Tabel 4.23	Nilai <i>S/N Ratio</i> Tiap Parameter Pada Kondisi Standard	109
Tabel 4.24	Prediksi Nilai <i>S/N Ratio</i> pada Kondisi Standard.....	109

Tabel 4.25	Nilai Rata-rata Berat <i>Coated tablet</i> Tiap Parameter Hasil Usulan Rancangan Optimal.....	110
Tabel 4.26	Prediksi Nilai Rata-rata Berat <i>Coated tablet</i> Optimal.....	111
Tabel 4.27	Nilai Rata-rata Berat <i>Coated tablet</i> Tiap Parameter Pada Kondisi Standard.....	111
Tabel 4.28	Nilai Rata-rata Berat <i>Coated tablet</i> pada Penyetelan Kondisi Standard.....	112
Tabel 4.29	Prediksi Berat <i>Coated tablet</i> dengan Model <i>NNpred</i>	113



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah Proses Coating Tablet.....	6
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian I.....	10
Gambar 1.3	Diagram Alir Metodologi Penelitian II	11
Gambar 1.4	Diagram Alir Metodologi penelitian III.	12
Gambar 2.1	Lambang <i>Orthogonal Array</i>	28
Gambar 2.2	Matriks <i>Orthogonal Array</i> L ₄	29
Gambar 2.3	Bentuk Dasar Neuron	39
Gambar 2.4	<i>Single Layer Neural Network</i>	44
Gambar 2.5	<i>Multilayer Perceptron Neural Network</i>	44
Gambar 2.6	<i>Recurrent Neural Network</i>	45
Gambar 2.7	Penggunaan <i>Single Layer Neural Network</i>	46
Gambar 2.8	Penggunaan <i>Multilayer Perceptron Neural Network</i>	47
Gambar 2.9	Proses <i>Multilayer Perceptron Neural Network</i>	47
Gambar 2.10	<i>Multilayer Perceptron Neural Network 3 Layer</i>	49
Gambar 3.1	Aliran Dokumen	55
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Proses <i>Coating Tablet</i>	60
Gambar 3.3	<i>Glucophage 500</i>	61
Gambar 3.4	Mesin <i>Coating Tablet</i>	62
Gambar 3.5	Menu <i>Neural Network Prediction Architecture</i>	72
Gambar 3.6	Grafik Kesalahan Model pada <i>Training Process</i>	74
Gambar 3.7	Grafik Kesalahan Model pada <i>Validation Process</i>	74
Gambar 4.1	Lembar <i>Calc</i> pada <i>NNpred</i>	77
Gambar 4.2	<i>Main Effect Plot S/N Ratio</i> Untuk Parameter A-F.....	85
Gambar 4.3	<i>Main Effect Plot S/N Ratio</i> Untuk Parameter interaksi DxF-K.....	85
Gambar 4.4	<i>Main Effect Plot S/N Ratio</i> Untuk Interaksi DxF	86
Gambar 4.5	<i>Main Effect Plot Berat Coated Tablet</i> Untuk Parameter A-K.....	88
Gambar 4.6	<i>Main Effect Plot Berat Coated Tablet</i> Untuk Parameter DxF-K....	88
Gambar 4.7	<i>Main Effect Plot Berat Coated Tablet</i> untuk Interaksi DxF	89
Gambar 4.8	Level Optimal Parameter <i>Inlet Air Temperature</i>	98
Gambar 4.9	Level Optimal Parameter <i>Exhaust Temperature</i>	99
Gambar 4.10	Level Optimal Parameter <i>Spray rate</i>	99
Gambar 4.11	Level Optimal Parameter <i>Drum speed</i> berdasarkan nilai <i>S/N Ratio</i>	100
Gambar 4.12	Level Optimal Parameter <i>Drum speed</i>	100
Gambar 4.13	Level Optimal Parameter <i>Spray width</i>	101
Gambar 4.14	Level Optimal Parameter <i>Inlet Air Temperature</i>	102
Gambar 4.15	<i>Level Optimal Parameter Inlet humidity</i>	103
Gambar 4.16	Level Optimal Parameter Untuk Interaksi DxF.....	104
Gambar 4.17	Level Optimal berdasarkan <i>S/N Ratio</i> Parameter <i>Cabinet pressure</i>	104
Gambar 4.18	Level Optimal Parameter <i>Cabinet pressure</i>	105
Gambar 4.19	Level Optimal Parameter <i>Inlet air flow</i>	105

Gambar 4.20 Level Optimal Parameter *Automising air* dan Kekerasan
Tablet 106



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Rumus <i>Sum of Square</i> Total.....	37
Rumus 2.2	Rumus <i>Sum of Square</i> untuk Faktor Utama.....	37
Rumus 2.3	Rumus <i>Sum of Square of Error</i>	37
Rumus 2.4	Rumus Derajat Kebebasan Faktor A.....	37
Rumus 2.5	Rumus Derajat Kebebasan Faktor B.....	37
Rumus 2.6	Rumus Derajat Kebebasan Interaksi antar Faktor.....	37
Rumus 2.7	Rumus Derajat Kebebasan Total.....	38
Rumus 2.8	Rumus Derajat Kebebasan Error.....	38
Rumus 2.9	Rumus Transformasi Neuron.....	39
Rumus 2.10	Rumus Fungsi Aktivasi Neuron.....	42
Rumus 2.11	Rumus Fungsi Aktivasi Linear.....	43
Rumus 2.12	Rumus Gradien Fungsi Aktivasi Linear.....	43
Rumus 2.13	Rumus Fungsi Aktivasi Sigmoid.....	43
Rumus 2.14	Rumus Gradien Fungsi Aktivasi Sigmoid.....	43
Rumus 2.15	Rumus Fungsi Aktivasi Hiperbolik Tangen.....	43
Rumus 2.16	Rumus Gradien Fungsi Aktivasi Hiperbolik Tangen.....	43
Rumus 2.17	Rumus <i>Gradient Descent Back Propagation</i>	50
Rumus 2.18	Rumus <i>Gradient Descent Back Propagation</i> dengan Momentum.....	50
Rumus 2.19	Rumus <i>Variable Learning Rate Back Propagation</i> dengan Momentum.....	51
Rumus 2.20	Nilai <i>New Error</i> lebih dari <i>old error</i>	51
Rumus 2.21	Nilai <i>New Error</i> 2 kurang dari <i>old error</i>	51
Rumus 2.22	Rumus Proses <i>Update</i> Nilai <i>Weight</i> CGX 1.....	51
Rumus 2.23	Rumus Proses <i>Update</i> Nilai <i>Weight</i> CGX 2.....	51
Rumus 2.24	Rumus Proses <i>Update</i> Nilai <i>Weight</i> CGX 3.....	51
Rumus 2.25	Rumus Proses <i>Update</i> Nilai <i>Weight</i> CGX 4.....	51
Rumus 2.26	Rumus <i>Quasi Newton Back Propagation</i>	51
Rumus 4.1	Rumus <i>S/N Ratio Nominal The Better</i>	81
Rumus 4.2	Rumus Menghitung Nilai <i>Varians</i>	81
Rumus 4.3	Rumus <i>S/N Ratio Optimal</i>	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Historis untuk Proses Pembelajaran
Lampiran 2	Tabel <i>Error Model NNpred</i> Tiap Iterasi



BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Latar Belakang Permasalahan

Saat ini industri farmasi nasional dihimbau oleh pemerintah agar melakukan efisiensi total dengan menerapkan harga pokok produksi (HPP) kurang dari 30% dari harga jual pabrik (HJP) tanpa mengesampingkan aspek kualitas produk dan proses produksinya. Perusahaan farmasi atau perusahaan obat-obatan adalah perusahaan bisnis komersial yang fokus dalam meneliti, mengembangkan dan mendistribusikan obat, terutama dalam hal kesehatan.

Dengan standar ini, besaran biaya operasional dan biaya produksi perusahaan harus dioptimalkan agar harga jual obat menjadi terjangkau oleh konsumen. Dengan adanya himbauan efisiensi total ini maka industri farmasi harus meningkatkan performa perusahaan dan memiliki daya saing yang tinggi, baik di tingkat regional maupun global.

Efisiensi produksi ini difokuskan pada kelompok obat esensial yang paling banyak dikonsumsi masyarakat, sedangkan bagi produksi obat yang menggunakan dana APBN, pemerintah dapat menetapkan harga jual serta volume produksinya. Inefisiensi produksi di industri farmasi menjadi salah satu titik kelemahan paling krusial, yang menyebabkan daya saing Indonesia menjadi rendah dibandingkan negara-negara lainnya. Inefisiensi ini antara lain terjadi pada salah satu bagian dari proses produksi yang disebabkan oleh belum adanya rancangan penyetulan optimal dari proses operasional perusahaan.

Menurut Clarkson (1996), industri farmasi merupakan salah satu industri yang paling menguntungkan. Keuntungan industri farmasi berada di rangking keempat setelah industri *software*, perminyakan, dan makanan. Dibanding rata-rata industri, keuntungan perusahaan farmasi lebih besar yaitu 13.27% dibanding dengan rata-rata 10.19%. Mekanisme perolehan keuntungan ini dipengaruhi oleh berbagai sifat khas industri farmasi yang tidak dijumpai di industri lain. Salah satu

pemain farmasi nasional harus mampu memanfaatkan potensi pasar di dalam negeri yang begitu besar, yang didukung oleh populasi penduduk yang besar mencapai 250 juta jiwa. Tahun 2009, pasar obat-obatan di dalam negeri diproyeksikan mencapai Rp37 triliun. Jika nilainya diasumsikan konstan setiap tahunnya, selama 10 tahun ke depan total pasar farmasi nasional akan mencapai Rp370 triliun.

Dalam persaingan dunia industri farmasi yang semakin ketat maka perusahaan farmasi harus selalu berusaha menjaga performa proses bisnisnya agar mampu menghasilkan produk yang dapat diterima oleh konsumen. Hal ini dimaksudkan untuk mencapai tujuan perusahaan yaitu mencapai profit yang setinggi tingginya. Untuk mencapai tujuan ini maka perusahaan harus mampu memberikan produk yang mampu memenuhi karakteristik kualitas yang diinginkan konsumen sehingga tercapai *customer satisfaction*. Jika produk tidak sesuai dengan karakteristik kualitas yang diinginkan oleh konsumen, maka perusahaan akan kehilangan pangsa pasarnya karena konsumen akan beralih ke perusahaan lain yang mampu memberikan produk yang memenuhi karakteristik kualitas yang diharapkan.

Kekhawatiran yang saat ini melanda industri farmasi Indonesia adalah pelaksanaan harmonisasi pasar bersama ASEAN (*ASEAN Harmonization*) terutama di bidang obat-obatan. Sesuai dengan kesepakatan yang diambil oleh ke-11 pemimpin ASEAN, mulai tahun 2010 seluruh produk farmasi dari negara-negara di kawasan ini bebas diperdagangkan tanpa adanya tambahan tarif masuk (*no tariff barrier*). Berkaitan dengan hal tersebut, Badan POM Republik Indonesia, selaku regulator industri farmasi di Indonesia telah menetapkan berlakunya CPOB terbaru yaitu CPOB tahun 2006 sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan industri farmasi di Indonesia sesuai dengan standar internasional.

CPOB adalah Cara Pembuatan Obat yang Baik didefinisikan sebagai ketentuan bagi industri farmasi yang dibuat untuk memastikan agar mutu obat yang dihasilkan sesuai persyaratan yang ditetapkan dan tujuan penggunaannya. Pedoman CPOB disusun sebagai petunjuk dan contoh bagi industri farmasi dalam menerapkan cara pembuatan obat yang baik untuk seluruh aspek dan rangkaian

proses pembuatan obat. CPOB mencakup seluruh aspek produksi dan pengendalian mutu.

Industri farmasi harus membuat obat sedemikian rupa agar sesuai dengan tujuan penggunaannya, memenuhi persyaratan yang tercantum dalam dokumen izin edar (registrasi) dan tidak menimbulkan resiko yang membahayakan penggunaannya karena tidak aman, mutu rendah atau tidak bertanggung jawab. Untuk pencapaian tujuan ini memerlukan komitmen dari semua jajaran di semua departemen di dalam perusahaan, para pemasok dan para distributor. Untuk mencapai tujuan mutu secara konsisten dan dapat diandalkan, diperlukan manajemen mutu yang di desain secara menyeluruh dan diterapkan secara benar.

Pada pembuatan obat, pengendalian menyeluruh adalah sangat penting untuk menjamin bahwa konsumen menerima obat yang bermutu tinggi dan karena obat bersentuhan langsung dengan jiwa konsumen sehingga kualitas obat benar-benar harus diutamakan demi keselamatan penggunaannya.

Metode pengendalian kualitas yang dilakukan hanya setelah produk tersebut diproduksi (metode inspeksi) dapat meningkatkan kepuasan konsumen namun hal ini dapat menimbulkan peningkatan biaya karena banyak produk yang diperbaiki atau dibuang karena diluar standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Penggantian mesin produksi baru tidak menjawab masalah karena akan menambah biaya investasi. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu rekayasa kualitas (Ilmi, 1999).

Rekayasa kualitas merupakan pengetahuan antar cabang ilmu pengetahuan yang tertuju tidak hanya kepada memproduksi produk yang memuaskan untuk pelanggan tetapi juga mengurangi kerugian total yang ditimbulkan produk yaitu kerugian manufaktur ditambah kerugian kualitas (Park, 1996).

Menurut Sukthomya dan Tannock (2003), metode Taguchi merupakan bagian dari metode *Design of Experiment* (DoE) yang lebih sederhana, telah dimodifikasi dan telah diadopsi secara luas oleh industri. DoE biasanya menginginkan suatu proses siap untuk beroperasi dengan kombinasi parameter proses yang tidak biasa, untuk dapat memberikan hasil yang mungkin tidak dapat diprediksi, dan *output* kualitas yang tidak pasti. Namun melakukan rancangan percobaan pada proses aktual dapat menimbulkan gangguan di pabrik dan dapat

menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu, percobaan pada proses aktual dapat digantikan dengan proses yang sudah dimodelkan untuk mendapatkan prediksi hasil percobaan yang diperlukan.

Jaringan syaraf merupakan salah satu teknologi penting dari kecerdasan tiruan (*Artificial Intelligent*) yang sudah digunakan secara luas pada beberapa tahun terakhir, untuk memonitor proses manufaktur dengan menggunakan pengenalan pola *output* (Zeydan, 2008). Dengan menggunakan kombinasi dari metode *Taguchi's Design of Experimental* dan *Artificial Neural Network (ANN)*, diperoleh dua keuntungan. Keuntungan eksperimen dengan metode Taguchi yaitu menghindari evaluasi terhadap interaksi semua faktor yang banyak menghabiskan waktu dan biaya. Desain *orthogonal array* yang dikembangkan pada metode ini dapat memperkecil jumlah eksperimen yang harus dilakukan (Park, 1996). Selanjutnya, dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan, tidak perlu dilakukan suatu eksperimen aktual melainkan dengan eksperimen pada proses yang sudah dimodelkan (Sukthomya dan Tannock, 2003).

Penelitian ini menganalisa proses *coating tablet* pada industri farmasi (*pharmaceutical and chemical industry*). Proses *coating tablet* bekerja dengan menyalut *core tablet* yang dihasilkan dari proses sebelumnya yaitu proses pentabletan yang mempunyai karakteristik berat *coated tablet* tertentu. Sedangkan karakteristik kualitas yang diukur dari hasil proses *coating tablet* ini adalah berat *coated tablet* dengan satuan gram (gram).

Permasalahan yang timbul pada proses *coating tablet* ini sangat berkaitan dengan masalah dari respon kualitas yang menjadi target dalam pencapaian output keluaran produk jadi yaitu berat *coated tablet* yang bervariasi. Ketidaktepatan berat *coated tablet* ini disebabkan oleh belum adanya penyetelan optimal dalam proses operasional *coating tablet* itu sendiri. Hal ini terjadi karena pada kenyataannya belum ada kombinasi penyetelan parameter yang optimal yang diciptakan. Sehingga perlu adanya suatu penelitian untuk menciptakan suatu settingan penyetelan mesin *coating tablet* yang optimal pada proses operasionalnya dengan menggunakan metode Taguchi.

Metode Taguchi dalam proses *coating tablet* bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan

sumber daya seminimal mungkin. Pencapaian dengan menggunakan metode Taguchi yaitu menjadikan produk dan proses tidak sensitif dan bersifat kokoh (*robust design*) terhadap berbagai faktor pengganggu (*noise*). Jika faktor-faktor *noise* ini dapat dikendalikan atau dihilangkan maka variasi produk atau proses dapat dikurangi sehingga akan terjadi peningkatan kualitas.

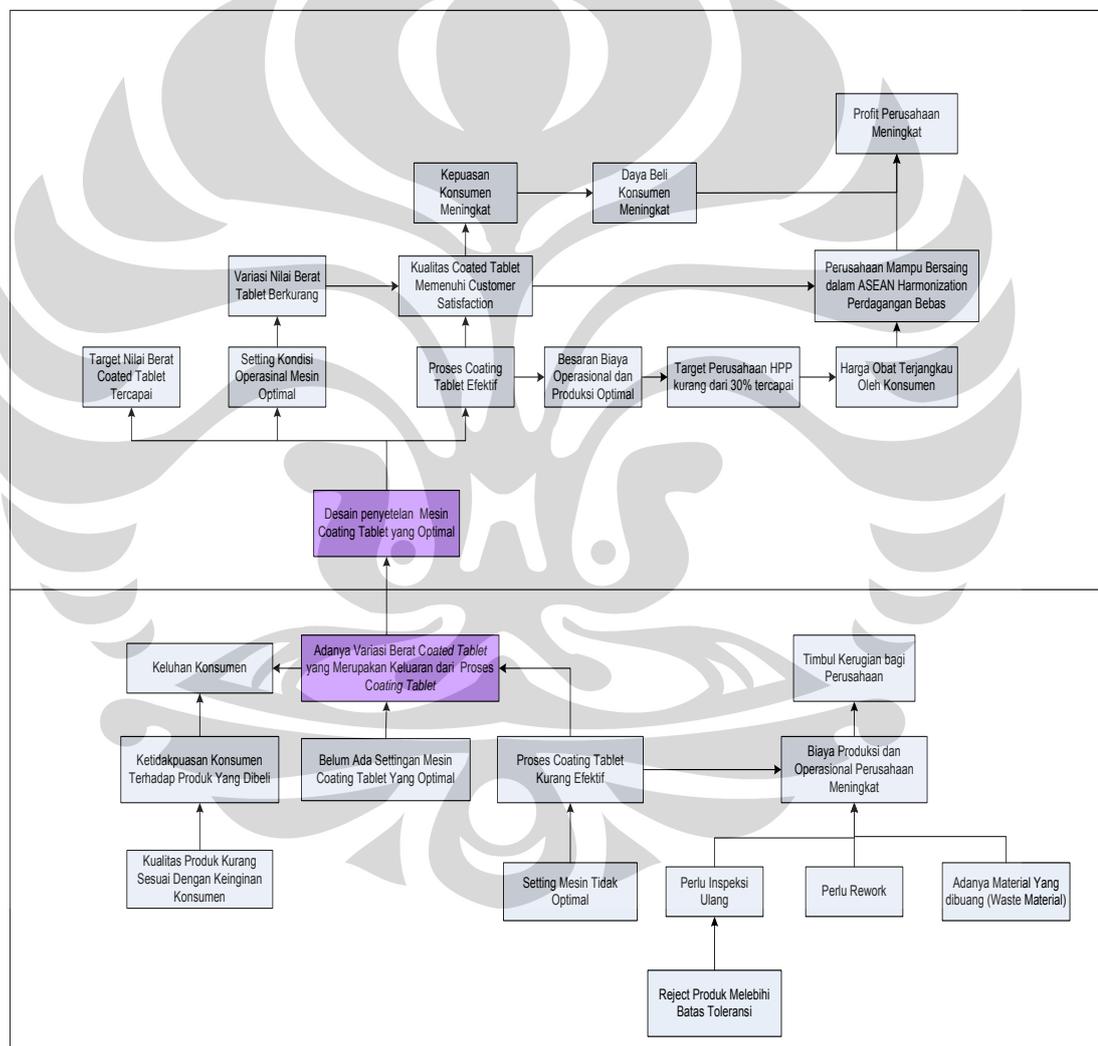
Taguchi mendefinisikan kualitas sebagai kerugian suatu produk yang dialami masyarakat setelah produk dikirimkan. Taguchi *Loss function* merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan (Taguchi, et al., 2005). Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang kurang sesuai dengan keinginan konsumen. *Loss* merupakan sesuatu yang pasti terjadi saat suatu karakteristik kualitas fungsional produk menyimpang dari nilai nominalnya (*target*), sekecil apapun penyimpangan yang terjadi. Nilai *loss* akan meningkat saat nilai karakteristik kualitas melebar lebih jauh dari nilai targetnya. *Loss* yang terjadi akibat variasi dalam *output* proses ini nilainya sama dengan kerugian terhadap masyarakat. *Loss function* menggambarkan biaya sosial yang timbul di antara produsen dan konsumen akibat penetapan karakteristik kualitas tertentu pada produk.

Variasi berat *coated tablet* ini akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan farmasi, berat *coated tablet* yang melebihi atau kurang dari target akan menjadi produk gagal (*waste material*), jika persentase defect di luar batas toleransi maka perusahaan akan menambah operator untuk inspeksi keseluruhan, kegiatan ini akan menyebabkan biaya operasional perusahaan bertambah karena waktu operasional perusahaan dan jumlah operator bertambah (*overtime*). Hal ini merupakan bentuk inefisiensi dari proses produksi sehingga akan menunda proses selanjutnya sehingga sangat tidak efisien dari segi waktu dan biaya.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Keluhan konsumen, inefisiensi proses produksi dan peningkatan biaya produksi merupakan beberapa masalah dalam proses *coating tablet*. Ketidaktepatan penyetalan mesin dalam proses ini merupakan satu masalah yang

harus dicari solusinya dengan menggunakan analisa yang tepat. Dalam kegiatan menganalisa akar permasalahan maka digunakan diagram keterkaitan masalah, yaitu melihat keterkaitan antar gejala yang timbul dan mencari akar masalah. Penemuan akar masalah tersebut akan dilanjutkan dengan pencarian solusi masalah, serta bagaimana solusi tersebut dapat menyelesaikan masalah yang telah ada sebelumnya. Gambar 1.1 merupakan diagram keterkaitan masalah pada penelitian proses *coating tablet* dengan berat *coated tablet* sebagai karakteristik kualitasnya.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah Proses *Coating Tablet*

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pokok permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah adanya ketidakseragaman berat *coated tablet* terhadap target yang telah ditetapkan dalam proses normal. Ketidakseragaman berat *coated tablet* tersebut disebabkan oleh kondisi operasional yang belum optimum serta tingginya pengaruh faktor-faktor pengganggu terhadap keluaran produk proses *coating tablet*. Untuk itu diperlukan rekayasa untuk menghasilkan proses *coating tablet* dengan keluaran produk (*coated tablet*) yang memiliki nilai deviasi terendah dan memenuhi target spesifikasi. Rekayasa tersebut dilakukan dengan merancang parameter proses (*design parameter*) untuk menghasilkan kondisi operasional proses *coating tablet* yang optimum dan tahan terhadap faktor-faktor pengganggu (*noise*).

1.4 Tujuan Penelitian

Memperoleh rancangan penyetelan parameter mesin *coating tablet* yang optimum dan tahan terhadap faktor pengganggu untuk menghasilkan berat *coated tablet* yang seragam dan memenuhi target spesifikasi juga dapat diterapkan pada proses *coating tablet* industri farmasi Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini maka ditentukan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada proses *coating tablet*
2. Jenis obat yang diteliti prosesnya yaitu *Glucophage500*
3. Mesin yang digunakan adalah mesin *film coating XL Cota 150*
4. Data sekunder yang digunakan adalah MWS (*Manufacturing Worksheet*) Maret 2009-Maret 2010
5. Respons kualitas yang diteliti adalah berat *coated tablet* dengan satuan gram (gram).

1.6 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu tahap awal, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data dan analisis, serta tahap kesimpulan dan saran

1. Tahap awal penelitian meliputi:

- Penetapan topik penelitian
- Penetapan tujuan penelitian
- Penetapan batasan masalah
- Penentuan landasan teori yang dijadikan dasar dalam pelaksanaan penelitian

2. Tahap pengumpulan data terbagi menjadi dua, yaitu:

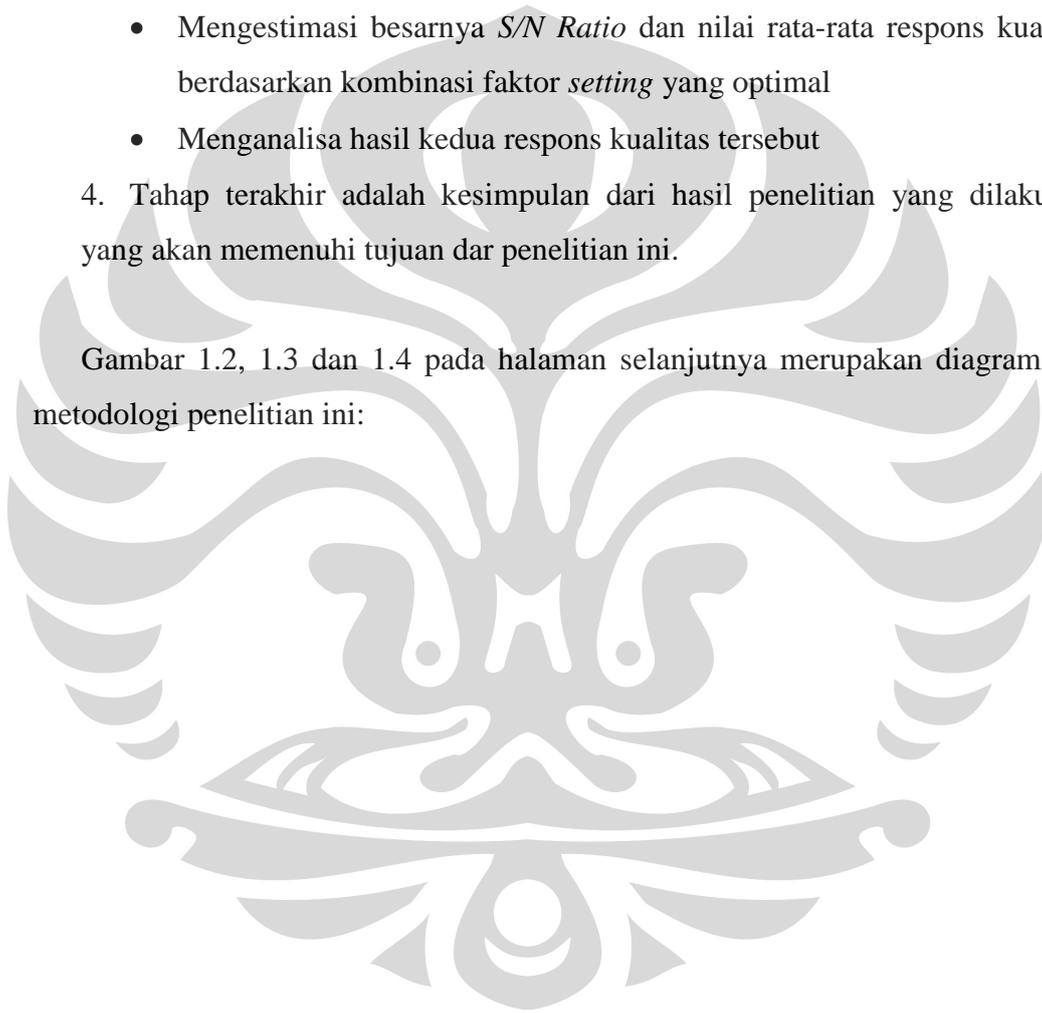
- Merancang parameter proses (Taguchi dan Wu, 1979)
 - menentukan respons kualitas, faktor-faktor *setting* dan level untuk setiap faktor tersebut berdasarkan data historis
 - menentukan jenis Taguchi *orthogonal array* dan jumlah percobaan (*run*) yang harus dilakukan berdasarkan jumlah dari faktor dan level
 - menempatkan faktor-faktor *setting* kedalam *orthogonal array* (*inner and outer array*) yang telah ditentukan
- Membuat model tiruan proses *coating tablet*
 - mengumpulkan dan memeriksa integritas data historis
 - melakukan proses pembelajaran (*training process*) untuk membuat model *Neural Network* sesuai dengan proses sebenarnya.

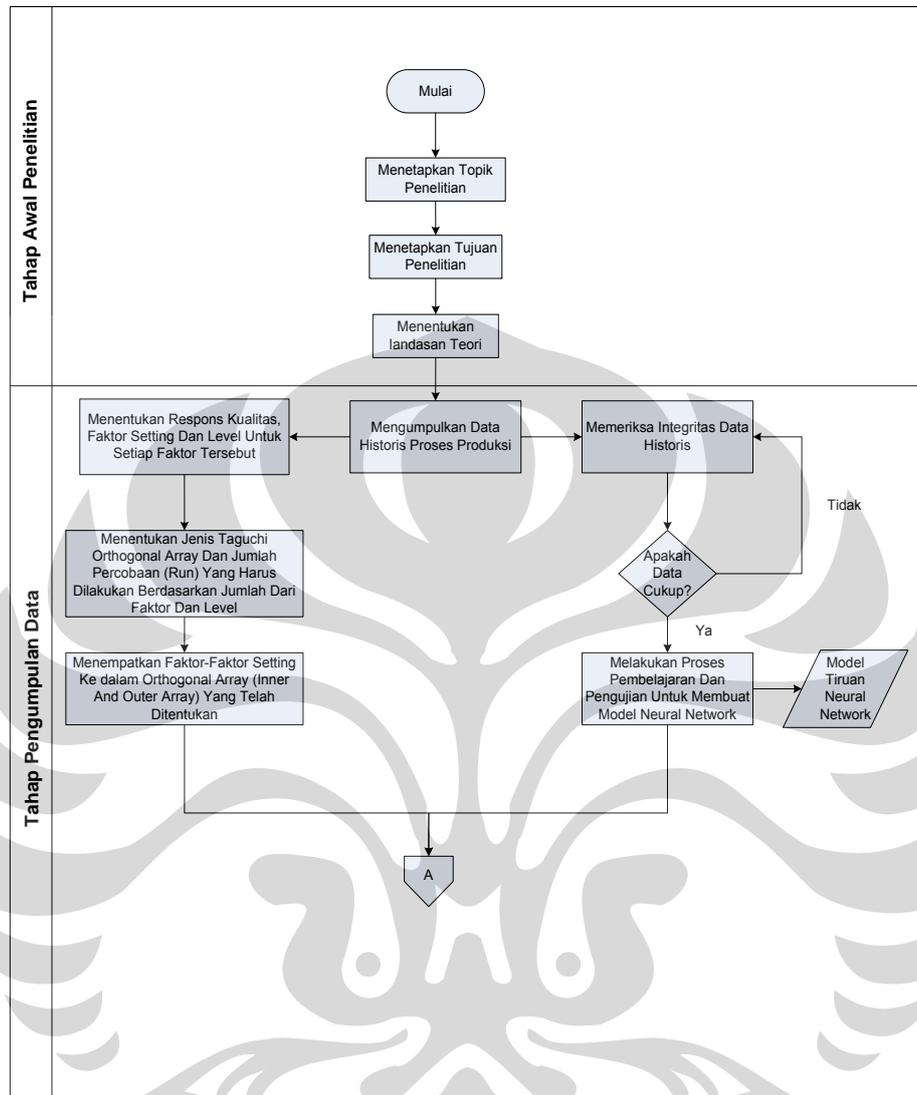
3. Tahap ketiga atau tahap pengolahan data dan analisis, yaitu :

- Melakukan eksperimen sesuai jenis *Orthogonal array* yang telah dipilih ke dalam model tiruan NN untuk mendapatkan nilai respons kualitas
- Memilih jenis optimasi yang akan dilakukan
- Mengubah data hasil respons kualitas menjadi *S/N Ratio* sesuai dengan rumus jenis optimasi yang telah dipilih

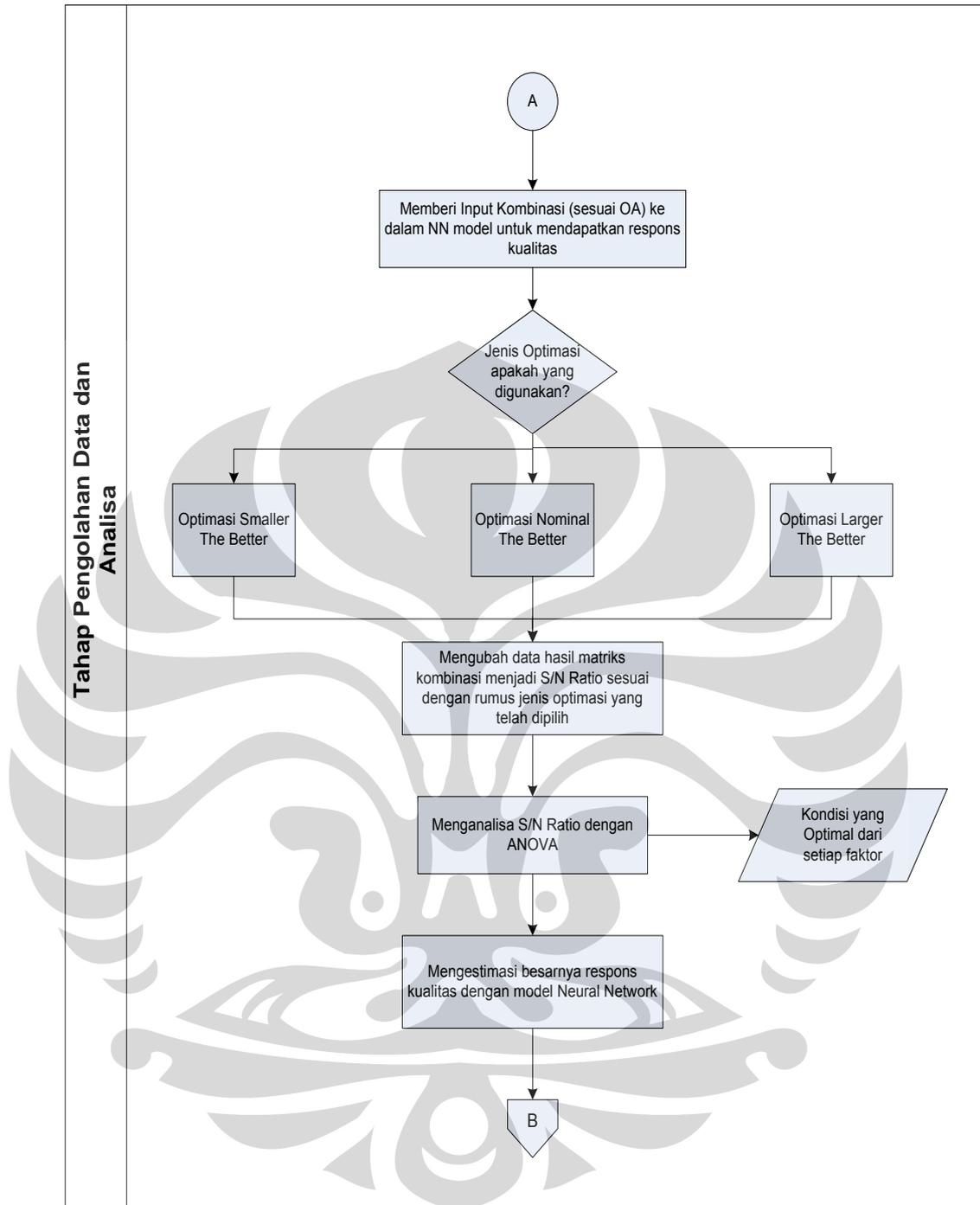
- Menganalisa *S/N Ratio* dengan analisis ANOVA untuk memperoleh faktor *setting* yang signifikan pada proses serta memperoleh level untuk kondisi yang optimal dari faktor-faktor tersebut
 - Mengestimasi ulang (*confirmation test*) besarnya respons kualitas berdasarkan kombinasi faktor *setting* yang optimal dengan model *Neural Network*
 - Memilih desain *setting* kondisi operasional yang paling optimal
 - Mengestimasi besarnya *S/N Ratio* dan nilai rata-rata respons kualitas berdasarkan kombinasi faktor *setting* yang optimal
 - Menganalisa hasil kedua respons kualitas tersebut
4. Tahap terakhir adalah kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan yang akan memenuhi tujuan dari penelitian ini.

Gambar 1.2, 1.3 dan 1.4 pada halaman selanjutnya merupakan diagram alir metodologi penelitian ini:

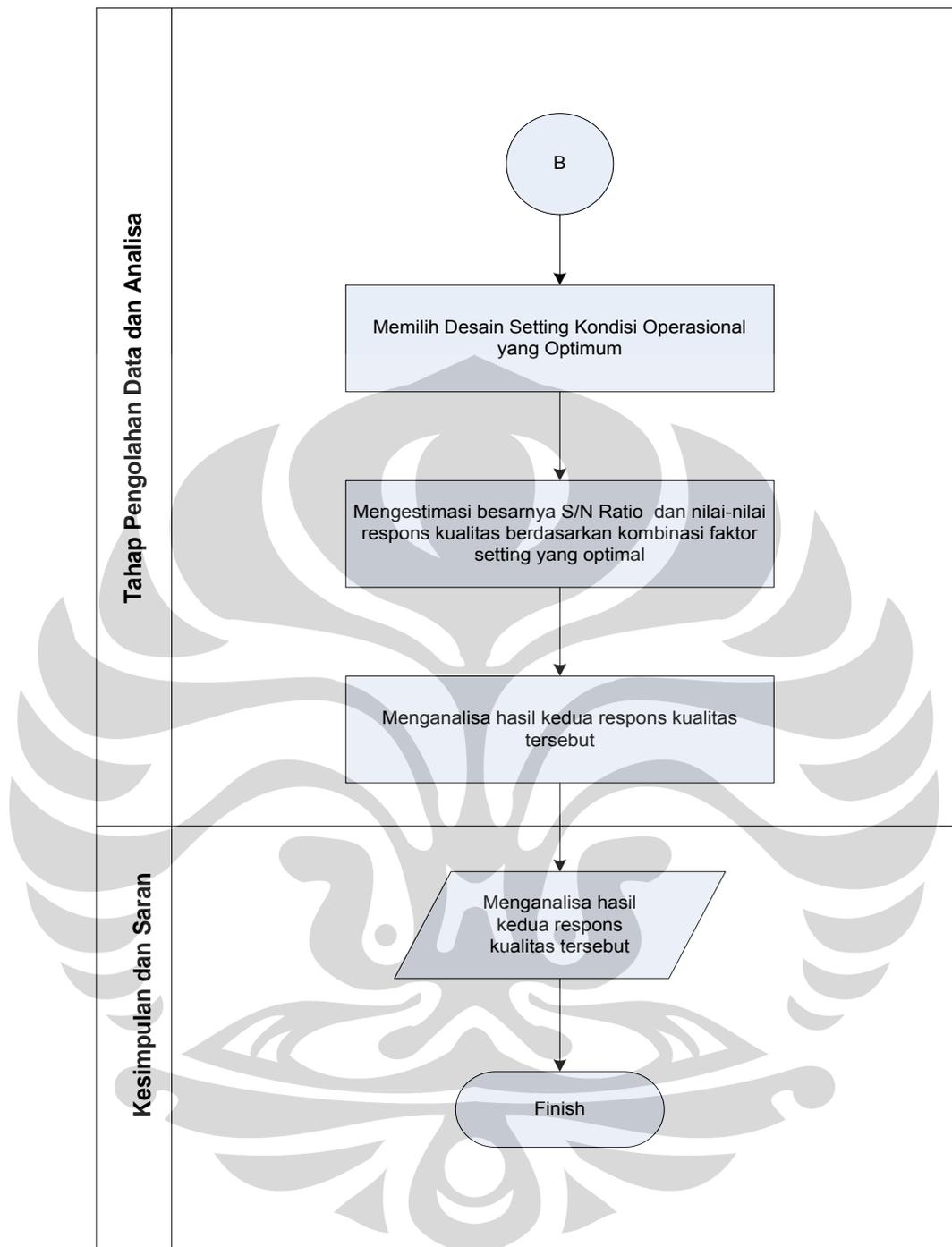




Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian I



Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian II



Gambar 1.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian III

1.7 Sistematika Penulisan

Secara umum, pembahasan penelitian ini terbagi atas beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 yaitu pendahuluan, menjelaskan latar belakang penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 yaitu dasar teori, merupakan landasan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori yang dibahas meliputi Rekayasa Kualitas, *Robust Design*, Desain Eksperimen Taguchi, dan *Neural Network*.

Bab 3 yaitu pengumpulan data, berisi tentang pelaksanaan pengumpulan data. Pada bab ini akan dibahas profil singkat perusahaan, proses *coating tablet* pada, data historis yang berisi parameter-parameter pada proses *coating tablet*, dan model tiruan proses *coating tablet* dengan menggunakan model *Neural Network*.

Bab 4 yaitu pengolahan data dan analisa hasil eksperimen. Bab ini menjelaskan mengenai pengolahan data, analisa data, dan hasil yang diperoleh berdasarkan pengolahan dan analisa data.

Bab 5 merupakan bagian terakhir yang memberikan kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan. Saran tentang hasil akhir dari penelitian juga dibahas dalam bab ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang teori-teori yang menunjang penelitian ini dan juga tinjauan-tinjauan yang dilakukan oleh penulis. Teori-teori yang digunakan antara lain mengenai konsep kualitas, perancangan eksperimen dengan metode Taguchi dan juga *analysis of variance* (ANOVA).

2.1 Sejarah Kualitas

Seiring dengan berkembangnya paradigma masyarakat terhadap kualitas yang mulai bergeser ke arah rekayasa desain dalam proses dan produk maka akan dibahas perkembangannya pada sub bab berikutnya.

2.1.1 Rekayasa Kualitas

Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses perbaikan kualitas secara terus menerus dalam perancangan produk dan proses. Menurut Taguchi (1978), terdapat dua jenis rekayasa kualitas, yaitu:

a. Rekayasa kualitas secara *offline*

Pengendalian kualitas secara *offline quality control* adalah usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan desain proses dan produk, sebagai pendukung usaha *online quality control*. Usaha ini dilakukan baik sebelum maupun setelah proses. Rekayasa kualitas secara *offline* dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap Perancangan Konsep

Tahap ini berhubungan dengan pemunculan ide dalam kegiatan perancangan dan pengembangan produk, dimana ide tersebut muncul dari keinginan konsumen (*voice of costumer*). Beberapa metode yang digunakan pada tahap ini antara lain:

- *Quality Function Deployment* (QFD)

Pada tahap ini, proses yang terjadi adalah menerjemahkan keinginan dan kebutuhan konsumen ke dalam respon teknis, sehingga keinginan konsumen tersebut dapat diintegrasikan dalam proses perancangan produk selanjutnya.

- *Pugh concept selection process*
Merupakan suatu metode iteratif (berulang) yang menguji kelengkapan dan pemahaman akan kebutuhan-kebutuhan dalam perancangan produk dengan informasi yang didapat dari suatu sistem pakar (*expert system*) sehingga dapat dengan cepat diidentifikasi konsep perancangan yang paling kuat (superior).
- *Dynamic Signal-to-Noise Optimization*
Merupakan teknik untuk mengoptimalkan fungsi-fungsi rekayasa, sehingga menghasilkan teknologi yang *robust*, dan *tunable*.
- *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)*
Suatu koleksi *tool* yang didapat dari analisa literatur yang berguna untuk membangkitkan pemecahan masalah teknis yang inovatif.
- *Design of Experiment (DOE)*
Menggunakan eksperimen parsial penuh dan eksperimen faktorial parsial untuk mengetahui efek dari beberapa parameter yang berjalan bersama-sama.
- *Competitive Technology Assesment*
Dengan melakukan benchmarking terhadap sifat *robustness* dari teknologi pengembangan internal dan eksternal.

2. Tahap Perancangan Parameter

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

- *Engineering Analysis*
Menggunakan pelatihan, pengalaman, dan percobaan untuk menemukan variabilitas dan respon yang efektif.
- *Crossed Array Experiment*

Sebuah perancangan eksperimen khusus dengan cara memanfaatkan interaksi antara faktor kendali dan *noise* sehingga membuat sistem lebih tangguh.

- *Dynamic and Static Signal-to-Noise Optimization*

Mengoptimalkan suatu perancangan parameter untuk mengurangi variabilitas dengan menggunakan perhitungan rasio *signal-to-noise*.

- *The System P-Diagram*

Suatu model *robust* untuk menggambarkan dan menggolongkan berbagai parameter yang mempengaruhi output sistem.

3. Tahap Perancangan Toleransi

Merupakan tahap terakhir dimana dibuat matrik *orthogonal array*, *loss function*, dan ANOVA untuk menyeimbangkan biaya dan kualitas dari suatu produk. Model atau metode yang digunakan pada tahap ini antara lain:

- *Quality Loss Function*

Merupakan persamaan yang menghubungkan variasi dari performansi biaya produk dengan level deviasi dari target.

- *Analysis of Variance (ANOVA)*

Suatu teknis statistik yang secara kuantitatif menentukan kontribusi variasi total, yang dibentuk dari setiap *noise* dan faktor kendali.

- *Design of Experiments*

Eksperimen faktorial penuh dan faktorial parsial untuk dapat mengetahui efek dari beberapa parameter secara serentak.

b. Rekayasa kualitas secara *online*

Rekayasa kualitas secara *online* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktivitas ini sangat penting dalam menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung pula dapat meningkatkan kualitas produk. Rekayasa kualitas secara *online* ini juga dapat mengontrol mesin-mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin produksi tersebut. Usaha-usaha yang tercakup dalam *online quality control* adalah

pengdiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses. Usaha-usaha ini adalah pengendalian kualitas yang berlangsung saat proses produksi sedang berjalan. Beberapa metode pengendalian kualitas secara *online* antara lain:

1. *Statistical Process Control*

Merupakan seperangkat tool yang dapat digunakan untuk melakukan pengamatan, pengendalian, dan pengujian pada tiap tahap proses produksi agar tidak terjadi variasi/penyimpangan yang cukup besar.

2. *Static Signal-to-Noise Ratio*

Mereduksi terjadinya variasi dengan menerapkan perancangan robust untuk memecahkan masalah yang terjadi dalam proses produksi.

3. *Compensation*

Merupakan seperangkat rencana pengendalian untuk menjaga agar proses yang terjadi sesuai dengan target.

4. *Loss function based process control*

Pengendalian proses yang didasarkan pada dihilangkannya *loss function*, sehingga dapat mengurangi seluruh biaya produksi, termasuk biaya produksi per unit, biaya inspeksi, dan biaya *set-up* yang diperlukan dalam pengendalian kualitas, serta dapat mengurangi *quality loss* yang diakibatkan oleh sisa variasi pada output.

Dengan adanya pengendalian kualitas secara *online* dan *offline*, diharapkan produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan dan harapan konsumen serta memenuhi spesifikasi kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan.

2.1.2 Konsep Kualitas

Beberapa definisi kualitas yang dikemukakan oleh lima pakar *Total Quality Management (TQM)* adalah:

1. Juran (1964)

Kualitas produk adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Kecocokan penggunaan itu terdiri dari lima ciri utama, yaitu:

- Teknologi, atau kekuatan atau daya tahan

- Psikologis, yaitu citra rasa atau status
- Waktu, yaitu kehandalan
- Kontraktual, yaitu adanya jaminan
- Etika, yaitu sopan santun, ramah, atau jujur

Kecocokan penggunaan produk yang memenuhi permintaan pelanggan adalah ciri-ciri produk berkualitas tinggi.

2. Crosby (1979)

Kualitas adalah *conformance to requirement*, yaitu sesuai dengan yang disyaratkan atau distandardkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan. Standar kualitas meliputi bahan baku, proses produksi dan produk jadi.

3. Deming (1986)

Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar atau konsumen. Perusahaan harus benar-benar dapat memahami apa yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan dihasilkan.

4. Feigenbaum (1983)

Kualitas merupakan sesuatu yang perlu dilakukan terhadap kombinasi karakteristik rekayasa dan manufaktur produk yang menentukan tingkat dimana produk dapat memenuhi ekspektasi pelanggan.

5. Garvin

Meskipun tidak ada definisi mengenai kualitas yang diterima secara universal, namun dari kelima definisi di atas terdapat beberapa persamaan, yaitu dalam elemen-elemen sebagai berikut:

- Kualitas mencakup usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan
- Kualitas mencakup produk, tenaga kerja, proses, dan lingkungan.
- Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah (misalnya apa yang dianggap merupakan kualitas saat ini mungkin dianggap kurang berkualitas pada masa mendatang).

6. Taguchi (1987)

Kualitas merupakan kerugian yang ditimbulkan oleh produk terhadap masyarakat setelah produk tersebut dikirimkan, terpisah dari kerugian-kerugian lain yang disebabkan fungsi internal. Definisi Taguchi terhadap kualitas berbeda dengan definisi pada umumnya. Kerugian yang dimaksud dapat disebabkan oleh variabilitas fungsi, atau dari efek samping yang berbahaya. Karena itu, jika produk mengorbankan masyarakat nol kerugian, maka produk tersebut terbuat dari kualitas terbaik.

7. Montgomery (2001)

Kualitas adalah suatu pandangan tentang produk atau jasa dengan ketentuan yang menggunakannya.

8. ISO 9000:2000

Kualitas adalah derajat terpenuhinya persyaratan oleh karakteristik dasar.

9. ANSI/ASQC Standard, DIN-53350 & EOQC

Kemampuan total dan karakteristik produk atau jasa yang mampu menunjang terpenuhinya kepuasan dari kebutuhan yang ada.

Selain itu, terdapat sumber yang menyebutkan bahwa rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses.

Rekayasa kualitas mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen yaitu sebagai berikut (Park, 1996):

1. Perencanaan produk: merencanakan fungsi, harga, daur hidup produk, dari produk yang bersangkutan
2. Perancangan produk: merancang produk agar memiliki fungsi yang sudah ditetapkan pada tahap perencanaan produk
3. Perancangan proses: merancang proses manufaktur agar memiliki fungsi yang sudah ditetapkan di dalam perancangan produk
4. Produksi: proses pembuatan produk yang sebenarnya sehingga sesuai sesuai dengan kualitas yang sudah dirancang
5. Penjualan: aktivitas untuk menjual produk hasil produksi
6. Servis setelah penjualan: aktivitas pelayanan pelanggan seperti pemeliharaan dan servis produk

Sistem kualitas secara keseluruhan perlu diterapkan dalam setiap industri agar dapat bersaing di era perdagangan bebas. Terdapat tiga karakteristik kualitas yang berbeda di dalam keseluruhan sistem kualitas (Park, 1996) :

1. Kualitas Desain: kualitas perencanaan produk, perancangan produk dan proses
2. Kualitas Kesesuaian: kualitas produksi
3. Kualitas Servis: kualitas dari penjualan dan servis setelah penjualan

2.1.3 Pengertian Kualitas menurut Taguchi

Metode Taguchi dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 di Jepang. Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk kokoh terhadap faktor pengganggu, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas yaitu sebagai berikut :

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

2.1.3.1 Hal-hal Penting dalam Perencanaan Peningkatan Kualitas

Usaha peningkatan kualitas harus dilanjutkan berdasarkan pada beberapa hal penting (Park, 1996):

1. Variasi karakteristik produk dari target harus dikurangi. Taguchi melihat peningkatan kualitas sebagai usaha terus-menerus untuk mengurangi variasi dari target nilai. Tujuan utama dari peningkatan kualitas adalah

untuk meraih distribusi populasi sedekat mungkin dengan target sehingga Taguchi menggunakan *S/N Ratio*.

2. Produk dan proses harus dirancang sedemikian mungkin sehingga mereka sangat tidak sensitif terhadap faktor pengganggu (*noise factor*) dan untuk mengurangi efek variasi pada karakteristik kualitas produk dan proses. Aplikasi klasik pada desain eksperimental mengutamakan optimasi kinerja produk rata-rata daripada mempertimbangkan efek dari variasi
3. Di dalam merancang produk dan proses, tingkatan yang optimal dari faktor desain harus ditentukan untuk meminimalisasi biaya dibawah kondisi dimana toleransi kualitas dari target bertemu untuk setiap karakteristik yang diinginkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, desain toleransi sering digunakan.

Sebelumnya kita telah mendefinisikan rekayasa kualitas sebagai pengetahuan antar disiplin yang tertuju pada pembuatan produk yang memuaskan untuk pelanggan pada saat mengurangi biaya total. Jika kita menggunakan konsep utama dari rekayasa kualitas Taguchi, kita dapat mendefinisikan rekayasa kualitas sebagai sistem yang efektif dari manajemen rekayasa untuk meminimalisasi kerugian total produk di masyarakat melalui kontrol kualitas *offline* dan *online*.

2.1.3.2 Kontribusi Taguchi pada kualitas

1. *Loss Function*

Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang kurang sesuai.

2. *Orthogonal array*

Orthogonal array digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan. *Orthogonal array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada

pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

3. *Robustness*

Meminimalisasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi. *Robust design* merupakan prosedur dalam desain produk atau proses yang performansi akhirnya adalah pada target dan memiliki variasi yang minimum di sekitar target. Agar kondisi ini tercapai maka diperlukan suatu kondisi yang tidak sensitif terhadap faktor gangguan (*noise factor*). Performansi target haruslah memiliki variasi minimum berkaitan dengan konsep Taguchi bahwa terjadinya penyimpangan terhadap target akan menimbulkan suatu kerugian. Maka kerugian yang terkecil terjadi jika karakteristik kualitas yang dihasilkan berada dekat dengan target. Terjadinya variasi dari target disebabkan oleh adanya faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan), kita tidak dapat menghilangkan adanya faktor gangguan ini tetapi hanya dapat meminimalisasi pengaruhnya.

2.1.3.3 Pendekatan Taguchi terhadap Rekayasa Kualitas

Menurut Park (1996), biaya dari suatu produk dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu sebelum penjualan dan setelah penjualan kepada pelanggan. Biaya yang timbul sebelum penjualan merupakan biaya manufaktur, dan biaya yang timbul setelah penjualan merujuk kepada kerugian kualitas (*quality loss*). Rekayasa kualitas merupakan pengetahuan antar cabang ilmu pengetahuan yang tertuju tidak hanya kepada memproduksi produk yang memuaskan untuk pelanggan tetapi juga mengurangi kerugian total (manufaktur ditambah kerugian kualitas). Jadi, rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses, mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi, dan kepuasan konsumen.

Taguchi menekankan bahwa variasi kualitas merupakan musuh utama di dalam rekayasa kualitas dan setiap usaha harus dilakukan untuk mengurangi variasi di dalam karakteristik kualitas. Taguchi menggunakan desain eksperimen

secara ekstensif sebagai alat untuk merancang produk agar lebih kuat (*robust*) yang juga berarti lebih tidak sensitif, terhadap faktor pengganggu.

Desain yang kuat (*robust design*) merupakan metodologi rekayasa untuk mengoptimalkan kondisi produk dan proses yang sangat tidak sensitif terhadap berbagai penyebab variasi, dan kondisi yang menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya pengembangan dan produksi yang rendah. Dua alat dasar yang digunakan untuk desain yang kuat (Park, 1996), yaitu:

- *Signal-to-noise ratio*, yang mengukur kualitas berdasarkan pada variasi
- *Orthogonal arrays*, yang mengakomodasi banyak faktor desain (parameter-parameter) secara berkesinambungan

2.2 Desain Eksperimen

2.2.1 Pengertian Perancangan Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan setiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan) sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Selain itu desain eksperimen didefinisikan sebagai suatu pengujian atau serangkaian pengujian yang bertujuan untuk melakukan perubahan terhadap variabel-variabel input dari proses atau sistem sehingga dapat meneliti dan mengidentifikasi sebab perubahan dari output.

2.2.1.1 Peranan dari Desain Eksperimen

Taguchi (1987) mendefinisikan desain eksperimen sebagai suatu teknik umum untuk memaksimalkan efisiensi akuisisi dari informasi teknikal melalui eksperimen. Kita dapat melihat eksperimen sebagai bagian dari proses pembelajaran iteratif ilmiah dan salah satu cara untuk belajar mengenai bagaimana sebuah sistem atau proses bekerja. Desain eksperimen memainkan suatu peranan utama di dalam banyak aktivitas-aktivitas rekayasa. Contoh dari kegunaan atau peranan desain eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan performa dari suatu proses manufaktur
2. Mengembangkan proses-proses baru
3. Menyaring faktor-faktor yang penting dalam proses

4. Desain aktivitas rekayasa seperti evaluasi atau perubahan suatu material
5. Membangun model empiris untuk mencari hubungan fungsional antara variabel respons dan variabel yang mempengaruhinya

Kegunaan desain eksperimen dalam aktivitas-aktivitas rekayasa dapat menghasilkan produk yang lebih mudah untuk dibuat, yang meningkatkan performa proses, yang memiliki biaya rendah, dan waktu pengembangan yang lebih pendek.

2.2.1.2 Tiga langkah dalam Desain Proses

Selama fase desain produk dan proses, terdapat tiga langkah pada setiap fase desain, yaitu desain sistem, desain parameter, dan desain toleransi.

1. Desain Sistem. Tahap ini memilih proses manufaktur dari pengetahuan manufaktur teknologi dan biaya yang berkaitan seperti kontrol otomatis, biaya produksi, dan produktivitas.
2. Desain Parameter. Tahap ini memutuskan kondisi operasi yang optimal untuk setiap komponen proses dan material optimal untuk dibeli. Tujuan utama untuk desain parameter adalah untuk mengurangi variasi kualitas (untuk meningkatkan kapabilitas proses) dengan meminimalisasi pengaruh dari *noise*. Desain eksperimen seringkali digunakan pada tahap ini.
3. Desain toleransi. Pada desain ini, toleransi dari kondisi proses dan sumber dari variasi diinvestisigasi. Jika toleransi yang diperoleh dari desain parameter tidak sesuai, pengukuran ekonomis untuk menekan variasi kualitas akan ditemukan dengan menghilangkan secara langsung sumber daripada variasi tersebut. Desain Eksperimen juga berperan sebagai alat yang kuat pada tahap ini.

2.2.1.3 Keuntungan Perancangan Eksperimen

Beberapa keuntungan melakukan perancangan eksperimen antara lain adalah:

- Perancangan eksperimen dapat digunakan dalam mengidentifikasi kunci keputusan tidak hanya dalam pengendalian proses tetapi juga untuk peningkatan atau perbaikan proses.
- Pada pengembangan proses baru di mana data historis tidak tersedia, perancangan eksperimen digunakan pada fase pengembangan karena dapat menunjukkan faktor-faktor yang penting yang akan memaksimalkan hasil dan mengurangi biaya secara keseluruhan.
- Perancangan eksperimen dapat membantu mengurangi lead time antara desain dan *manufacturing* dan menghasilkan desain yang *robust* (kokoh) terhadap faktor-faktor yang tidak terkontrol.

2.2.1.4 Klasifikasi dari Desain Eksperimen

Terdapat banyak tipe dari desain eksperimen yang kemudian diklasifikasi berdasarkan alokasi atau penempatan dari kombinasi faktor (perlakuan) dan derajat randomisasi eksperimen (Park, 1996). Klasifikasi tersebut adalah :

1. *Factorial Design*

Desain ini untuk menginvestigasi seluruh kemungkinan kombinasi perlakuan yang terbentuk dari faktor-faktor yang telah dipertimbangkan. Urutan dimana kombinasi-kombinasi perlakuan tersebut dipilih adalah sepenuhnya secara acak. Yang termasuk dalam kelas ini adalah desain *single factor*, *two-factor*, dan *three-factor factorial*, serta 2^k (k faktor dengan 2 level) dan 3^k (k faktor dengan 3 level) desain faktorial.

2. *Fractional Factorial Design*

Desain ini untuk menginvestigasi sebagian dari seluruh kemungkinan kombinasi perlakuan. Urutan dimana kombinasi-kombinasi perlakuan tersebut dipilih adalah sepenuhnya secara acak. Yang termasuk dalam kelas ini adalah desain *Orthogonal arrays*, *desain Plackett-Burman*, *desain Latin Square*, dan *desain Graeco-Latin Square*. Desain ini digunakan ketika biaya untuk melaksanakan eksperimen tinggi dan memakan waktu lama.

3. *Randomized Complete Block Design*, *Split-plot Design*, dan *Nested Design*

Seluruh kemungkinan kombinasi perlakuan dilakukan pada desain-desain ini, tetapi beberapa bentuk larangan akan digunakan dalam randomisasi. Suatu desain dimana setiap *block* mengandung seluruh kemungkinan perlakuan, dan satu-satunya randomisasi perlakuan adalah didalam *block* tersebut, disebut *randomized complete block design*.

4. *Incomplete Block Design*

Jika setiap perlakuan tidak dihadirkan dalam setiap *block* dalam suatu *randomized complete block design*, maka disebut *incomplete block design*. Desain ini digunakan ketika kita tidak bisa menjalankan seluruh perlakuan pada setiap *block* dikarenakan kekurangan apatus eksperimen atau fasilitas yang tidak memadai.

5. *Response Surface Design* dan *Mixture Design*

Desain ini bertujuan untuk mengeksplorasi sebuah model regresi untuk menemukan sebuah hubungan fungsional antara *variable respons* dan faktor-faktornya (variabel independen), dan juga untuk menemukan kondisi optimal dari faktor-faktor tersebut. Yang termasuk dalam kelas ini adalah *central composite design*, *rotatable design*, *simplex design*, *misxture design*, dan *Evolutionary Operation (EVOP) design*.

2.2.2 Pendahuluan Metode Taguchi

Untuk mengurangi jumlah dari eksperimen *full factorial design*, maka untuk menyederhanakannya dikenal metode *fraction factorial design*. Metode ini tidak memiliki aturan yang pasti dalam pemilihan eksperimen yang tepat dan juga dalam melakukan analisa hasil eksperimen yang telah dipilih tadi. Untuk itulah Dr. Genichi Taguchi melaksanakan riset DOE agar metode DOE lebih mudah digunakan baik untuk dunia akademis maupun dunia industri manufaktur (Wibowo, 2008).

Metode Taguchi dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1987 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan

produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan (Ross, 1989). Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari empat buah konsep, yaitu:

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

Menurut Taguchi, ada dua segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode Taguchi menitikberatkan pada pencapaian target tertentu dan mengurangi variasi suatu produk atau proses dengan menggunakan desain parameter. Pencapaian tersebut dilakukan dengan menggunakan ilmu statistika. Apabila ada sejumlah parameter yang diperkirakan mempengaruhi suatu proses, maka dengan prinsip statistika pada metode Taguchi ini dapat dihitung seberapa besar peran masing-masing parameter tersebut dalam mempengaruhi proses ataupun hasil dari proses tersebut. Dengan menggunakan metode Taguchi ini dapat ditarik kesimpulan parameter mana yang dominan mempengaruhi proses (*control factor*) dan parameter mana yang hanya merupakan gangguan (*noise*) saja. Dengan mengetahui parameter yang dominan, maka dapat dilakukan suatu optimasi pada parameter yang dominan tersebut, sehingga diperoleh proses yang optimum, karena itu disebut sebagai desain parameter. Ada dua kontribusi utama metode Taguchi pada kualitas, yaitu *Taguchi Loss function* dan *Orthogonal arrays* (Wibowo, 2008).

2.2.3 *Orthogonal Array*

Orthogonal array merupakan salah satu bagian kelompok *fractional factorial experiment* (FFE). Sedangkan FFE merupakan percobaan yang hanya menggunakan sebuah bagian dari kondisi total (*full factorial experiment*). *Orthogonal array* diciptakan oleh Jaques Hardmand pada tahun 1897, dan mulai diterapkan pada perang dunia II oleh Plackett dan Burman. Matrik Taguchi secara matematis identik dengan matriks Hardmand, tetapi kolom dan barisnya dilakukan pengaturan lagi.

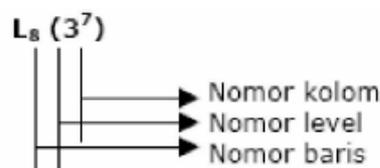
Keuntungan menggunakan *orthogonal array* adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test atau pengujian yang minimum. Jika pada percobaan terhadap 7 faktor dengan 2 level, menggunakan *full factorial experiment* akan diperlukan 27 buah percobaan. Dengan *orthogonal array* akan berkurang sehingga akan mengurangi waktu dan ongkos percobaan. *Orthogonal array* telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua dan tiga level dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian *multiple level* (Ross, 1996).

2.2.3.1 Struktur *Orthogonal Array* (OA)

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal arrays*, untuk menetapkan kombinasi faktor dan level mana yang akan digunakan dalam eksperimen yang efisien dan untuk menganalisa data hasil percobaan. *Orthogonal array* adalah sebuah matriks *fractional factorial* yang menjamin suatu perbandingan yang seimbang antara level-level dari faktor ataupun interaksinya dalam kombinasi yang dihasilkan. *Orthogonal array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *Orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel *input* untuk masing-masing eksperimen (Ross, 1989).

Orthogonal array adalah matriks angka-angka yang disusun ke dalam sejumlah baris dan kolom. Setiap baris merepresentasikan level dari faktor pada setiap percobaan (*run*), dan setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. *Array* disebut *orthogonal* karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang

(*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. *Orthogonal array* merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain (Park, 1996)



Gambar 2.1 Lambang *Orthogonal Array*

(sumber: *Taguchi's Quality Engineering Handbook* by Taguchi et al., 2005)

Keterangan gambar:

- Notasi L menyatakan informasi mengenai *Orthogonal array*
- Nomor baris menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal array*
- Nomor kolom menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal array*
- Nomor level menyatakan jumlah level faktor

Untuk dua level, tabel *OA* terdiri dari L_4 , L_8 , L_{12} , L_{16} , L_{32} , sedangkan untuk tiga level tabel *OA* terdiri dari L_9 , L_{18} , L_{27} (Taguchi et al., 2005).

Banyaknya level yang digunakan didalam faktor digunakan untuk memilih *Orthogonal array*. Jika faktornya ditetapkan berlevel dua maka harus digunakan *orthogonal array* dua level, begitu seterusnya. *Orthogonal array* untuk L_4 diperlihatkan pada tabel berikut.

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

Gambar 2.2 Matriks *Orthogonal Array* L_4

(sumber: *Taguchi's Quality Engineering Handbook* by Taguchi et al., 2005)

Matriks *OA* pada tabel diatas terdiri dari 3 parameter kendali (A, B, dan C) dengan dua level (1 dan 2). Untuk matriks ini diperlukan 4 kali percobaan karena berdasarkan matriks *Orthogonal array* terdapat 4 macam kombinasi.

Wibowo (2008) menuliskan bahwa *Orthogonal array* mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

1. Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup faktor kendali dan masing-masing level secara keseluruhan
2. Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip *full factorial experiment* seperti percobaan biasa, tetapi menggunakan prinsip *fractional factorial experiment*. Artinya, tidak semua kombinasi level harus dilakukan percobaan, melainkan beberapa saja. Untuk menentukan level mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada model *OA standard*.
3. Kemudahan dalam analisis data

2.2.3.2 Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array*

Dalam menentukan jenis *OA*, ada dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

1. Jumlah level dan faktor yang akan diteliti
2. Interaksi dalam faktor

Orthogonal array sendiri dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis (Park, 1996). Penentuan jenis *OA* yang digunakan dapat dengan cara memilih salah satu dari keempat jenis *OA* tersebut yang paling sesuai dengan jumlah faktor dan level yang diteliti dan juga interaksinya. Empat jenis *OA* adalah sebagai berikut:

1. *Orthogonal array* Standar

Tabel *OA* yang standar terdiri dari empat macam, yaitu untuk 2 level, 3 level, 4 level, dan 5 level. Untuk dua level, tabel *OA* terdiri dari $L_4(2^3)$, $L_8(2^7)$, $L_{16}(2^{15})$, $L_{32}(2^{31})$, dan $L_{64}(2^{63})$, sedangkan untuk tiga level tabel *OA*

terdiri dari $L_9(3^4)$, $L_{27}(2^{13})$, $L_{81}(2^{40})$. Untuk 4 level tabel *OA* contohnya $L_{64}(4^{21})$, dan untuk 5 level contohnya $L_{25}(5^6)$.

2. *Extended Orthogonal array* atau *Partially Orthogonal array*

Ketika terlalu banyak faktor yang harus ditempatkan, dan interaksi dapat diabaikan, tabel *OA* standar dapat diperpanjang untuk menambah jumlah kolomnya untuk mengakomodasi lebih banyak faktor. Contohnya adalah $L_{12}(2^{11})$, dan $L_{27}(3^{22})$.

3. *Mixed Orthogonal array*

Tabel *OA* jenis ini mengandung dua jenis level yang berbeda. *OA* ini digunakan ketika ada banyak faktor dengan level berbeda, dan interaksi dapat diabaikan. Contohnya adalah $L_{18}(2^1 \times 3^7)$, $L_{32}(2^1 \times 4^9)$, $L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$, $L_{36}(2^3 \times 3^{13})$, $L_{50}(2^1 \times 5^{11})$, dan $L_{54}(2^1 \times 3^{25})$.

4. *Column-Merged Orthogonal array*

Tabel *OA* ini dibentuk dari tabel *OA* standar dengan menggunakan metode penggabungan kolom. Contohnya adalah $L_8(4^1 \times 2^4)$, $L_{16}(4^1 \times 2^{12})$, $L_{16}(4^2 \times 2^9)$, $L_{16}(4^4 \times 2^3)$, $L_{16}(4^5)$, dan $L_{16}(8^1 \times 2^8)$

2.2.4 Tahapan Dalam Desain Eksperimen Taguchi

Dalam metode Taguchi terdapat tiga tahap untuk mengoptimasi desain produk atau proses produksi (Ross, 1996). Tahapan ini dibagi menjadi tiga fase utama yang meliputi keseluruhan pendekatan eksperimen. Tiga fase tersebut adalah (1) fase perencanaan, (2) fase pelaksanaan, dan (3) fase analisis. Fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan. Fase perencanaan adalah faktor dan levelnya yang dipilih sehingga merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen. Fase terpenting kedua adalah fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan level. Fase analisis adalah ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Langkah utama untuk melengkapi desain eksperimen yang efektif adalah sebagai berikut (Ross, 1996):

1. Perumusan masalah, Perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam percobaan yang akan dilakukan.
2. Tujuan eksperimen, Tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati.
3. Memilih karakteristik kualitas atau respon yang akan dioptimasi (Variabel Tak Bebas). Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu percobaan harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas yang akan diselidiki.
4. Memilih faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas (Variabel Bebas). Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam seluruh percobaan tidak semua faktor yang diperkirakan mempengaruhi variabel yang diselidiki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselidiki. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan diteliti adalah *brainstorming*, *flowcharting*, dan *cause effect diagram*.
5. Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol. Dalam metode Taguchi, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda. Faktor terkontrol (*control factors*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan (*noise factors*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan, atau faktor yang tidak ingin kita atur atau kendalikan.
6. Penentuan jumlah level dan nilai faktor. Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan dan ongkos pelaksanaan percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil percobaan akan

lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak, tetapi banyaknya level juga akan meningkatkan ongkos percobaan.

7. Identifikasi Interaksi antar Faktor Kontrol. Interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri. Kesalahan dalam penentuan interaksi akan berpengaruh pada kesalahan interpretasi data dan kegagalan dalam penentuan proses yang optimal. Tetapi Taguchi lebih mementingkan pengamatan pada *main effect* (penyebab utama) sehingga adanya interaksi diusahakan seminimal mungkin, tetapi tidak dihilangkan sehingga perlu dipelajari kemungkinan adanya interaksi.
8. Pemilihan *Orthogonal array* (OA). Dalam memilih jenis *Orthogonal array* harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati yaitu
 - Jika semua faktor adalah dua level: pilih jenis OA untuk level dua faktor
 - Jika semua faktor adalah tiga level: pilih jenis OA untuk level tiga faktor
 - Jika beberapa faktor adalah dua level dan lainnya tiga level: pilih yang mana yang dominan dan gunakan *Dummy Treatment*, Metode Kombinasi, atau *Metode Idle Column*.
 - Jika terdapat campuran dua, tiga, atau empat level faktor: lakukan modifikasi OA dengan metode *Merging Column*
9. Penugasan untuk faktor dan interaksinya pada *Orthogonal array*. Penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun faktor gangguan dan interaksi-interaksinya pada *Orthogonal array* terpilih dengan memperhatikan grafik linier dan tabel triangular. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi-interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.

10. Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan: Persiapan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan percobaan.

- Jumlah Replikasi: Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi bertujuan untuk mengurangi tingkat kesalahan percobaan, menambah ketelitian data percobaan dan mendapatkan harga estimasi kesalahan percobaan sehingga memungkinkan diadakan test signifikansi hasil eksperimen.
- Randomisasi. Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan, memberikan kesempatan yang sama pada semua unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh pada setiap perlakuan yang sama dan mendapatkan hasil pengamatan yang bebas satu sama lain.

Pelaksanaan percobaan Taguchi adalah pengerjaan berdasarkan setting faktor pada *OA* dengan jumlah percobaan sesuai jumlah replikasi dan urutan seperti randomisasi. Proses percobaan dilakukan dengan mengumpulkan data respon sebanyak jumlah baris pada matriks *OA* yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh itu kemudian diubah menjadi *S/N Ratios (Signal to noise ratios)*

11. Analisis Data. Pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.
12. Interpretasi Hasil. Interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan.
13. Percobaan Konfirmasi. Percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk memverifikasi dugaan yang dibuat pada saat

model performansi penentuan faktor dan interaksinya kemudian penyetelan parameter (faktor) yang optimum hasil analisis hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

2.2.5 Faktor Terkendali dan *Noise*

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk atau proses ke dalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor *noise*. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk atau proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor *noise* adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen atau dengan kata lain sumber yang tidak diinginkan dan tidak dapat dikontrol yang dapat menyebabkan penyimpangan dari target nilai di dalam karakteristik fungsional produk. Faktor *noise* dapat dibagi menjadi tiga tipe (Park, 1996) yaitu:

1. *External Noise* yaitu sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk misalnya variabel operasi pada lingkungan seperti suhu, dan kelembaban, dan kondisi penggunaan yang mengganggu fungsi dari produk.
2. *Internal Noise* merupakan hasil dari produksi dimana selalu ada perbedaan dari setiap item yang sejenis yang telah diproduksi. Disebut juga sebagai variasi toleransi.
3. *Unit-to-unit noise* yaitu perbedaan diantara produk individual disebabkan ketidaksempurnaan proses manufaktur seperti variasi di dalam pengaturan mesin.

Dalam perancangan eksperimen Taguchi, penanganan faktor *noise* melalui 3 (tiga) cara, yaitu:

- Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan.
- Dengan memasukkan faktor *noise* tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor terkendali.
- Dengan menganggap faktor terkendali bervariasi.

Keseluruhan sistem kualitas sebaiknya didesain untuk memproduksi produk yang kuat dengan penerimaan terhadap semua faktor *noise*. Untuk mencapai kekuatan produk, usaha kontrol kualitas harus dimulai pada saat desain produk dan proses (*offline QC*) dan harus dilanjutkan selama operasi produksi berlangsung (*online QC*).

Gambar 2.1 menyimpulkan cara untuk melawan variabilitas di dalam kualitas fungsional. Tahap desain produk disebut *R&D* dan tahap desain proses disebut rekayasa produksi. Gambar tersebut menunjukkan bahwa eksternal dan internal *noise* dapat dikurangi dengan sangat efektif pada tahap *R&D*. Bagaimanapun, *unit-to-unit noise* dapat diatasi di dalam keseluruhan tahap *offline* dan *online* kontrol kualitas.

Tabel 2.1 Kontrol Kualitas pada Setiap Tahapan Produk

Realisasi Produk	Aktivitas Kontrol Kualitas	Kemampuan Mengurangi Efek Faktor Gangguan		
		Eksternal	Internal	Antarunit
Perancangan produk	Sistem	√	√	√
	Parameter	√	√	√
	Toleransi	√	√	√
Perancangan proses produksi	Sistem	X	X	√
	Parameter	X	X	√
	Toleransi	X	X	√
Manufakturing	Sistem	X	X	√
	Parameter	X	X	√
	Toleransi	X	X	√
Pemakaian oleh konsumen	Garansi dan Perbaikan	X	X	√

2.3 Analisa Dalam Hasil Eksperimen

2.3.1 Analisa Varians (ANOVA)

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat

diketahui dengan membandingkan nilai *sum of square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali (Wibowo, 2008).

Analisis varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. ANOVA yang digunakan dalam hasil eksperimen dengan Taguchi pada umumnya adalah analisa ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih (Ross, 1989). Tabel ANOVA dua arah terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio yang ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Rumus Perhitungan Tabel ANOVA

Sources of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Squares	F-Ratio
A Treatments	$a-1$	SS_A	MS_A	MS_A/MS_E
B Treatments	$b-1$	SS_B	MS_B	MS_B/MS_E
Interaction	$(a-1)(b-1)$	SS_{AB}	MS_{AB}	MS_{AB}/MS_E
Error (within treatments)	$ab(n-1)$	SS_E	MS_E	
Total	$abn-1$	Ssy		

(sumber: *Design and Analysis of Experiment* by Montgomery, 2005)

a. *Sum of Square* (SS)

Menjelaskan perbedaan kuadrat dari setiap data dengan rata-rata keseluruhan. SS_T digunakan untuk mencari SS_E yang pada akhirnya digunakan untuk mengetahui apakah data yang didapatkan memiliki rata-rata populasi yang sama (Montgomery, 2005).

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} \dots \dots \dots (2.1)$$

Sum of squares untuk faktor utama adalah :

$$SS_A = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i...}^2 - \frac{y^2 \dots}{abn} \dots \dots \dots (2.2)$$

Sum of squares of error, menunjukkan jumlah kuadrat dari kesalahan/residual nilai observasi yang didapatkan.

$$SS_E = SS_T - S_{subtotal(AB)} \dots \dots \dots (2.3)$$

b. Derajat Kebebasan

Perhitungan untuk memperoleh derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

- Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B:

$$\begin{aligned} VA &= (\text{jumlah level faktor A}) - 1 \\ &= kA - 1 \dots \dots \dots (2.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VB &= (\text{jumlah level faktor B}) - 1 \\ &= kB - 1 \dots \dots \dots (2.5) \end{aligned}$$

- Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$VA \times B = (kA - 1) (kB - 1) \dots \dots \dots (2.6)$$

- Nilai derajat kebebasan total

$$\begin{aligned} VT &= (kA - 1) + (kB - 1) + (kA - 1) (kB - 1) \\ &= (\text{Jumlah Percobaan}) - 1 \dots \dots \dots (2.7) \end{aligned}$$

- Nilai derajat kebebasan *error*

$$Ve = VT - VA - VB - VaxB \dots \dots \dots (2.8)$$

c. Mean Square (MS)

Mean square adalah hasil rata-rata dari jumlah kuadrat (*SS*) berdasarkan derajat kebebasannya masing-masing, dihitung dengan cara membagi jumlah kuadrat (*SS*) dengan derajat kebebasan (*V*).

d. Uji-F

Uji-F dipergunakan untuk menilai pengaruh perbedaan setiap faktor yang direpresentasikan dengan nilai rata-rata (μ), untuk melihat apakah layak mengasumsikan bahwa tidak ada perbedaan pada rata-rata populasi yang disebabkan oleh faktor-faktor tersebut. Pengujian dimulai oleh spekulasi dengan hipotesa nol (H_0), yaitu semua rata-rata populasi untuk semua faktor sama (tidak ada perbedaan). Lalu, hipotesa alternative (H_1), yaitu sekurang-kurangnya terdapat satu faktor yang berbeda. Jika F-hitung lebih

besar sama dengan $F(\alpha; f_i, f_e)$, maka diterima hipotesa alternative bahwa terdapat perbedaan pengaruh faktor yang signifikan.

2.4 *Artificial Neural Network*

2.4.1 Definisi Jaringan Saraf Tiruan

Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan adalah system pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologis yang dibentuk sebagai generalisasi model matematis dari jaringan syaraf biologis. Sistem ini memiliki kemampuan untuk mengenali sesuatu yang pernah dialami atau dikenal, dengan kata lain sistem ini dapat melakukan proses pembelajaran terhadap sesuatu. Proses pembelajaran pada *ANN* adalah proses penambahan pengetahuan pada sistem yang bersifat kontinyu, yang nantinya akan digunakan sebagai referensi untuk mengenali suatu objek. Mekanisme pemrosesan informasi yang dimiliki sistem ini dilakukan di neuron, lalu hasil pemrosesan tersebut diteruskan dari satu neuron ke neuron yang lain melalui penghubung sampai mencapai output yang diinginkan. Berikut ini merupakan bentuk dasar dari neuron:

Persamaan dari fungsi penjumlahan atau fungsi transformasi *neuron (neuron transfer function)* adalah:

$$\text{Net}_k(t) = \sum_{i=0}^l w_{ix_i}(t) \quad (2.9)$$

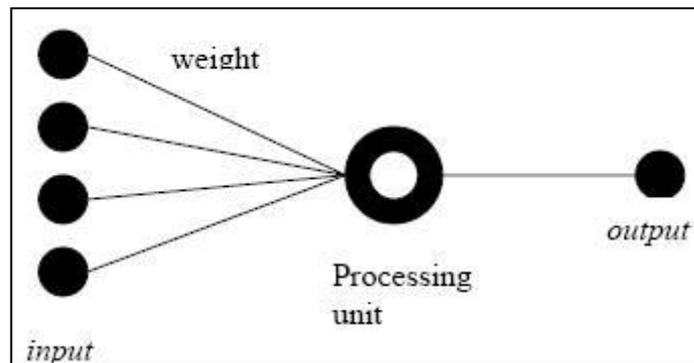
Dimana,

net_j : fungsi transformasi *neuron*

x_i : masukan *neuron*

w_i : pembobot penghubung

t : variabel waktu



Gambar 2.3 Bentuk Dasar Neuron

(Sumber : *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan* oleh Setiyawan, 2003)

Neuron diatas terdiri dari bagian-bagian :

- *Input*, bagian sistem yang digunakan untuk memberikan masukan pada sistem, baik untuk proses pembelajaran maupun proses pengenalan objek.
- *Weight*, merupakan bobot yang diberikan pada penghubung yang berfungsi untuk meningkatkan dan menurunkan nilai dari informasi agar sesuai dengan target pembelajaran. Nilai dari bobot akan berubah setiap kali diberikan *input* untuk pembelajaran dan akan tetap ketika *output* pembelajaran telah sesuai objek yang ingin dikenali.
- *Processing unit*, bagian terjadinya proses komputasi pengenalan suatu objek berdasarkan pengetahuan yang diperoleh dari *input* dan bobot yang sudah ditentukan sebelumnya. Suatu jaringan *ANN* dapat terdiri dari beberapa *processing unit* yang dapat bekerja secara simultan dan dapat bekerja parallel
- *Output*, bagian yang memberikan hasil pembelajaran suatu objek atau target pembelajaran. Setiap *output* dari neuron memiliki fungsi aktivasi yang menentukan apakah informasi akan diteruskan ke neuron lain untuk diproses lagi atau tidak.

2.4.2 Cara Kerja Kecerdasan Manusia

Kecerdasan Manusia merupakan sebuah fungsi kompleks yang para ilmuwan baru mampu untuk memahaminya, tetapi cukup bagi kita untuk

membuat asumsi pasti tentang bagaimana kita berpikir dan untuk menerapkannya ke dalam desain program *AI*.

1. Tujuan

Tujuan adalah hasil terakhir dimana seluruh proses pemikiran kita diarahkan kepadanya. Tidak satupun dari pemikiran yang membimbing kita kepada sebuah hasil final ini berupa pemikiran acak atau berubah-ubah. Saat berkaitan dengan aktivitas fisik yang paling sederhana atau bahkan aktivitas mental yang paling kompleks, pikiran kita secara tajam focus kepada sebuah tujuan. Tanpa tujuan, kita tidak memiliki alasan untuk berpikir. Contoh dari tipe tujuan yang bervariasi adalah seperti berikut:

- Memetakan rute terpendek antara New York dan Boston
- Memutuskan tipe *wine* terbaik untuk diminum dengan ikan tertentu
- Mempelajari cara untuk mengikat tali sepatu
 - Memutuskan bagaimana caranya menentukan apabila seorang anak mengerti konsep aritmatika

Saat merancang sistem *AI*, tujuan dari suatu sistem harus selalu diingat, karena kita berpikir hanya apabila ada sesuatu yang harus kita lakukan.

2. Fakta dan Aturan

Kita semua mengetahui bahwa pikiran manusia memiliki tempat penyimpanan pengetahuan yang sangat besar terkait pada susunan objek dan ide yang tidak terhitung jumlahnya. Apa yang disebut sebagai kecerdasan dapat dibagi menjadi koleksi akan fakta dan arti daripada penggunaan fakta tersebut dalam rangkaian meraih tujuan. Hal ini dilakukan, dalam bagian-bagian, dengan merumuskan suatu set peraturan terkait dengan semua fakta yang disimpan di dalam otak manusia. Sebagai contohnya adalah di bawah ini.

- Fakta/aturan set 1

Fakta 1: Kompor yang menyala itu panas

Aturan 1: Jika saya letakkan tangan saya di atas kompor yang menyala, maka tangan saya akan sakit

Semua aturan dapat diekspresikan dengan hubungan IF-THEN atau kondisional. Yaitu, bila sebuah kondisi terjadi, maka akan menghasilkan sebuah aksi atau tanggapan.

3. *Pruning*

Terdapat sebuah sistem yang lebih canggih yang mampu membimbing pemilihan akan tanggapan yang benar terhadap suatu situasi yang spesifik. Proses tersebut dinamakan *pruning*. *Pruning* mengeliminasi jalan kecil dari pikiran yang tidak relevan terhadap objek yang terdekat untuk meraih tujuan. Sehingga mekanisme *pruning* adalah memotong kata dari fakta-fakta dan aturan yang tidak dapat mengarahkan kita kepada tujuan.

4. Mekanisme Inferensi

Saat akan meraih suatu tujuan, kita tidak hanya memecahkan masalah yang harus diselesaikan tetapi juga memperoleh pengetahuan baru pada saat yang bersamaan. Bagian dari kecerdasan yang membantu kita kepada fakta baru tersebut dinamakan mekanisme inferensi.

2.4.3 Pengertian Umum *Neural Network*

Neural Network (NN) adalah suatu prosesor yang melakukan pendistribusian secara besar-besaran, yang memiliki kecenderungan alami untuk menyimpan suatu pengenalan yang pernah dialaminya, dengan kata lain *NN* ini memiliki kemampuan untuk dapat melakukan pembelajaran dan pendeteksian terhadap sesuatu objek. Secara mendasar, sistem pembelajaran merupakan proses penambahan pengetahuan pada *NN* yang sifatnya kontinuas sehingga pada saat digunakan pengetahuan tersebut akan dieksploitasikan secara maksimal dalam mengenali suatu objek. *Neuron* adalah bagian dasar dari pemrosesan suatu *Neural Network*. Dibawah ini merupakan bentuk dasar dari suatu *neuron* (Setiawan, 2003).

2.4.3.1 Keuntungan Penggunaan *Neural Network*

Beberapa keuntungan dalam menggunakan *Neural Network* adalah sebagai berikut:

- Perangkat yang mampu untuk mengenali suatu objek secara non-linier.

- Mempermudah pemetaan *input* menjadi suatu hasil tanpa mengetahui proses sebenarnya.
- Mampu melakukan pengadaptasian terhadap pengenalan suatu objek
- Perangkat yang memiliki toleransi terhadap suatu kesalahan dalam pengenalan suatu objek.
- *Neural Network* mampu diimplementasikan pada suatu Hardware atau perangkat keras.
- Perangkat yang mampu diimplementasikan secara parallel.

2.4.3.2 Fungsi Aktivasi *Neural Network*

Dalam gambar 2.3 dapat dijelaskan bahwa setelah pemetaan sinyal masukan *neuron* akan menghasilkan keluaran melalui fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi mentransformasikan nilai keluarannya melalui pemetaan sinyal masukannya ke dalam sebuah nilai yang sama dengan nilai *neuron* lainnya.

Persamaan fungsi aktivasi sebuah *neuron* adalah:

$$O_k = f_{actv} (net_k) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana,

f_{actv} : fungsi aktivasi

O_k : keluaran neuron

Pada fungsi aktivasi bipolar *neuron* akan menghasilkan nilai keluaran positif dan negative, sedangkan pada jenis unipolar hanya menghasilkan keluaran positif. Berdasarkan jenis *neuron*, fungsi aktivasi memiliki beberapa bentuk yaitu:

1. Fungsi Aktivasi Linear

FA yang paling sederhana adalah pemetaan secara linear yang ditunjukkan dengan persamaan:

$$f_{actv} (n_j) = n_j \dots\dots\dots(2.11)$$

Gradien dari FA linear diberikan oleh persamaan:

$$\frac{\partial f_{actv}(n_j)}{\partial n_j} = 1 \dots\dots\dots(2.12)$$

2. FA Sigmoid

$$f_{actv} (n_j) = sig (n_j)$$

$$= \frac{1}{1 + \exp^{-n_j}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Gradien dari FA sigmoid diberikan oleh persamaan:

$$\frac{\partial f_{actv}(n_j)}{\partial n_j} = (1 - f_{actv}(n_j)) f_{actv} (n_j) \dots \dots \dots (2.14)$$

3. FA Hiperbolik Tangen

FA Hiperbolik Tangen merupakan fungsi unipolar yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$f_{actv} (n_j) = tanh (n_j)$$

$$= \frac{1 - \exp^{-n_j}}{1 + \exp^{-n_j}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Gradien dari FA Hiperbolik tangen diberikan oleh persamaan:

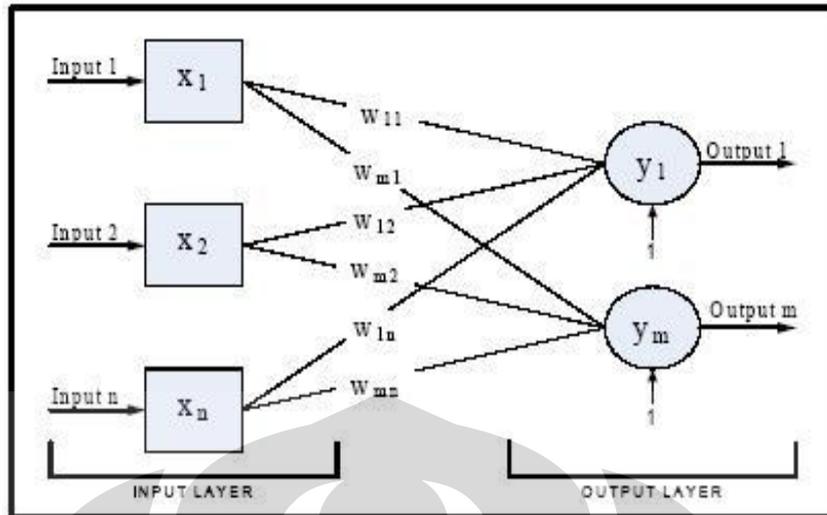
$$\frac{\partial f_{actv}(n_j)}{\partial n_j} = 1 - (f_{actv}(n_j))^2 \dots \dots \dots (2.16)$$

2.4.4 Arsitektur *Artificial Neural Network*

Pola koneksi dari ANN memiliki bentuk dasar seperti digambarkan pada gambar diatas Berdasarkan pola koneksi antar neuron, terdapat 3 karakteristik utama sitem ANN yang sering digunakan yaitu :

1. *Single Layer Neural Network*

Sistem ANN dengan tipe *SLNN* memiliki pola masukan dan keluaran yang terhubung seccara langsung, sehingga perubahan bobot pada koneksi neuron-neuron keluaran tidak saling berpengaruh.

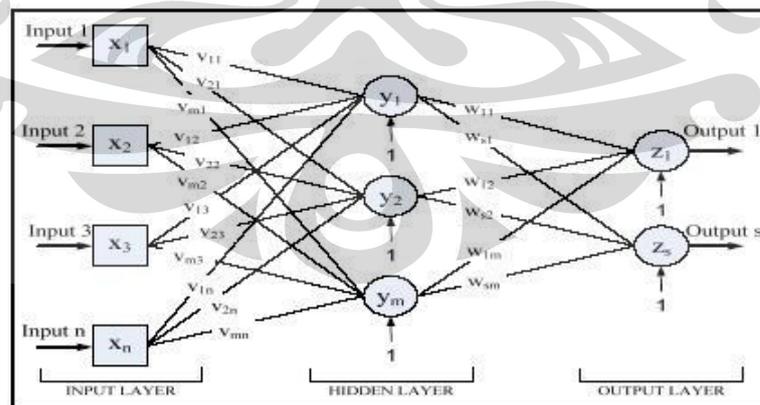


Gambar 2.4 Single-layer Neural Network

(Sumber : Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan oleh Setiyawan, 2003)

2. Multilayer Perceptron Neural Network

Model *MLPNN* memiliki layer neuron tambahan selain layer *input* dan *output*, yaitu *hidden layer* yang terletak di antara kedua layer tersebut. Jumlah *hidden layer* bervariasi tergantung dari tingkat kesulitan permasalahan yang ditangani oleh sistem, sehingga dalam pengaplikasiannya *MLPNN* lebih powerful dibandingkan dengan model *ANN* yang lain. Berikut ini adalah bentuk arsitektur jaringan *MLPNN*:

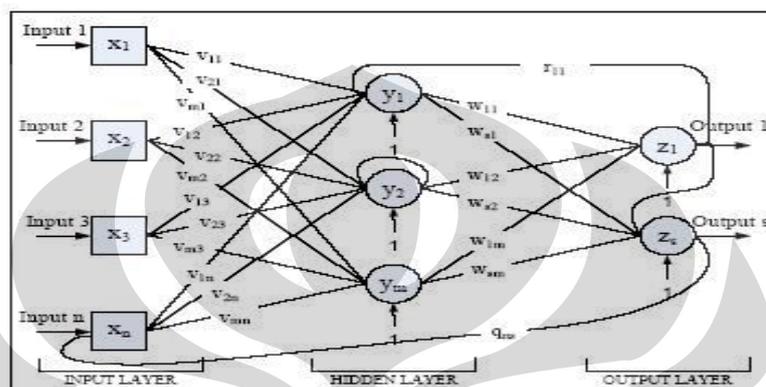


Gambar 2.5 Multilayer Perceptron Neural Network

(Sumber : Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan oleh Setiyawan, 2003)

3. Recurrent Neural Network

Pada sistem dengan karakteristik *RNN* terdapat koneksi umpan balik dari layer *output* ke layer *input*, sehingga hasil *output* sistem mempengaruhi *input* sistem itu sendiri. Proses umpan balik ini mengakibatkan adanya *delay* selama proses komputasi.



Gambar 2.6 Recurrent Neural Network

(Sumber : Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan oleh Setiyawan, 2003)

2.4.5 Pembelajaran ANN

Proses yang membedakan ANN dengan sistem pengambilan keputusan yang lain adalah adanya proses pembelajaran. Secara garis besar sistem ANN memiliki 3 metode pembelajaran, yaitu:

a. *Supervised Learning*

Pada metode ini setiap pengetahuan yang diberikan nilai acuan untuk pemetaan suatu *input*, akan menjadi suatu keluaran yang dikehendaki. Proses pembelajaran akan dilakukan terus menerus selama kondisi *error* yang dikehendaki belum terjadi. Untuk setiap nilai *error* yang diperoleh di setiap tahap pembelajaran akan di kalkulasikan hingga data atau nilai target yang dikehendaki tercapai.

b. *Semi – Supervised Learning*

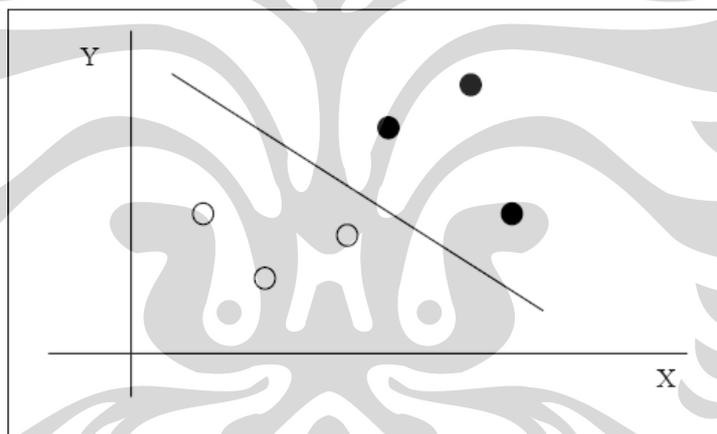
Metoda ini merupakan metoda pembelajaran dimana target pembelajaran tidak ditetapkan secara eksplisit. Tujuan dari pembelajaran metoda ini adalah untuk melihat perilaku dari jaringan ANN, apakah baik atau buruk.

c. *Unsupervised Learning*

Pada metoda ini tidak menggunakan nilai acuan, karena sistem pada metoda ini bergantung sepenuhnya pada hasil komputasi di setiap tahapan pemrosesan untuk mendapatkan nilai target yang dikehendaki. Setiap proses pada metoda ini akan mengkalkulasikan setiap langkah pada nilai bobot yang dikehendaki.

2.4.5.1 Mekanisme Kerja *Multilayer Perceptron Neural Network*

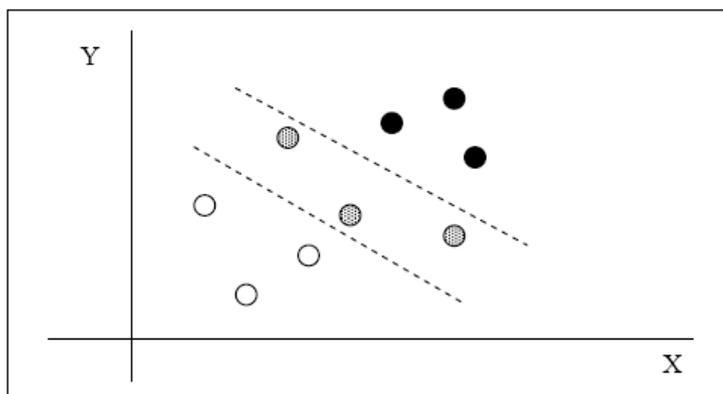
Sesuai dengan karakteristik *Neural Network*, pada dasarnya *Multilayer Perceptron* memiliki kecenderungan yang sama dengan jenis *Neural Network* lainnya, namun setiap jenis memiliki karakteristik masing-masing, seperti halnya *Single layer Neural Network*, biasanya hanya digunakan untuk memberikan solusi yang sifatnya hanya sederhana saja, sebagai contoh berikut ini.



Gambar 2.7 Penggunaan *Single Layer Neural Network*

(Sumber : *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan* oleh Setiyawan, 2003)

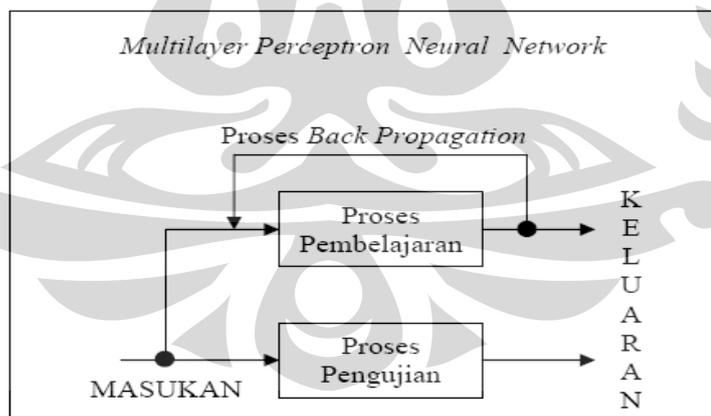
Gambar diatas menunjukkan bahwa *single layer Neural Network* digunakan untuk menganalisa dua bagian yang berbeda saja, yaitu agar dapat mengetahui posisi lingkaran hitam dan lingkaran yang berwarna putih. Lain halnya dengan dengan kondisi pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 Penggunaan *Multilayer Perceptron Neural Network*

(Sumber : *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan* oleh Setiyawan, 2003)

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa dengan karakteristik *Single Layer Neural Network* yang hanya mampu mendeteksi dua daerah saja membuat kasus ini sulit untuk dapat diselesaikan. *Multilayer Perceptron Neural Network* adalah jenis *Neural Network* yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi atau melakukan analisa untuk permasalahan yang sifatnya cukup atau bahkan sangat kompleks, seperti pada masalah Pemrosesan Bahasa, Pengenalan suatu Pola serta Pemrosesan suatu Image atau gambar. Adapun Proses yang terjadi Pada *Multilayer Perceptron Neural Network*, adalah sebagai berikut:



Gambar 2.9 Proses *Multilayer Perceptron Neural Network*

(Sumber : *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan* oleh Setiyawan, 2003)

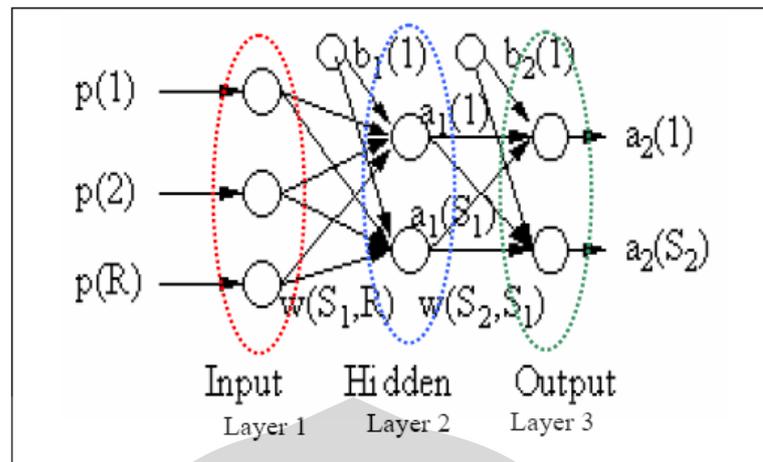
Berikut adalah penjelasan mengenai proses *Multilayer Perceptron Neural Network*:

a. Masukan

Proses ini merupakan bagian dari sistem kerja secara keseluruhan, karena proses masukan digunakan untuk menunjang pada proses pembelajaran serta proses pengujian. Pada proses ini, masukan diklasifikasikan berdasarkan keinginan dari pembuat, dimana bentuk masukan dapat berupa nilai logic atau bilangan biner (1 atau 0), atau juga bisa berupa nilai angka atau bilangan real (120.3 atau 100) bahkan dapat melakukan proses dengan menggunakan bilangan negatif.

b. Proses Pembelajaran

Pada bagian ini merupakan sisi kelebihan dari metoda *Neural Network*, dimana setiap permasalahan yang akan dihadapi dapat dipecahkan dengan melalui tahapan pembelajaran, seperti halnya otak manusia yang secara sifat biologis, memiliki kemampuan untuk mempelajari hal-hal yang baru. Memang pada dasarnya, *Neural Network* ini dibuat untuk dapat mempelajari sesuatu hal yang baru sehingga mampu melakukan penganalisaan tanpa menggunakan suatu rumusan yang baku. Proses pembelajaran ini sangat mempengaruhi sensitifitas kemampuan dalam melakukan penganalisaan, semakin banyak bahan atau masukan sebagai pembelajaran maka akan semakin mudah dan sensitif dalam melakukan analisa. Biasanya untuk membahas hal-hal yang cukup kompleks, *Multilayer Perceptron Neural Network* memiliki *hidden neuron* yang digunakan untuk mengimbangi setiap permasalahan yang akan dihadapi, umumnya untuk melakukan penganalisaan pada hal-hal yang rumit, rancangan *Neural Network* yang dibuat minimal memiliki tiga *layer* seperti pada gambar dibawah ini, namun hal ini tergantung pada tingkat kompleksitas yang dihadapi.



Gambar 2.10 Multilayer Perceptron Neural Network 3 Layer

(Sumber : Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan oleh Setiyawan, 2003)

c. Proses Perhitungan saat pembelajaran

Proses ini melibatkan dua faktor penting, yaitu masukan dan keluaran yang ditentukan. Keluaran tersebut merupakan bagian dari sistem atau metoda pembelajaran yang dinamakan “*Supervised Learning*”, dengan demikian setiap masukan memiliki keluaran yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan pembelajaran. Hal inilah yang membuat *Neural Network* melakukan penganalisaan, selain banyaknya masukan yang diberikan, proses pembelajaran yang dilakukan secara berulang pun akan menunjang kemampuan *Neural Network* saat menganalisa.

d. Keluaran

Bagian ini merupakan proses yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembelajaran terhadap keluaran yang diinginkan, jika hasil yang diinginkan kurang sesuai maka kemungkinan yang terjadi adalah :

- Variabel masukan (informasi yang diberikan) kurang menunjang
- Kurangnya *layer* pada rancangan keseluruhan
- Jumlah *neuron* yang terlalu sedikit

Namun tidak menutup kemungkinan karena ketidaksesuaian penerapan saat proses pembelajaran dilakukan juga dapat mempengaruhi proses pembelajaran. Hal lainnya yang dapat mempengaruhi proses pencapaian

target adalah pemilihan metoda *Back Propagation*, yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

2.4.5.2 *Back Propagation Multilayer Perceptron Neural Network*

Back Propagation adalah istilah dalam penggunaan metoda *MLP-NN* untuk melakukan proses *update* pada nilai vektor *weight* dan *bias*. Adapun bentuk metoda *weight* ini memiliki beberapa macam, antara lain adalah sebagai berikut.

1. *Gradient Descent Back Propagation (GD)*

Metoda ini merupakan proses *update* untuk nilai *weight* dan *bias* dengan arah propagasi fungsinya selalu menurunkan nilai *weight* sebelumnya. Bentuk vektor *weight* tersebut berlaku seperti metoda berikut.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha \cdot g_k \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana α , merupakan *Learning rate* serta g , merupakan *gradient* yang berhubungan dengan nilai *error* yang diakibatkan oleh *weight* tersebut.

2. *Gradient Descent Back Propagation* dengan Momentum

Penggunaan Momentum pada metoda ini memberikan nilai tambah dimana hasil *update* diharapkan tidak berhenti pada kondisi yang dinamakan “*Local Minimum*”, sehingga proses penelusuran hingga mencapai nilai minimum yang paling puncak dalam pengertian nilai *error* yang paling kecil dapat tercapai. Adapun bentuk metoda penggunaan momentum ini adalah seperti dibawah ini.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha \cdot g_k + \mu \cdot W_{k-1} \dots\dots\dots(2.18)$$

3. *Variabel Learning Rate Back Propagation* dengan Momentum

Penggunaan metoda ini bertujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian sehingga proses mendapatkan nilai *error* yang paling kecil dapat tercapai dengan cepat serta penelusuran yang lebih singkat. Sebaliknya jika nilai yang digunakan dalam praktisnya maka hasil yang didapatkan biasanya akan memperlambat proses penelusuran nilai *error* yang paling kecil. Dalam penggunaan metoda ini para peneliti biasanya menggunakan cara memperbesar nilai dari *Variabel Learning Rate* saat hasil yang dicapai jauh dari target, dan sebaliknya saat hasil

yang dicapai dekat dengan nilai target. Secara perhitungan metoda ini memang tidak begitu jauh dari metoda yang telah dijelaskan sebelumnya, namun perbedaannya adalah seperti dibawah ini.

$$W_{k+1} = W_k - \alpha_{k+1} \cdot g_k + \mu \cdot W_{k-1} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\alpha_{k+1} = \beta \cdot \alpha_k \quad (4)$$

$$0.7 \text{ jika nilai } new \text{ error} > 1.04 \text{ (old error)} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$1.05 \text{ jika nilai } new \text{ error} < 1.04 \text{ (old error)} \dots\dots\dots(2.21)$$

4. *Conjugate Gradient Back Propagation (CGX)*

Conjugate Gradient Back Propagation memiliki perbedaan dibandingkan dengan metoda *GD* yaitu pada saat melakukan proses *update*, dimana untuk metoda *GD* proses tersebut dilakukan setiap penggunaan rumus sedangkan pada proses *CGX*, update dilakukan setiap iterasi dilakukan.

Berikut ini merupakan proses update nilai *weight*.

$$W_{k+1} = W_k + \alpha \cdot p_k \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Dimana : } p_k = -g_k + \beta_k \cdot p_{k-1} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\beta = \frac{\Delta g_{k-1} \cdot g_k}{g_{k-1} \cdot g_{k-1}} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\Delta g_{k-1} = g_k - g_{k-1} \dots\dots\dots(2.25)$$

5. *Quasi-Newton Back Propagation (BPGS)*

Metoda *Newton* ini merupakan improvisasi dari metoda *CGX*, dimana pencapaian nilai konfigurasi dapat dilakukan lebih cepat. Metoda yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$W_{k+1} = W_k - A_k \cdot g_k \dots\dots\dots(2.26)$$

A_k merupakan *Hessian Matrix* untuk nilai *weight* dan *Bias*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini merupakan data sekunder perusahaan yang terangkum dalam MWS (*Manufacturing Worksheet*). MWS merupakan dokumen pencatatan pada Divisi *Manufacturing* perusahaan yang terdiri dari catatan semua proses pembuatan obat. MWS yang digunakan adalah MWS yang berisi data historis proses produksi *coating tablet Glucophage 500* yang dijalankan oleh mesin *XL Cota 150*. Sementara untuk penentuan parameter-parameter serta faktor dan level penyetelan yang signifikan mempengaruhi proses *coating tablet* dibutuhkan wawancara dengan operator, diskusi dengan supervisor yang bertanggung jawab untuk produk yang sedang diteliti dan melakukan observasi secara langsung di area produksi.

3.1 Profil Perusahaan

PT Merck Tbk Indonesia merupakan sebuah perusahaan farmasi dan kimia global dengan 32.800 karyawan di hampir 60 negara dan dengan total keuntungan sekitar € 7,1 Milyar (2007). Sektor usaha farmasi terdiri dari obat-obatan dengan resep yang inovatif dan produk-produk tanpa resep lainnya. Sektor usaha kimia menawarkan beberapa produk spesial untuk elektronik, percetakan, bahan pelapis, kosmetik, farmasi, dan industri bioteknologi. Usaha operasional Merck dijalankan dibawah payung KGaA Merck yang berkantor pusat di Darmstadt (Jerman).

Konsumen dari industri makanan, alat optik, plastik, zat pelapis, percetakan, kosmetik, ilmu biologi dan farmasi, juga menggunakan produk-produk khusus dari divisi *Performance and Life Science Chemicals* (Performa dan Kimia Ilmu Kehidupan) yang dapat ditemukan pada bagian Merck *Chemicals*.

Proses produksi yang dilakukan adalah berdasarkan pesanan (*job order*). Kegiatan produksi yang dilakukan tidak rutin dan berbeda-beda urutannya sesuai dengan jenis pesannya sehingga pengendalian produksinya menjadi lebih rumit.

Area *Manufacturing* yang terdapat di PT Merck Tbk terletak diantara Gudang Bahan Baku dan Area *Packing*. Hal ini tentu beralasan antara lain karena

3.1.1 Area *Manufacturing*

Area *Manufacturing* yang terdapat di PT Merck Tbk terletak diantara Gudang Bahan Baku dan Area *Packing*. Hal ini tentu beralasan antara lain karena urutan aliran kerja, memudahkan pemindahan bahan, menggunakan personil yang sama, efisiensi kerja, faktor keamanan dan keselamatan, faktor kebersihan dan bau, derajat hubungan pribadi dan derajat hubungan kertas kerja.

Tata letak pabrik yang baik adalah sangat memperhatikan aliran material maupun dokumen sehingga akan tercipta efisiensi kerja dari semua pihak yang terlibat dari proses tersebut. Adapun ruangan-ruangan yang terdapat di area *Manufacturing* yaitu terdiri dari area penimbangan, area *batch material store*, area *tableting* 1, area *bulk store*, area granulasi 1, area granulasi 2, area granulasi 3, area *mixing*, area *equipment washing* 1, area *equipment store* 1, area *tableting* 3, area *coating* 1, area *tableting* 2, area *capsule filling* 1, area *capsule filling* 2, area *coating solution preparation*, area *bulk store* 2, area *coating* 2, area *tableting* 2, ruang IPC dan Office, area *liquid store*, area *liquid processing*, area *semi solid processing*, area *personel airlock* 2, area *autoclave*, area *ampoule washing*, area *drying room* dan area *tableting* 4.

3.1.2 Jenis Produk

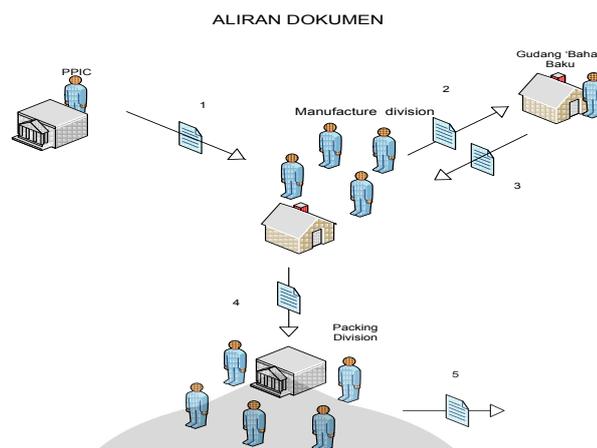
Adapun produk produk kemasan yang dihasilkan oleh perusahaan ini antara lain :

1. *Liquid* - Ampoules
 - a. Becombion
 - b. Gentamerck 80 gr
 - c. Neurobion
 - d. Neurobion 5000
2. *Liquid* - Nasal drops
 - a. Illiadin drops
 - b. Illiadin spray
3. *Cream*
 - a. Biocream
 - b. Decoderm

- c. Decoderm 3
- d. Evion cream
- 4. *Liquid/ syirup/ drops*
 - a. Ambryl syrup
 - b. Becombion syrup
 - c. Becombion plus syrup
 - d. Becombion drops
- 5. *Coated tablet*
 - a. Ambril 30 mg tablet
 - b. Becombion forte c.t
 - c. Combionta c.t
 - d. *Glucophage 500 tablet*
- 6. *Capsules*
 - a. Hemobion
 - b. Sangobion
- 7. *Raw material*
 - a. Folic acid conc. 33%
 - b. Vit B-12 0,1 %
 - c. Vit B-12 1 %
 - d. Vit B-12 10 %

3.1.3 Aliran Dokumen

Proses produksi tidak dapat berjalan atau melaksanakan prosesnya jika tidak terdapat aliran dokumen yang jelas. PT Merck Tbk memegang dua prinsip yang sama pentingnya antara satu dan lainnya yaitu sangat menjaga kerapihan dan kualitas produk maupun dokumen karena tanpa ada dokumen yang lengkap mengenai produk maka produk akan diragukan secara kualitas maupun keamanannya untu konsumen. Oleh karena itu, PT Merck Tbk memiliki aliran dokumen tersendiri yaitu jika digambarkan *Flowchart* nya yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Aliran dokumen

Keterangan :

1. Proses paling awal yang dilakukan di area *Manufacturing* yaitu penimbangan bahan, area *Manufacturing* mendapatkan jadwal *Manufacturing* dari divisi PPIC (*Production Planning and Inventory Control*).
2. Operator *Manufacturing* yaitu operator penimbangan meminta bahan untuk produk yang harus diproduksi kepada Gudang bahan baku dengan menggunakan MWS yang sebelumnya didapat dari PPIC
3. Setelah itu MWS akan mengalir pada area selanjutnya yaitu setelah area *Manufacturing* dan seterusnya. Sehubungan dengan lingkup kerja praktek kami maka proses dan aliran dokumen hanya diamati di area *Manufacturing* saja sedangkan untuk aliran proses di luar atau sebelum Proses *Manufacturing* maupun untuk proses atau aliran dokumen berikutnya di luar dari kapasitas penulis untuk mengamati maupun menulisnya dalam laporan ini

Secara garis besar proses produksi di PT Merck Tbk Indonesia terdiri dari:

1. Penimbangan

Dalam proses ini bahan-bahan yang akan dibuat obat ditimbang terlebih dahulu di area penimbangan sesuai dengan yang tertera pada MWS. Bahan-bahan sebelum masuk ke area penimbangan sebelumnya diletakkan di gudang bahan baku, sedangkan bahan yang telah ditimbang sementara diletakkan di *bulkstore*.

Area penimbangan terdiri dari 3 orang operator dimana pembagian tugasnya telah diatur. Mesin yang digunakan untuk menimbang adalah mesin *Mettler Toledo*.

2. Granulasi

Proses granulasi adalah proses pembentukan partikel-partikel besar dengan mekanisme pengikatan tertentu. Berbagai proses granulasi telah dikembangkan oleh PT Merck Tbk Indonesia mulai dari metode konvensional seperti *slugging* dan granulasi dengan bahan pengikat *musilago amili* hingga pembentukan granul dengan peralatan terkini seperti *spray dry* dan *freeze dry*. Berdasarkan karakteristik dari zat aktifnya terdapat tiga metode proses granulasi yaitu berikut merupakan penjelasan singkat dari ketiga macam metode tersebut :

- a. Granulasi Basah, yaitu memproses campuran partikel zat aktif dan eksipien menjadi partikel yang lebih besar dengan menambahkan cairan pengikat dalam jumlah yang tepat sehingga terjadi massa lembab yang dapat digranulasi. Metode ini biasanya digunakan apabila zat aktif tahan terhadap lembab dan panas. Umumnya untuk zat aktif yang sulit dicetak langsung karena sifat aliran dan kompresibilitasnya tidak baik. Prinsip dari metode granulasi basah adalah membasahi masa tablet dengan larutan pengikat tertentu sampai mendapat tingkat kebasahan tertentu pula, kemudian masa basah tersebut digranulasi.
- b. Granulasi Kering disebut juga *slugging*, yaitu memproses partikel zat aktif dan eksipien dengan mengempa campuran bahan kering menjadi massa padat yang selanjutnya dipecah lagi untuk menghasilkan partikel yang berukuran lebih besar dari serbuk semula (granul). Prinsip dari metode ini adalah membuat granul secara mekanis, tanpa bantuan bahan pengikat dan pelarut, ikatannya didapat melalui gaya.
- c. Metode Kempa Langsung, yaitu pembuatan tablet dengan mengempa langsung campuran zat aktif dan eksipien kering tanpa melalui perlakuan awal terlebih dahulu. Metode ini merupakan metode yang paling mudah, praktis, dan cepat pengerjaannya, namun hanya dapat digunakan pada kondisi zat aktif yang kecil dosisnya, serta zat aktif tersebut tidak tahan terhadap panas dan lembab. Ada beberapa zat berbentuk kristal seperti NaCl, NaBr dan KCl yang mungkin langsung dikempa, tetapi sebagian besar zat aktif tidak mudah untuk langsung

dikempa, selain itu zat aktif tunggal yang langsung dikempa untuk dijadikan tablet kebanyakan sulit untuk pecah jika terkena air (cairan tubuh).

Pada proses granulasi ini dihasilkan granul yang akan digunakan selanjutnya pada proses pentabletan. Mesin dan peralatan yang digunakan pada proses granulasi ini adalah mesin *Ultra Turrax Mixer Homogenizer, Exp. Sieving mc WP type 175/120, Glatt LTE -120, Frewitt oscillating granulator, Vidax mixer, Standard mixer, Hand* (penyaringan), *Constant stirrer, Glatt WSG - 30, Glatt WSG – 60, Drum mixer 200 liter.*

3. Compress Tablet

Pada proses ini hasil dari proses granulasi yang berupa partikel partikel kecil selanjutnya akan diproses lebih lanjut menjadi tablet dengan menggunakan mesin *Korsch*. Tablet adalah sediaan bentuk padat yang mengandung substansi obat dengan atau tanpa bahan pengisi. Berdasarkan metode pembuatannya, dapat diklasifikasikan sebagai tablet atau tablet kompresi. Tablet adalah sediaan padat mengandung bahan obat dengan atau tanpa bahan pengisi. Berdasarkan metode pembuatan dapat digolongkan sebagai tablet cetak dan tablet kempa. Proses pengendalian kualitas berlangsung di sini yaitu setiap 10 menit selama proses tableting diambil sebanyak 20 tablet sebagai sample bagi QC.

4. Coating Tablet

Pada proses ini *core tablet* yang dihasilkan dari proses pentabletan dilapisi oleh bahan penyalutan. Ada 2 tujuan utama penyalutan suatu tablet:

1. Tujuan estetika: meningkatkan performance dari suatu tablet
2. Tujuan fungsional: dimaksudkan untuk suatu kegunaan tertentu, seperti:
 - menutup rasa dan aroma obat yang tidak menyenangkan
 - membantu penanganan terutama pada saat pengemasan menggunakan mesin berkecepatan tinggi
 - memungkinkan tablet lebih mudah ditelan oleh pasien
 - meningkatkan stabilitas obat
 - memodifikasi pelepasan obat

Jenis salut pada tablet pada dasarnya ada 2 yaitu Tablet salut gula dan tablet salut film.

1. Tablet salut gula masih dianggap sebagai suatu pekerjaan seni bukan pekerjaan ilmiah. Beberapa keunggulan tablet salut gula :

- Bahan baku relatif murah dan mudah diperoleh
- Bahan baku relatif memenuhi persyaratan farmasetik (kecuali pewarna yang masih harus diperhatikan)
- Proses relatif murah dan peralatan relatif sederhana
- Penampilan menyenangkan dan diterima secara luas
- Proses penyalutan tidak sesulit penyalutan film

Proses dalam penyalutan tablet bersalut gula meliputi sebagai berikut :

1. Sealing, pelapisan tablet inti *Subcoating*
2. Grossing
3. Penyalutan warna
4. Pemolesan (polishing)

2. Tablet Salut Film

Salut film merupakan proses yang sangat kompleks yang memerlukan teknologi dan pengetahuan tentang polimer, industri lem dan cat, juga teknik kimia.

Faktor-faktor yang terkandung pada tablet salut film adalah sebagai berikut :

- Lapisan film harus berketebalan 20 – 200 μM
- Penggunaan polimer untuk substrat (tablet, granul, kapsul, serbuk obat dan kristal) pada kondisi yang memungkinkan
- Keseimbangan dan kontrol antara kecepatan penambahan larutan penyalut dan proses pengeringan
- Keseragaman distribusi larutan penyalut
- Optimisasi mutu baik visual maupun fungsional dari produk akhir

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu salut film adalah :

- Interaksi antara bahan tablet inti dan salut
- Proses pengeringan
- Keseragaman distribusi salut

3. Mekanisme Proses Salut Film

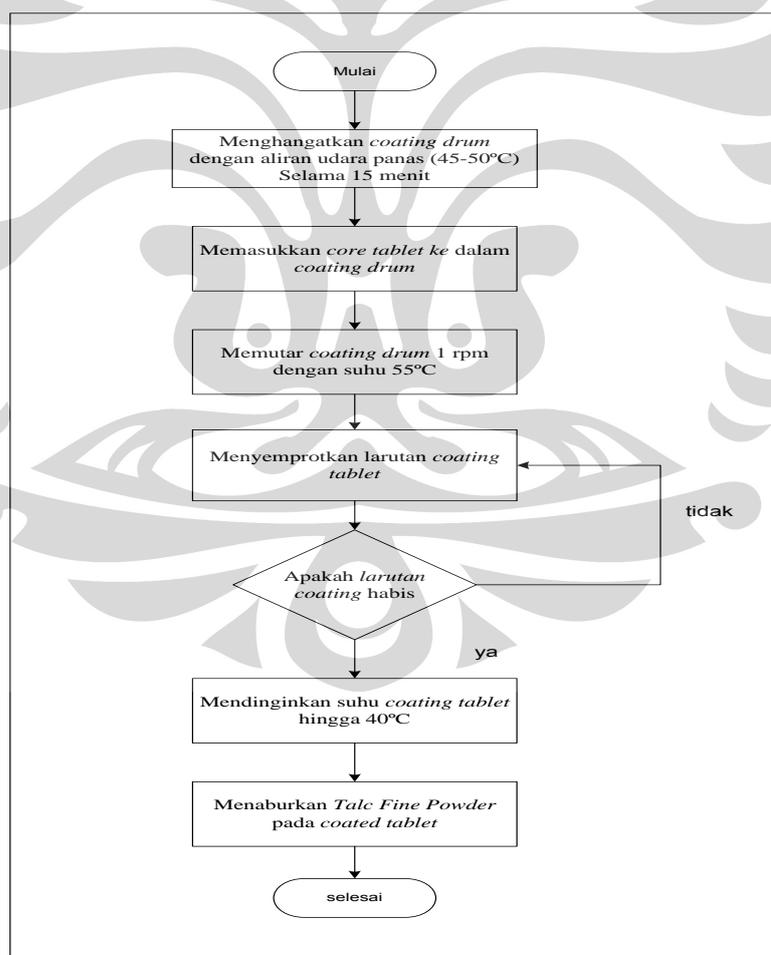
Pembentukan film dari larutan polimer, proses pembentukan film dan struktur internal dari salut akhir sangat bergantung pada kecepatan penguapan

pelarut. Kecepatan penguapan selanjutnya dikendalikan oleh panas laten penguapan pelarut dan kondisi pengeringan.

Proses pembentukan film meliputi :

1. Penguapan awal dari pelarut dari tetesan halus larutan salut, menyebabkan peningkatan konsentrasi polimer dan kontraksi volume tetesan
2. Penguapan pelarut berikutnya dari film dengan kecepatan yang lebih lambat dari 1 dikendalikan oleh kecepatan difusi pelarut melalui matrik polimer
3. Imobilisasi molekul polimer pada titik solidifikasi
4. Penguapan bertahap selanjutnya dari pelarut dengan kecepatan yang dikurangi sampai proses penyalutan selesai

Pada jenis obat yang diteliti proses *coating* tablet yang sesuai adalah jenis film *coating*.



Gambar 3.2 Flowchart Proses Coating Tablet

3.2 Pengumpulan Data Historis

Data historis didapat dari salah satu data dokumentasi departemen *Quality Control* (QC) yang berjudul *Manufacturing Worksheet*. Di dalam rekapan ini terdapat informasi sebagai berikut:

1. Nama produk dan Nomor *batch*
2. Komposisi produk
3. Bahan baku dan bahan pembantu
4. Kondisi operasional (parameter penyetelan)
5. Data output keluaran berupa kekerasan tablet, berat tablet, tebal tablet dan berat *coated tablet*.

Informasi yang direkap dan dijadikan input untuk pengolahan data adalah data pada kondisi operasional berisikan parameter-parameter proses penyetelan mesin yang menentukan jalannya proses serta data keluaran proses berupa berat *coated tablet* yang merupakan respon kualitas pada penelitian ini. Data yang dijadikan input pengolahan data merupakan data rekapan kualitas pada jangka waktu bulan Maret 2009-Maret 2010.

3.2.1 Jenis Obat

Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya data yang berkaitan dan berfokus pada satu jenis produk obat dengan komposisi bahan baku yang sama. Produk yang dipilih adalah obat Diabetes yaitu *Glucophage 500*. *Core tablet Glucophage 500* yang dihasilkan dari proses *compres tablet* diproses lebih lanjut oleh mesin penyalutan film yaitu mesin *XL Cota 150*. Proses penyalutan dimulai dengan menghangatkan *coating drum* dengan cara mengalirkan udara panas (45-50°C) selama 15 menit, kemudian *core tablet* dimasukkan ke dalam *coating drum*, kemudian menghangatkannya dengan suhu 55°C sambil *coating drum* berputar pada 1 rpm hingga *exhaust air temperature* mencapai 45°C. Langkah selanjutnya adalah menyemprotkan larutan *film coating* pada *core tablet* dengan setting penyetelan yang tercantum dalam catatan selama proses penyalutan. Setelah penyemprotan selesai, *coated tablet* didinginkan hingga *exhaust air temperature* mencapai 40°C, Berikut adalah struktur lapisan material dari produk:



Gambar 3. 3 *Glucophage 500*

(sumber: <http://google.com/medicine> images)

3.2.2 *Mesin XL Cota 150*

Mesin *XL Cota 150* adalah mesin yang digunakan untuk proses *coating film*. Beberapa produk obat yang harus *dicoating* dengan film tidak semuanya menggunakan alat ini, *Glucophage 500* disalut dengan menggunakan mesin ini. Mesin ini terdiri dari satu set peralatan untuk proses *coating* dimana didalamnya terdapat suatu *drum* yang disebut *coating drum* dimana pada bagian pinggir *drum*nya terdapat kipas-kipas yang menempel langsung pada *drum* yang berfungsi sebagai alat untuk menggerakkan tablet sehingga semua mempunyai peluang yang sama terlapsi oleh larutan *coating* tablet, *drum* ini berfungsi sebagai tempat dari *core tablet* yang akan *dicoating*. Kemudian dibagian dalam mesin terdapat alat penyemprot larutan *coating film* tablet yang tersalur melalui selang-selang yang berada di luar mesin.

Gambar 3.3 menggambarkan mesin yang digunakan dalam proses *coating film* tablet dari *core tablet* yang belum dilapsi larutan *coating suspension* hingga menjadi *coating tablet* yaitu *core tablet* yang telah melalui proses *coating*.



Gambar 3. 4 Mesin *Coating Tablet*

(sumber: <http://google.com/machine> images)

Beberapa bagian dari mesin *coating film* tersebut antara lain :

1. *Coating Drum*

Bagian ini berfungsi sebagai tempat *core tablet* yang akan dicoating. Pada bagian tepi dari drum ini terdapat suatu kipas yang berfungsi sebagai penggerak tablet agar semua bagian tablet terlapisi sempurna oleh larutan *coating suspension*.

2. Penyemprot larutan *coating suspension*

Berfungsi untuk menyemprotkan larutan pada *core tablet* yang berada pada *coating drum*. Terdapat 3 penyemprot yang *spray rate* nya telah ada standard penyetelannya. Masing-masing penyemprot dihubungkan oleh beberapa selang ke arah larutan *coating suspension*.

3. Kabin penyetelan

Berfungsi untuk menyetel mesin secara otomatis. Settingan penyetelan yang terdapat pada mesin *XL Cota 150* adalah sebagai berikut :

1. *Drum speed* : 2,5-4 rpm
2. *Cabinet pressure* : -80 sd -120 pa
3. *Inlet air flow* : (2180-2240)m³/hr
4. *Inlet temperature* : (55-65)°C
5. *Exhaust Temperature* : (43-46) °C
6. *Inlet Humidity* : (6,5-8,5)%
7. *Spray rate* : 150-170ml/min
8. *Automising air* : 2,5-3 bar
9. *Spay width* : 2,5-3 bar
10. Kekerasan tablet

3.2.3 Parameter Kondisi Operasional

Kondisi operasional mesin berisikan parameter-parameter yang dapat dikontrol dengan menetapkan standard nilai tersendiri (Park, 1996), tercantum dalam *Manufacturing worksheet* (MWS). Pencatatan kondisi operasional untuk tiap proses pembuatan produk tersebut dilakukan oleh bagian QC yang direkap kedalam suatu data rekapan kualitas. Seluruh parameter proses yang mereka dokumentasikan adalah *drum speed*, *cabinet pressure*, *inlet air flow*, *inlet temperature*, *exhaust air temperature*, *inlet humidity*, *spray rate*, *automising air*, *spray width*, *kekerasan core tablet* dan berat *coated tablet*.

Dari data-data historis yang telah dikumpulkan didapatkan analisa statistik deskriptif untuk setiap parameter penyetelan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Statistik Deskriptif Parameter penyetelan

Statistik Deskriptif	Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan Tablet
Maximum	3	-63	2256	57	45	7.9	165	3	3	8.7
Minimum	2.5	-109	2179	53.9	40.2	7	150	2	2.5	5.6
Mean	2.7	-96.4	2197	55.9	41.7	7.6	158.3	2.3	2.6	6.7
Modus	2.5	-102	2198	56	40.8	7.3	160	2.5	2.5	6.5
Variasi	0.045961	129.5254	65.4966	0.296606	2.27537	0.059182	29.4353	0.091831	0.04258	0.2766
Standard Dev	0.214386	11.38092	8.09299	0.544616	1.508433	0.243274	5.42543	0.303036	0.20636	0.525927

3.3 Taguchi Desain Eksperimen

Desain Eksperimen dimulai dengan membuat desain parameter yang dibutuhkan untuk mengukur karakteristik performa kualitas (dalam hal ini respon kualitasnya adalah berat *coated tablet*) yang diinginkan sesuai dengan tujuan eksperimen. Seperti yang tertulis pada bab terdahulu, penelitian yang dilakukan di PT Merck Tbk Indonesia ini adalah untuk menentukan desain penyetelan parameter proses *coating tablet* untuk meminimalkan variasi dan pencapaian nilai berat *coated tablet* mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik.

3.3.1 Penentuan Respon Kualitas

Respon kualitas merupakan variabel dari keluaran proses yang dijadikan indikasi akan tingkat kualitas dari proses tersebut (Taguchi, 1987). Pada penelitian ini, respon kualitasnya berupa berat *coated tablet* hasil dari proses penyalutan film. Berat 10 *coated tablet* tersebut memiliki target nilai tersendiri yaitu 5,2-5,4 gram dengan nilai tengah 5,3 gram. Cara pengukuran berat *coated tablet* ini telah dijelaskan sebelumnya pada bagian pengumpulan data historis.

3.3.2 Penentuan Faktor dan Noise

Metode Taguchi merupakan bagian dari metode *Design of Experiment* (DoE). Di dalam suatu eksperimen pasti terdapat faktor yang mempengaruhi respon kualitas. Faktor tersebut terbagi menjadi faktor yang *fixed* dan *random*. *Fixed factor* merupakan faktor yang dapat dikontrol dan setiap levelnya mengandung arti teknis. *Fixed factor* biasa disebut faktor kontrol. Sementara itu *random factor* merupakan faktor yang tidak dapat dikontrol secara teknis, dan disebut dengan faktor pengganggu (*noise factor*) (Taguchi, 1987).

Pada tahap penentuan faktor ini dilakukan wawancara langsung dengan QC *inspector* proses *coating tablet* untuk mendapatkan asumsi tentang faktor-faktor yang paling mempengaruhi berat *coated tablet*. Dari asumsi tersebut, terpilihlah beberapa faktor yang dianggap paling mempengaruhi respon kualitas yang menjadi objek penelitian kali ini. Faktor-faktor tersebut adalah:

3.3.2.1 Faktor Kontrol

Berikut ini adalah daftar semua faktor *setting* yang dianggap berpengaruh pada berat *coated tablet* :

1. *Drum speed* : kecepatan putaran *drum*
2. *Cabinet pressure* : tekanan dalam kabin
3. *Inlet air flow* : aliran udara masuk
4. *Inlet temperature temperature* : suhu masuk
5. *Exhaust temperature*: suhu dalam *drum*
6. *Inlet humidity* : kelembaban di dalam *drum*
7. *Spray rate* : banyak spray

8. *Automising air* : tekanan penyemprot larutan *coating*
9. *Spray width* : tekanan untuk menyebarkan larutan *coating*
10. Kekerasan Tablet (*Friabilitas*)

3.3.2.2 Faktor Pengganggu (*Noise*)

Faktor gangguan atau *noise* merupakan faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada respon kualitas dari proses namun tidak dapat dikontrol (Taguchi dan Wu, 1979). Faktor gangguan pada penelitian ini adalah *external noise* atau faktor gangguan yang berasal dari lingkungan-suhu dan kelembapan udara atau pekerja (*skill of worker*). Faktor gangguan yang mengisi *outer array* pada matriks OA merupakan shift waktu produksi.

Tabel 3.2 Faktor Pengganggu

Noise Factor	Level 1	Level 2	Level 3
Work Shift	Shift 1	Shift 2	Shift 3

3.3.3 Penentuan Level Faktor

Penentuan level untuk tiap faktor *setting* perlu dilakukan dalam rangka mengetahui tingkat kontribusi dari tiap faktor independen tersebut terhadap ketahanan proses variasi. Penentuan level untuk tiap faktor dilakukan dengan cara mencari nilai minimum, nilai maksimum dan nilai modus dari data historis yang sudah dikumpulkan. Tabel 3.3 merupakan daftar semua faktor kontrol pada penelitian ini beserta levelnya. Pada tabel tersebut, tiap level memuat informasi nilai penyetelan faktor pada tiga kondisi operasional proses, yaitu kondisi minimum, standard, dan maksimum.

Tabel 3. 3 Faktor Kontrol dan Level

Faktor Setting	level 1	Level 2	Level 3
Drum speed	2.5	2.7	3
cabinet pressure	-109	-102	-63
inlet air flow	2179	2198	2256
inlet air temperature	53.9	56	57
exhaust temperature	40.2	40.8	45
inlet humidity	7	7.3	7.9
spray rate	150	160	165
automising air	2	2.5	3
spray width	2.5	2.6	3
kekerasan	5.6	6.5	8.7

Setelah menentukan faktor-faktor yang akan digunakan dalam percobaan, langkah penting yang harus dilakukan selanjutnya adalah mencari interaksi yang diantara faktor-faktor tersebut yang akan dilihat dalam eksperimen. Interaksi terjadi ketika pengaruh dari satu faktor tidak sama pada level berbeda dari faktor lainnya. Pengaruh adalah perubahan pada respon seiring perubahan level dari sebuah faktor (Anthony *et al.*, 1998b). Sebagai contoh, perhatikan faktor *drum speed* dengan *spray rate*. Misalkan berat *coated tablet* merupakan variabel respon (*quality characteristic*). Interaksi antara *drum speed* dengan *spray rate* terjadi ketika pengaruh dari *drum speed* pada *berat coated* untuk tiga level *spray rate* adalah berbeda.

Karena belum ada penelitian sebelumnya dan untuk keakuratan hasil akhir dari percobaan ini, maka diputuskan untuk melihat interaksi yang mungkin terjadi sesuai dengan tabel OA yang mencukupi adalah untuk melihat satu interaksi dan setelah diskusi dengan supervisor maka dipilih untuk melihat interaksi antara parameter *inlet air temperature* dan *inlet humidity*

Setelah menentukan faktor-faktor yang akan digunakan dan juga interaksi-interaksi yang akan diperhatikan dalam penelitian ini, maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan sesuai dengan tahapan dalam metode Taguchi adalah memilih desain *orthogonal array* (OA).

3.3.4 Penentuan Matriks OA dan Penempatan Kolom Faktor

Matriks orthogonal merupakan matriks fraksional factorial yang menjamin perbandingan yang seimbang dari level di tiap faktor atau interaksi dari faktor (Park, 1996). Matriks dengan kolom dominan terdiri dari 3 level mengacu pada rangkaian 3^n . $L_{27}(3)^{13}$ adalah matriks orthogonal array yang lebih konvensional dan terdiri dari tiga level pada tiap 13 kolom. Maksimum 13 faktor dengan tiga level eksperimen dapat digabungkan ke dalam seri matriks orthogonal array $L_{27}(3)^{13}$. Sehingga orthogonal yang cocok untuk eksperimen ini adalah OA $L_{27}(3)^{13}$.

Eksperimen yang akurat menggunakan dua jenis OA, yaitu *inner array* dan *outer array*. *Inner array* terdiri dari kolom-kolom untuk faktor *setting* menggunakan OA L_{27} , sementara *outer array* berisikan kolom untuk *noise factor* dengan konstruksi *one-way layout*. Tapi penggunaan *outer OA* hanya diperuntukkan pada eksperimen di mana faktor noise yang mempengaruhi performa dapat disetel, dalam hal ini adalah penentuan shift untuk tiap eksperimen. Berikut di bawah ini merupakan rancangan OA untuk penelitian ini.

Tabel 3.4 Matriks L27 *Partially Orthogonal array*

Eksperimen Number	INNER ARRAY(27)													OUTTER ARRAY (ONE WAY		
	Control Factor Assignment and Column Number													Noise Factor Assignment		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Berat Coated Tablet (gram)		
	A	B	C	D	E	F	G	DxF (1)	DxF (2)	J	K	L	e	N1	N2	N3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3			
5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1			
6	1	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	2			
7	1	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	2			
8	1	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	3			
9	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1			
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	1			
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	2	3	1	2			
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	3	1	2	3			
13	2	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	3			
14	2	2	3	1	2	3	1	2	3	3	1	2	1			
15	2	2	3	1	3	1	2	3	1	1	2	3	2			
16	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	2			
17	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	2	3	3			
18	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1			
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1			
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	2	1	3	2			
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	3	2	1	3			
22	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	3			
23	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	1			
24	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1	3	2	2			
25	3	3	2	1	1	3	2	1	3	3	2	1	2			
26	3	3	2	1	2	1	3	2	1	1	3	2	3			
27	3	3	2	1	3	2	1	3	2	2	1	3	1			

3.4 Pembuatan Model Tiruan *Neural Network*

Neural network (NN) merupakan model matematik atau perhitungan yang bekerja berdasarkan jaringan syaraf biologis pada otak manusia (Laurene, 1994). Struktur dari NN memungkinkan mereka untuk mempelajari, membentuk fungsi pendekatan, dan mengklasifikasi pola. Tujuan digunakannya NN pada penelitian ini adalah untuk menghasilkan model tiruan atau pola dari proses *coating tablet* yang mendekati dengan proses aslinya sehingga dapat menggantikan posisi eksperimen langsung dalam menghasilkan output eksperimen. Fungsi NN yang sesuai dengan fungsi tersebut adalah NN *prediction*, yaitu untuk memprediksi suatu nilai keluaran yang berada di dalam jangkauan nilai model NN itu sendiri (Laurene, 1994).

Struktur jaringan yang digunakan pada model tiruan ini adalah *Multilayer Perceptron (MLP)* dan *Feed Forward*. MLP menandakan struktur model yang terdiri lebih dari satu lapisan *neuron* atau elemen proses. Seluruh *output* pada setiap lapisan terhubung dengan seluruh *input* pada lapisan selanjutnya yang dihubungkan oleh lapisan yang tersembunyi diantara kedua lapisan tersebut (*Hidden layer*). Lapisan yang pertama adalah lapisan *input*, dimana jaringan menerima parameter-parameter masukan yang digunakan baik saat pembelajaran maupun dalam mengenali suatu objek. Lapisan terakhir adalah lapisan *output*, dimana keluaran akan diterima sebagai hasil dari pengenalan suatu objek. Sementara *Feed forward* menandakan arah jalannya sinyal masukan (*input*) yang maju kedepan melalui lapisan-lapisan berikutnya.

Untuk algoritma jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma *Back Propagation* dengan metode *Gradient Descent*. Algoritma ini akan digunakan untuk melatih jaringan MLP yang terbentuk, sesuai dengan rumusan pada dasar teori penelitian ini.

3.4.1 *Training dan Testing Model NN*

Proses pembelajaran (*Training*) dilakukan untuk membentuk model tiruan dari proses laminasi ekstrusi mesin tandem tersebut. *Training* model dibantu dengan penggunaan *software NNpred* (NN for *prediction*) dengan arsitektur dan algoritma yang sama dengan yang sudah ditentukan sebelumnya. *Software* ini

adalah *Microsoft Office Excel* yang menggunakan *macros Visual Basic*, sehingga dapat melakukan seluruh penghitungan yang diperlukan pada saat proses pembelajaran, termasuk kesalahan yang dihasilkan model tiruan. Sementara itu *testing* model berfungsi untuk mengestimasi nilai kesalahan yang dihasilkan oleh model hasil *training* sebelumnya.

Pada saat proses pembelajaran tugas yang dilakukan tiap *neuron* cukup sederhana. Setiap *neuron* menjumlahkan seluruh *input* yang masuk ke dalam *neuron* tersebut berdasarkan bobot (atau kekuatan) antara hubungan *input* dan *neuron* tersebut, lalu dengan menggunakan sebuah fungsi aktivasi (fungsi pemetaan sinyal masukan *neuron*) *neuron* tersebut akan menghitung *output*nya sendiri. Selama proses pembelajaran, setiap satu set data yang diberikan kepada model menyesuaikan bobot-bobot tersebut untuk meminimalkan *error*, yaitu perbedaan antara *output* yang diproduksi oleh model dan *output* yang sebenarnya. Prosedur penyesuaian bobot ini dikendalikan oleh algoritma pembelajaran (persamaan perubahan bobot). Ketika *error* berkurang sampai pada *level* yang diinginkan, maka model dapat dikatakan berhasil dilatih.

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada saat proses *training* dan *testing* dengan *Neural network Prediction Software*.

1. Pemasukkan Data (*Data input*)

Pada tahap ini semua data faktor pada kondisi operasional baik faktor kontrol maupun faktor pengganggu serta respon kualitas dari proses dimasukkan kedalam tabel makros dari *software*. Semua faktor tersebut dijadikan variabel yang digolongkan menjadi beberapa tipe variabel yaitu *Continuous* untuk data yang kontinu, *Categorical* untuk data kategorikal, output untuk data respon kualitas dari proses dan *omit* untuk variabel yang tidak digunakan pada model NN. Semua variabel input *training* dan *testing* model NN dapat dilihat pada tabel 3.5. Sementara seluruh data historis yang digunakan sebagai input variabel dapat dilihat pada lampiran 1.

2. Penyetelan Parameter Model (*User input*)

Sebelum proses *training* dan *testing* dilakukan oleh model, perlu ditentukan terlebih dahulu parameter-parameter dari proses pemodelan tersebut. Parameter tersebut berfungsi untuk membentuk arsitektur jaringan model yang

kita inginkan serta nilai-nilai yang menyertainya untuk perhitungan. Dari satu set data historis yang dijadikan sebagai input training model ini, 90% data digunakan untuk *training* dan 10% data untuk *testing* model. Keseluruhan kombinasi optimal dari parameter tersebut didapat dengan cara *trial and error* hingga model *training* dan *testing* mendapatkan nilai *error* yang paling minimal. Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing parameter tersebut:

1. Jumlah *Input*: Jumlah *input* yang dimasukkan sesuai dengan data yang dimiliki dan yang telah dimasukkan ke dalam tabel user *input* sebelumnya. *NNpred* hanya dapat membuat model dengan *input* sebanyak 2-50 *input*.
2. Jumlah *Output*: Jumlah *output* yang dimasukkan sesuai dengan data yang dimiliki dan yang telah dimasukkan ke dalam tabel user *input* sebelumnya. *NNpred* hanya dapat membuat model dengan *output* sebanyak 1-10 *output*.
3. Jumlah *Hidden layer*: *Hidden layer* adalah lapisan tersembunyi dalam struktur jaringan yang terletak antara lapisan *input* dan *output*. *NNpred* dapat membuat model dengan jumlah *hidden layer* sebanyak 1 atau 2 lapisan.
4. Ukuran *Hidden layer*: jumlah *neuron* (atau elemen proses) pada masing-masing *Hidden layer*. *NNpred* dapat memuat model dengan maksimum 20 *neuron* pada setiap lapisan dari *Hidden layer*.
5. *Learning Parameter*: konstanta sinyal belajar adaptif sebagai pengali sinyal *input* untuk mendapatkan bobot baru yang telah disesuaikan sesuai dengan persamaan perubahan bobot. *NNpred* dapat membuat model dengan besaran *Learning Parameter* antara 0-1.
6. *Initial Weight Range*: pembobot antara satu *neuron* dengan *neuron* setelahnya yang selalu berubah setiap kali diberikan *input* pada proses pembelajaran. Untuk nilai awal pembobot ini dapat ditentukan sendiri (w). *NNpred* dapat membuat model dengan *range* bobot antara 0 sampai $\pm w$.
7. Momentum: alternatif cara untuk mengubah bobot dengan memberikan momen inersia ke dalam persamaan perubahan pembobot. *NNpred* dapat membuat model dengan besaran Momentum antara 0-1.

8. *Total rows*: Jumlah data pada tabel *user input* yang akan dimasukkan untuk proses pembelajaran dan proses validasi pembuatan model tiruan. *NNpred* dapat membuat model dengan jumlah minimum sebanyak 10 data.
9. *Training Cycle*: jumlah iterasi yang diperlukan, atau satu siklus training vektor (*epoch*). *NNpred* dapat membuat model dengan jumlah maksimum iterasi sebanyak 500 kali.
10. *Training Mode*: Jenis proses pembelajaran yang akan dilakukan, yaitu *sequential* atau *batch*. *Sequential* berarti bobot akan disesuaikan setiap kali satu set *input* data masuk ke dalam jaringan, *batch* berarti bobot akan disesuaikan setelah seluruh set *input* data masuk ke dalam jaringan.
11. *Save Network weight*: Pemilihan bobot akhir dapat dilakukan berdasarkan tiga pilihan, yaitu sesuai siklus/iterasi yang terakhir, sesuai dengan *error* proses validasi yang terkecil (*with least validation error*), atau sesuai dengan *error* proses pembelajaran yang terkecil (*with least training error*).
12. *Training and Validation set*: *NNpred* memungkinkan pengguna untuk mempartisi data *input* menjadi dua proses, yaitu proses pembelajaran dan proses validasi model. Ada dua pilihan yang dapat digunakan dalam memilih data yang akan digunakan untuk validasi, yaitu memilih secara acak antara 1-50% dari data, atau menggunakan beberapa baris terakhir dari data.

Tampilan pada *NN Prediction software* untuk arsitekturnya adalah sebagai berikut.

Network ArchitectureOptions	
Number of Inputs (between 2 and 50)	11
Number of Hidden Layers (1 or 2)	1
Learning parameter (between 0 and 1)	0.8
Momentum (between 0 and 1)	0
Number of Outputs (between 1 and 10)	1
Hidden Layer sizes (Maximum 20)	Hidden 1: 8, Hidden 2: 0
Initial Wt Range (0 +/- w); w =	0.5
Training Options	
Total #rows in your data (Minimum 10)	355
No. of Training cycles (Maximum 500)	200
Present Inputs in Random order while Training ?	NO
Training Mode (Batch or Sequential)	Sequential
Save Network weights	
With least Training Error	
Training / Validation Set	
Partition data into Training / Validation set	
If you want to partition, how do you want to select the Validation set ?	
Please choose one option	
Option 1 : Randomly select	10% of data as Validation set (between 1% and 50%)
Option 2: Use last	5 rows of the data as validation set
Please fill up the input necessary for the selected option	
Save model in a separate workbook?	
NO	

Gambar 3. 5 Menu *Neural Network Prediction Architecture*

Jika dilihat pada tabel pengelompokkan variabel dibawah ini, variabel shfit produksi merupakan satu-satunya variabel yang dimasukkan sebagai data kategorikal. Hal ini disebabkan variabel tersebut hanya berisikan data 1, 2 , dan 3 untuk setiap levelnya.

Tabel 3.5 Daftar Output untuk Model Tiruan

Karakteristik Kualitas	Jenis Data
Berat Coated Tablet	Continuous

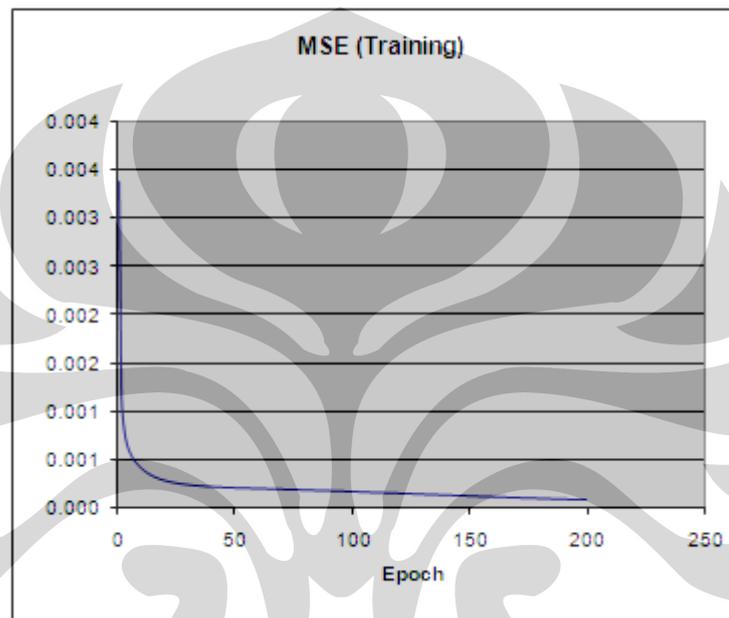
3. Membuat Model Tiruan Proses (*Built Model*)

Tahap ini adalah inti dari proses *training* dan *testing* model NN. Setelah semua nilai parameter ditentukan, maka *software* akan melakukan proses *training* dan *testing*. Proses *training* terdiri dari beberapa putaran (*epoch*) yang telah ditentukan dan baru akan berhenti saat model telah meraih titik *error* yang terendah. Setiap kombinasi nilai parameter yang berbeda akan menghasilkan nilai *error* yang berbeda pula, sehingga sistem *trial and error* memang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai *error* model yang terendah. Keluaran dari tahap terakhir ini adalah model tiruan dari proses laminasi ekstrusi pada mesin tandem yang menjadi objek penelitian. Tabel di bawah ini merupakan parameter yang digunakan dalam membentuk model beserta nilainya yang merupakan hasil dari *trial and error* model yang dilakukan. Kombinasi dari nilai parameter tersebutlah yang menghasilkan nilai kesalahan yang paling rendah jika dibandingkan dengan kombinasi parameter lainnya.

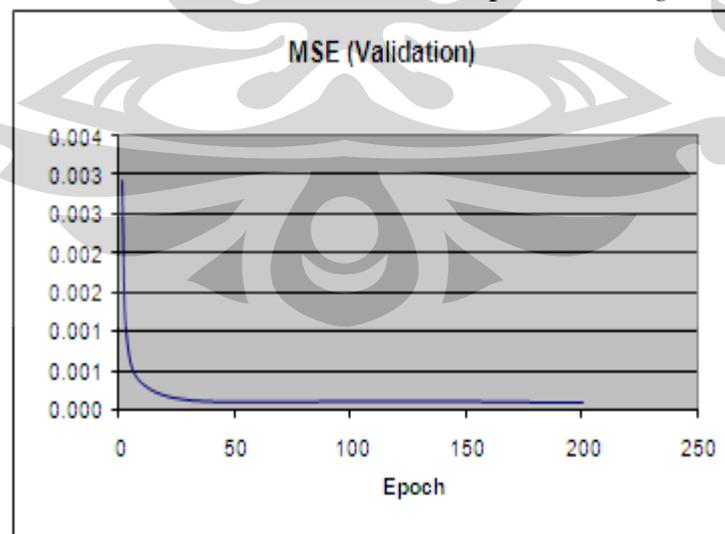
Tabel 3. 6 Parameter Model Tiruan NN

Parameter Setting (input)	Jenis data
Drum speed (rpm)	Continuous
Cabinet pressure (pa)	Continuous
Inlet air flow (m3/hr)	Continuous
Inlet air temperature (°C)	Continuous
Exhaust temperature (°C)	Continuous
Inlet humidity (%)	Continuous
Spray rate (ml/min)	Continuous
Automising air (bar)	Continuous
Spray width (bar)	Continuous
Kekerasan tablet (kp)	Continuous

Model tiruan NN yang digunakan untuk memprediksi nilai keluaran proses (respon kualitas) memiliki dua macam satuan untuk memprediksi kesalahan (NN Pred Tutorial, 2002). MSE (*Mean Squared Error*) menghitung selisih antara *actual output* dengan *predicted output*. Sementara ARE (*Absolute Relative Error*) merupakan persentase dari selisih tersebut. Gambar 3.6 dan 3.7 di bawah ini menjelaskan proses perubahan nilai kesalahan model pada saat proses *training* dan *testing* hingga didapatkan nilai kesalahan model yang terkecil.



Gambar 3. 6 Grafik Kesalahan Model pada *Training Process*

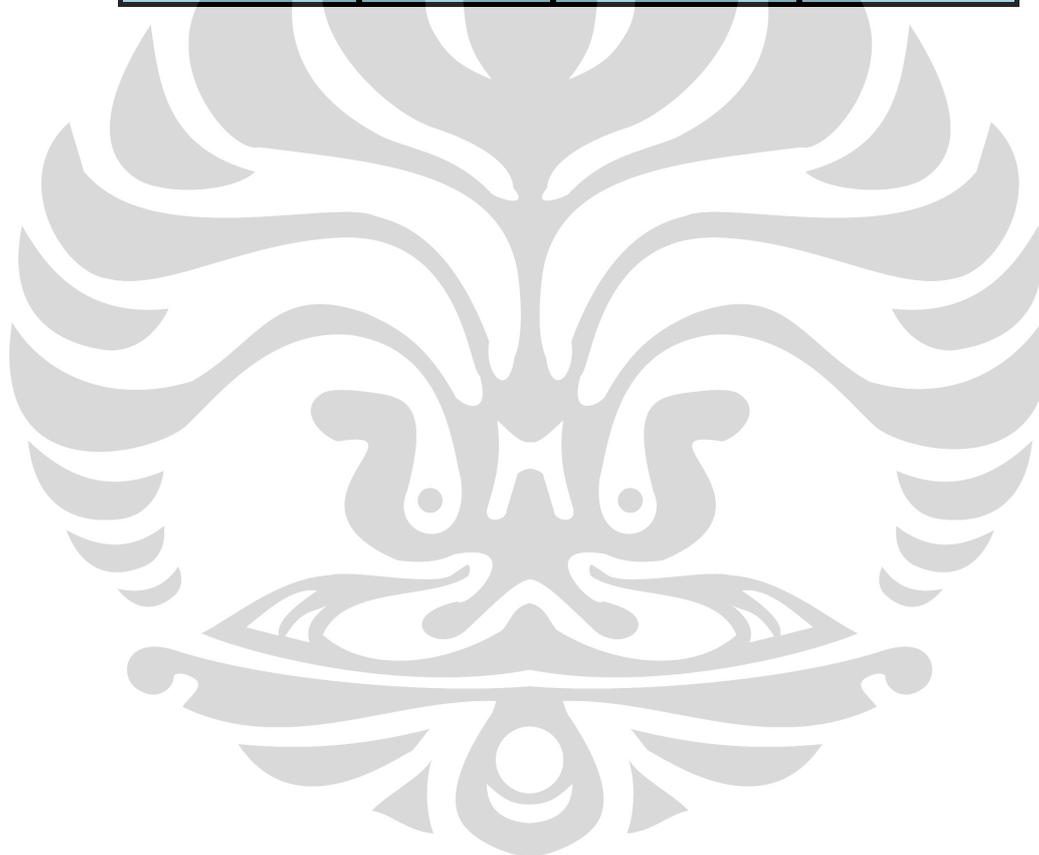


Gambar 3. 7 Grafik Kesalahan Model pada *Validation Process*

Dapat dilihat pada tabel 3.7 dibawah kedua gambar tersebut, nilai MSE dan ARE akhir dari model tiruan yang akan digunakan untuk memprediksi nilai berat *coated tablet*. Proses perubahan nilai kesalahan model pada saat proses *training* dan *testing* dalam bentuk tabel dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 3. 7 Data Prediksi *Error Model Tiruan NN*

<i>Average Error per Input</i>			
<i>Training Set</i>		<i>Validation Set</i>	
MSE (<i>Original Scale</i>)	ARE (%)	MSE (<i>Original Scale</i>)	ARE (%)
0.000068737	0.0813%	0.000087172	0.0752%



BAB 4 PEMBAHASAN

Bab ini berisi pengolahan dan analisa terhadap data yang telah didapat pada bab sebelumnya. Data hasil eksperimen akan dianalisa untuk mendapatkan kombinasi faktor dan level penyetelan yang optimal bagi mesin yang digunakan dalam proses *coating tablet*. Pengolahan data dilakukan berdasarkan metode Taguchi desain parameter dengan menggunakan ANOVA dan *Main Effect Plot*.

4.1 Pengolahan Data

Setelah melakukan eksperimen desain parameter Taguchi data yang didapat diolah lebih lanjut ke tahapan selanjutnya. Jenis optimasi yang digunakan adalah *Nominal is better* (Taguchi dan Wu, 1979) karena respon kualitas yang menjadi karakteristik kualitas terukur dalam eksperimen ini mempunyai target nilai tertentu yaitu 5.3 gram.

4.1.1 Pengolahan Data Desain Eksperimen

Pada pelaksanaan penelitian ini, eksperimen tidak dilakukan secara aktual namun menggunakan suatu model yang menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Model ini dibangun dengan menggunakan *Neural network Prediction Software (NNpred)* yang berfungsi untuk menggantikan eksperimen aktual karena model tersebut dapat memprediksi nilai keluaran dari proses (Sukthomya dan Tannock, 2005). Dalam menjalankan *NNpred* ini langkah yang pertama kali dilakukan adalah melakukan proses pembelajaran terhadap model dengan menggunakan data historis yang didapat dari perusahaan, setelah proses pembelajaran selesai, dalam software *Neural network Prediction (NNpred)*, terdapat lembar *calc* yang digunakan untuk menghitung prediksi nilai hasil output (respon kualitas) dari kombinasi setiap faktor dan level yang telah ditentukan oleh matriks OA pada setiap eksperimennya. Lembar ini memberikan informasi mengenai angka pembobot akhir pada setiap penghubung antar neuron yang disimpan oleh model. Lembar *sheet calc* pada *Neural network Prediction Software* dapat dilihat dibawah ini.

Neural Network Model for Prediction
Created On: 24-Apr-10

MSE(Training) 0.000 MSE(Validation) 0.0001

Number of Hidden Layers 1
Layer Sizes 13 8 0 1

True Output (if available) #N/A
Model (Predicted) Output #N/A
ABS((Tru - Predicted) / Tru) #N/A

Bias Input
1
air flow air temperatur tempelnet humotspray rate atomising spray width kekerasan shift

Raw Input

Transformed Input

	Bias	Drum speed	cabinet pressure	inlet air flow	inlet temperature	exhaust temperature	inlet humidity	spray rate	air spray width	kekerasan	shift.2	#N/A	#N/A	#N/A
Hdn1_bias	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hdn1_nrn1	0.5275	1.2598	-1.6824	-0.4550	-2.4204	2.7521	-1.7690	-1.1863	-0.9943	-0.4899	-0.2624	-1.2067	0.6777	0.2143
Hdn1_nrn2	0.2043	0.7122	0.2796	0.9512	0.6523	-1.1237	-1.4442	1.6044	1.1525	-0.9122	0.4870	0.7947	-0.2436	-0.4028
Hdn1_nrn3	-0.1127	-0.0798	-0.1676	-1.1242	-0.9005	1.1253	-0.1721	-2.5104	-1.9948	-0.1891	-0.8635	-0.4318	0.5054	0.0268
Hdn1_nrn4	-1.3899	1.2531	0.7830	0.4122	0.6525	1.2332	0.0428	-1.9807	0.5701	-0.6419	0.7440	-1.0226	0.0622	-0.1821
Hdn1_nrn5	-0.2291	-0.8039	-0.1245	-0.1032	-0.1867	0.1946	0.6504	-0.2023	-0.0230	-0.4363	-0.5561	-0.3262	0.0448	-0.1498
Hdn1_nrn6	1.5131	-2.2947	-0.4035	-0.0644	1.6184	-1.0251	-0.0381	2.5274	1.5100	0.2425	-0.0531	-1.9440	1.1367	1.4340
Hdn1_nrn7	0.3284	-0.3568	-0.0013	0.2413	-0.3382	0.8874	-0.7782	-0.6503	-0.0370	-0.3588	0.0676	0.1787	-0.0041	-0.3777
Hdn1_nrn8	-0.7188	-0.2197	0.0323	-0.2093	-0.2270	0.2140	0.4372	-0.1753	-0.3624	-0.3392	-0.3977	0.2926	-0.1956	-0.2007
Hdn1_nrn9	1.0000	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Op_bias	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Op_nrn1	0.8998	-2.4465	2.7995	-2.5809	2.4770	-0.1764	-3.9997	1.0772	0.1026	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Op_nrn2	1.0000	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Category Table
shift
1
2
3

Gambar 4. 1 Lembar Calc pada NNpred

Berdasarkan jenis OA yang dipilih yaitu L27 pada *inner array* menandakan adanya 27 kombinasi level dari parameter penyetulan yang harus dimasukkan ke dalam model tiruan di atas sehingga dihasilkan prediksi berat *coated tablet* untuk setiap faktor pengganggu pada *outer array*. Setelah melakukan eksperimen sesuai tabel OA maka didapatkan 27 hasil eksperimen berupa berat *coated tablet* yang setiap eksperimen dilakukan replikasi sebanyak tiga kali pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan *Neural Network*

Eksperimen Number	INNER ARRAY(27)													OUTTER ARRAY (ONE WAY)		
	Control Factor Assignment and Column Number													Noise Factor Assignment		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Berat Coated Tablet (gram)		
	A	B	C	D	E	F	G	AxG (1)	AxG (2)	J	K	L	e	N1	N2	N3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5.1913	5.3103	5.1922
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5.2081	5.2953	5.2129
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5.2048	5.2811	5.2071
4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	5.255	5.4398	5.2621
5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	5.2971	5.3064	5.2897
6	1	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	2	5.2066	5.2951	5.2099
7	1	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	2	5.3866	5.3864	5.3791
8	1	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	3	5.3171	5.3373	5.3057
9	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	5.335	5.3517	5.3197
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3	1	5.2891	5.3082	5.2834
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	2	3	1	2	5.2404	5.3275	5.2384
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	3	1	2	3	5.2408	5.3428	5.2464
13	2	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	3	5.2442	5.3083	5.249
14	2	2	3	1	2	3	1	2	3	3	1	2	1	5.2762	5.4111	5.2787
15	2	2	3	1	3	1	2	3	1	1	2	3	2	5.2214	5.3923	5.2177
16	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	2	5.3179	5.3138	5.3081
17	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	2	3	3	5.2934	5.4176	5.2916
18	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	5.2373	5.3887	5.2466
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1	5.2786	5.3814	5.2712
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	2	1	3	2	5.2983	5.3681	5.3028
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	3	2	1	3	5.2549	5.4199	5.2562
22	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	3	5.3407	5.3753	5.3316
23	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	1	5.2804	5.3141	5.2836
24	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1	3	2	2	5.2057	5.3989	5.209
25	3	3	2	1	1	3	2	1	3	3	2	1	2	5.3147	5.3994	5.3078
26	3	3	2	1	2	1	3	2	1	1	3	2	3	5.2476	5.4043	5.255
27	3	3	2	1	3	2	1	3	2	2	1	3	1	5.3367	5.4211	5.342

Setelah didapatkan nilai berat *coated tablet* dari eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan *NN prediction* langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata nilai dari berat *coated tablet* untuk setiap eksperimen. Berikut merupakan tabel yang memuat nilai rata-rata berat *coated tablet* tiap eksperimen dan nilai rata-rata berat *coated tablet* dari eksperimen secara keseluruhan.

Tabel 4.2 Data Statistik Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan *NNpred*

Eksperimen Number	Berat Coated Tablet (gram)			Total (Ti)	Mean(Yi)
	N1	N2	N3		
1	5.1913	5.3103	5.1922	15.6938	5.2313
2	5.2081	5.2953	5.2129	15.7163	5.2388
3	5.2048	5.2811	5.2071	15.693	5.2310
4	5.255	5.4398	5.2621	15.9569	5.3190
5	5.2971	5.3064	5.2897	15.8932	5.2977
6	5.2066	5.2951	5.2099	15.7116	5.2372
7	5.3866	5.3864	5.3791	16.1521	5.3840
8	5.3171	5.3373	5.3057	15.9601	5.3200
9	5.335	5.3517	5.3197	16.0064	5.3355
10	5.2891	5.3082	5.2834	15.8807	5.2936
11	5.2404	5.3275	5.2384	15.8063	5.2688
12	5.2408	5.3428	5.2464	15.83	5.2767
13	5.2442	5.3083	5.249	15.8015	5.2672
14	5.2762	5.4111	5.2787	15.966	5.3220
15	5.2214	5.3923	5.2177	15.8314	5.2771
16	5.3179	5.3138	5.3081	15.9398	5.3133
17	5.2934	5.4176	5.2916	16.0026	5.3342
18	5.2373	5.3887	5.2466	15.8726	5.2909
19	5.2786	5.3814	5.2712	15.9312	5.3104
20	5.2983	5.3681	5.3028	15.9692	5.3231
21	5.2549	5.4199	5.2562	15.931	5.3103
22	5.3407	5.3753	5.3316	16.0476	5.3492
23	5.2804	5.3141	5.2836	15.8781	5.2927
24	5.2057	5.3989	5.209	15.8136	5.2712
25	5.3147	5.3994	5.3078	16.0219	5.3406
26	5.2476	5.4043	5.255	15.9069	5.3023
27	5.3367	5.4211	5.342	16.0998	5.3666
Total					143.1045
Rata-rata					5.3002

4.1.1.1 Main Effects Analysis of Coated Tablet Rate Experiment

Berdasarkan data yang telah diolah sebelumnya selanjutnya perlu dihitung nilai rata-rata berat *coated tablet* untuk setiap level faktor dan interaksi dan juga perbedaan di antara keduanya. Misalnya untuk faktor *drum speed* (A), dilakukan penghitungan rata-rata berat *coated tablet* pada saat *drum speed* diset pada *low level* atau 25 rpm (yaitu pada urutan percobaan ke-1 hingga 9), dan juga pada saat *drum speed* diset pada *standard level* atau 2.7 rpm (yaitu pada urutan percobaan ke-10 hingga 18), kemudian pada saat *drum speed* diset pada *high level* yaitu 3 rpm (percobaan ke-18 hingga 27). Setelah mendapatkan rata-rata untuk ketiga level faktor tersebut, dihitung juga besarnya perbedaan diantara ketiganya. Rata-rata respon tiap faktor dan interaksi level ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Respon Rata-rata Berat *Coated Tablet* dari Pengaruh Faktor

	A	B	C	D	E	F	DxF(1)	DxF(2)	G	H	J	K
Level 1	5.2883	5.276	5.2836	5.2863	5.3121	5.2997	5.3119	5.2878	5.3044	5.2843	5.3045	5.2975
Level 2	5.2937	5.2926	5.3003	5.304	5.3	5.2976	5.3002	5.3065	5.3046	5.2988	5.2949	5.3031
Level 3	5.3185	5.3319	5.3166	5.3102	5.2885	5.3032	5.2884	5.3076	5.2915	5.3174	5.3011	5.2999
Selisih	0.0302	0.056	0.033	0.0239	0.0236	0.0056	0.0235	0.0198	0.0131	0.0331	0.0096	0.0057
Ranking	4	1	3	5	6	12	7	8	9	2	10	11

Karena matriks orthogonal $L27(3^{13})$ mempunyai 13 derajat kebebasan maka kita dapat mengambil setengah dari derajat kebebasan total sebagai pengaruh penting. Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan 12 kolom saja maka cukup mengambil 6 sebagai pengaruh penting. Dari tabel respon, pengaruh yang signifikan adalah B, H, C, A, D, E dan D x F dan faktor yang tidak disebutkan dianggap tidak signifikan berpengaruh terhadap nilai rata-rata dari berat *coated tablet*. Untuk menentukan level faktor dari suatu interaksi yaitu dengan cara menggunakan pemecahan interaksi yaitu dengan melihat faktor D dan F secara serentak. Pengaruh faktor D dan F untuk 9 kombinasi faktor adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pemecahan Interaksi Faktor Penyesuaian Rata-rata

Interaksi	F1	F2	F3
D1	5.2702	5.2908	4.5171
D2	5.3110	5.2949	5.3071
D3	5.3178	5.2989	5.3178

Untuk mencapai nilai target tertentu (*nominal the better*), maka penentuan level faktor yang optimal adalah yang mendapatkan hasil pengujian berat *coated tablet* yang mencapai nilai target yang telah ditetapkan. Untuk memastikan faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap rata-rata berat *coated tablet* sekaligus menentukan kombinasi level yang optimum maka terlebih dahulu dilakukan analisa dua arah dengan menggunakan ANOVA.

4.1.1.2 Perhitungan *Signal to Noise Ratio*

Sesuai dengan tujuan awal penelitian ini yaitu faktor-faktor terkontrol yang mungkin berkontribusi untuk mengurangi variasi dan meningkatkan kualitas

dapat diidentifikasi dengan menggunakan jumlah variasi pada keadaan sekarang dan pergeseran rata-rata respons kualitas. *S/N Ratio* mentransformasi data respons kualitas menjadi sebuah bilangan yang merefleksikan jumlah variasi dan pergeseran rata-rata. Oleh karena itu, optimasi proses dilakukan oleh metode Taguchi adalah dengan memperhatikan nilai *S/N Ratio*. Prinsip dasarnya adalah pengaturan proses produksi mencapai kondisi yang optimum jika dapat memaksimalkan nilai *S/N Ratio*.

S/N Ratio adalah suatu bilangan yang menggambarkan perbandingan antara *signal* dan *noise* dari suatu parameter kendali. Untuk menggunakan konsep ini pada desain eksperimen, maka nilai kekuatan signal dan noise digantikan dengan nilai estimasi rata-rata (μ^2) dan variasi (σ^2).

Nilai *S/N Ratio* didapat dari pengolahan data hasil percobaan untuk beberapa kombinasi *level* pada parameter kendali. Setiap kombinasi akan memiliki nilai tersendiri. Dari nilai tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali tersebut cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada sebuah proses permesinan sehingga dapat disebut sebuah *signal*. Atau parameter tersebut hanya memberikan pengaruh yang kecil sehingga dianggap sebagai *noise* atau gangguan saja. *S/N Ratio* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *nominal the better*, untuk optimasi jenis ini, rumus *S/N Ratio* yang digunakan adalah sebagai berikut (park, 1996, hal 22-23)

$$S/N Ratio = 10 \times \log \left[\frac{-2}{s^2} \right] \dots \dots \dots (4.1)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \dots \dots \dots (4.2)$$

Dimana: s^2 = varian

n = jumlah pengulangan dari setiap kombinasi

X_i = nilai dari kombinasi ke- n

\bar{X} = nilai rata-rata dari setiap kombinasi

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh nilai *S/N Ratio* untuk setiap percobaan yang disajikan pada tabel berikut:

Universitas Indonesia

Tabel 4.5 Nilai *S/N Ratio* Tiap Eksperimen

Eksperimen Number	Berat Coated Tablet (gram)			Total (Ti)	Mean(\bar{y}_i)	Signal-to-noise SN = $10\log [\bar{y}_i^2/V_i]$
	N1	N2	N3			
1	5.1913	5.3103	5.1922	15.6938	5.2313	37.6651
2	5.2081	5.2953	5.2129	15.7163	5.2388	40.5775
3	5.2048	5.2811	5.2071	15.6930	5.2310	41.6213
4	5.2550	5.4398	5.2621	15.9569	5.3190	34.1172
5	5.2971	5.3064	5.2897	15.8932	5.2977	56.0294
6	5.2066	5.2951	5.2099	15.7116	5.2372	40.3731
7	5.3866	5.3864	5.3791	16.1521	5.3840	62.0064
8	5.3171	5.3373	5.3057	15.9601	5.3200	50.4343
9	5.3350	5.3517	5.3197	16.0064	5.3355	50.4583
10	5.2891	5.3082	5.2834	15.8807	5.2936	52.2032
11	5.2404	5.3275	5.2384	15.8063	5.2688	40.3042
12	5.2408	5.3428	5.2464	15.8300	5.2767	39.2778
13	5.2442	5.3083	5.2490	15.8015	5.2672	43.3774
14	5.2762	5.4111	5.2787	15.9660	5.3220	36.7722
15	5.2214	5.3923	5.2177	15.8314	5.2771	34.4693
16	5.3179	5.3138	5.3081	15.9398	5.3133	60.6649
17	5.2934	5.4176	5.2916	16.0026	5.3342	37.3668
18	5.2373	5.3887	5.2466	15.8726	5.2909	35.8971
19	5.2786	5.3814	5.2712	15.9312	5.3104	38.7111
20	5.2983	5.3681	5.3028	15.9692	5.3231	42.6875
21	5.2549	5.4199	5.2562	15.9310	5.3103	34.9581
22	5.3407	5.3753	5.3316	16.0476	5.3492	47.3098
23	5.2804	5.3141	5.2836	15.8781	5.2927	49.0824
24	5.2057	5.3989	5.2090	15.8136	5.2712	33.5628
25	5.3147	5.3994	5.3078	16.0219	5.3406	40.3987
26	5.2476	5.4043	5.2550	15.9069	5.3023	35.5591
27	5.3367	5.4211	5.3420	16.0998	5.3666	41.1018
Total				429.3136		1156.9866
Rata-rata				15.9005		42.8514

Pada tabel berikut, diberikan nilai *S/N Ratio* masing-masing faktor utama pada low level (level 1), standard level (level 2) dan high level (level 3) dan interaksi yang diamati secara bersama-sama pengaruh faktornya juga efek dari faktor tersebut:

Tabel 4.6 Respon Nilai *S/N Ratio* dari Pengaruh Faktor

	A	B	C	D	E	F	DxF(1)	DxF(2)	G	H	J	K
Level 1	45.92	40.89	42.64	39.06	46.27	41.2	39.76	40.04	39.58	41.39	45.73	42.31
Level 2	42.26	41.68	42.15	42.31	43.2	45.88	42.57	41.76	41.51	41.08	43.89	42.85
Level 3	40.37	45.99	43.76	47.18	39.08	41.48	46.23	46.76	43.01	46.09	40.45	43.39
Selish	5.55	5.1	1.61	8.12	7.19	4.68	6.46	6.72	3.43	5.01	5.28	1.08
Ranking	5	7	11	1	2	9	4	3	10	8	6	12

Sama seperti pada perhitungan nilai rata-rata berat *coated tablet*, pada perhitungan pengaruh faktor yang mempengaruhi *SN Ratio* karena matriks orthogonal L27(3^{13}) mempunyai 13 derajat kebebasan maka kita dapat mengambil setengah dari derajat kebebasan total sebagai pengaruh penting. Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan 12 kolom saja maka cukup mengambil 6 sebagai pengaruh penting. Dari tabel respon, pengaruh yang signifikan adalah D, E, DxF(1), DxF(2), A, dan J dan faktor yang tidak disebutkan dianggap tidak signifikan berpengaruh terhadap nilai *SN Ratio* dari berat *coated tablet*. Untuk menentukan level faktor dari suatu interaksi yaitu dengan cara menggunakan pemecahan interaksi yaitu dengan melihat faktor D dan F secara serentak. Pengaruh faktor D dan F untuk 9 kombinasi faktor adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Pemecahan Interaksi Faktor Pengontrol Dispersi

Interaksi	F1	F2	F3
D1	35.8978	41.6855	39.5979
D2	37.5673	45.4001	38.8170
D3	50.1222	50.5508	46.0241

Untuk memperoleh respon kualitas mencapai target (*nominal the better*), kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata rasio *S/N Ratio* level faktor yang tertinggi dari setiap faktor.

4.1.2 Pembentukan *Main Effect Plot*

Tujuan Akhir dari penelitian ini adalah memberikan usulan desain setting penyetelan parameter yang optimal atau tidak sensitif terhadap gangguan dan menggeser nilai rata-rata berat *coated tablet* ke arah target, untuk itu diperlukan penentuan level-level yang optimal pada setiap parameter. Setelah mengetahui faktor atau interaksi mana yang paling signifikan mempengaruhi berat *coated tablet*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan bagaimana setiap faktor utama dalam penelitian ini harus diatur sedemikian rupa sehingga memberikan hasil yang optimal bagi perusahaan berdasarkan interpretasi dari hasil tabel ANOVA digabungkan dengan *main effect analysis*.

Untuk menentukan level yang optimal pada setiap parameter, maka dipilih level yang menghasilkan nilai rata-rata *S/N Ratio* paling tinggi diantara level yang

lain. Selain dari analisa *S/N Ratio* dapat juga ditentukan dari nilai rata-rata berat *coated tablet* yang paling tinggi. Untuk menganalisa level yang paling optimal tersebut digunakan grafik *main Effect Plot*.

4.1.2.1 Main Effect Plot untuk *S/N Ratio*

Untuk membuat *main effect plot*, diperlukan perhitungan nilai rata-rata *S/N Ratio* pada masing-masing level dari setiap parameter. Nilai rata-rata *S/N Ratio* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Park, 1996, hal 132).

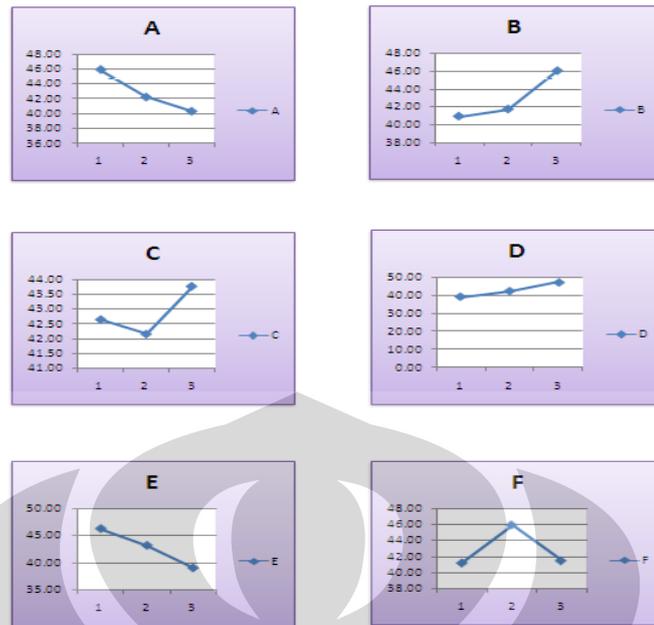
$$\text{Rata-rata } S/N \text{ Ratio untuk } A_1 = \frac{\text{Sum } S/N \text{ Ratio at Parameter Level } A_1}{\text{Number of Eksperiment with } A_1}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka didapatkan rata-rata *S/N Ratio* untuk seluruh level dari setiap parameter yang dirangkum dalam tabel di bawah ini.

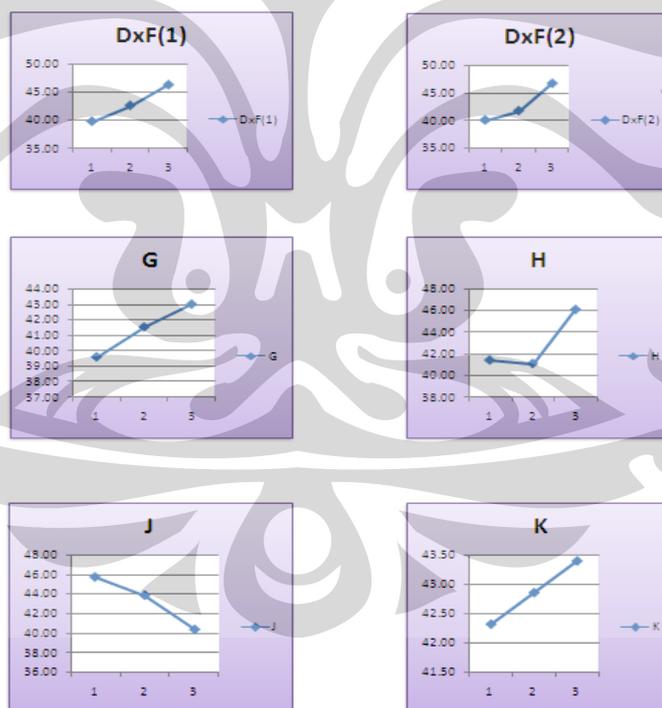
Tabel 4. 8 Nilai *S/N Ratio* Untuk Tiap Parameter Level

Faktor	Level		
	1	2	3
A	45.92	42.26	40.37
B	40.89	41.68	45.99
C	42.64	42.15	43.76
D	39.06	42.31	47.18
E	46.27	43.2	39.08
F	41.2	45.88	41.48
DxF(1)	39.76	42.57	46.23
DxF(2)	40.04	41.76	46.76
G	39.58	41.51	43.01
H	41.39	41.08	46.09
J	45.73	43.89	40.45
K	42.31	42.85	43.39

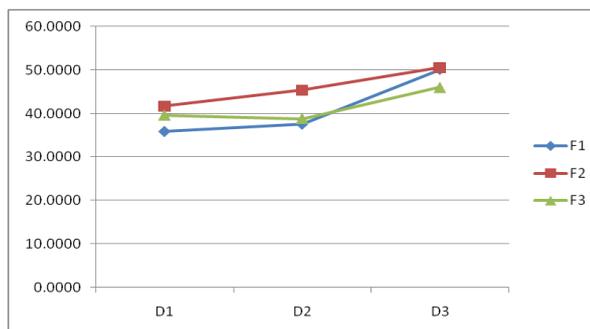
Untuk mempermudah dalam menganalisa level optimum maka nilai rata-rata *S/N Ratio* tiap parameter digambarkan secara grafis pada grafik-grafik *main effect plot* dibawah ini.



Gambar 4.2 Main Effect Plot S/N Ratio Untuk Parameter A-F



Gambar 4.3 Main Effect Plot S/N Ratio Untuk Parameter interaksi DxF-K



Gambar 4.4 Main Effect Plot *S/N Ratio* Untuk Interaksi DxF

Seperti yang telah diketahui sebelumnya, terdapat tiga level untuk setiap parameter yang kita analisa yaitu level 1, level 2 dan level 3 yang masing-masing merupakan keadaan penyetelan mesin pada penyetelan level bawah, level standard dan level atas. Berdasarkan tabel di pengolahan data main effect plot untuk nilai *S/N Ratio* berat *coated tablet* dapat dianalisa pengaruh perubahan level pada tiap parameter terhadap perubahan nilai *S/N Ratio* berat *coated tablet*.

Untuk mencapai nilai target tertentu (*nominal the better*), maka dalam menentukan bagaimana tiap faktor tersebut harus disetting dengan menggunakan *S/N Ratio*, dilakukan dengan cara memilih faktor level dengan nilai *S/R Ratio* yang paling besar. Karena dalam penelitian ini menggunakan *S/N Ratio nominal is better*, maka nilai output *S/N Ratio* yang dipilih adalah yang paling besar.

Tabel 4. 9 Nilai *S/N Ratio* Untuk Tiap Parameter Level Optimal

Faktor	Level		
	1	2	3
A	45.92	42.26	40.37
B	40.89	41.68	45.99
C	42.64	42.15	43.76
D	39.06	42.31	47.18
E	46.27	43.2	39.08
F	41.2	45.88	41.48
DxF(1)	39.76	42.57	46.23
DxF(2)	40.04	41.76	46.76
G	39.58	41.51	43.01
H	41.39	41.08	46.09
J	45.73	43.89	40.45
K	42.31	42.85	43.39

Dari tabel di atas maka level-level optimal yang dipilih agar proses dan produk kebal dan tidak terpengaruh pada penyebab variansi adalah berturut A₁, B₃, C₃, D₃, E₁, F₂, Dx_{F(3)}, G₃, H₃, J₁ dan K₃.

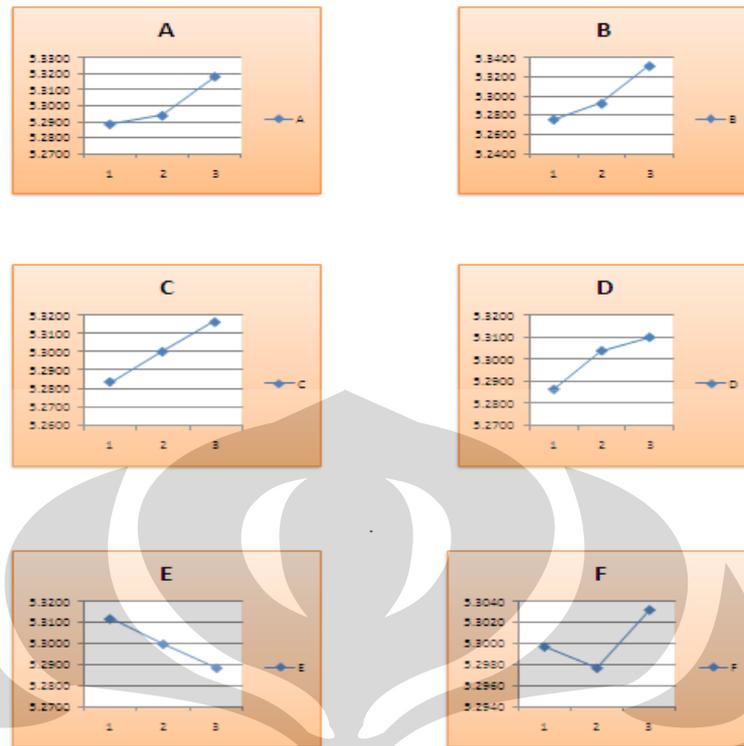
4.1.2.2 *Main Effect Plot* untuk Nilai Rata-rata Berat *Coated Tablet*

Untuk membuat *main effect plot*, diperlukan perhitungan nilai rata-rata berat *coated tablet* pada masing-masing level dari setiap parameter. Perhitungan dan cara yang digunakan untuk membuat *main effect plot* untuk Nilai Rata-rata berat *coated tablet* sama seperti *S/N Ratio* namun objek perhitungannya diganti dengan Nilai nilai rata-rata berat *coated tablet* dari masing-masing level pada tiap parameter yang dirangkum dalam tabel di bawah ini.

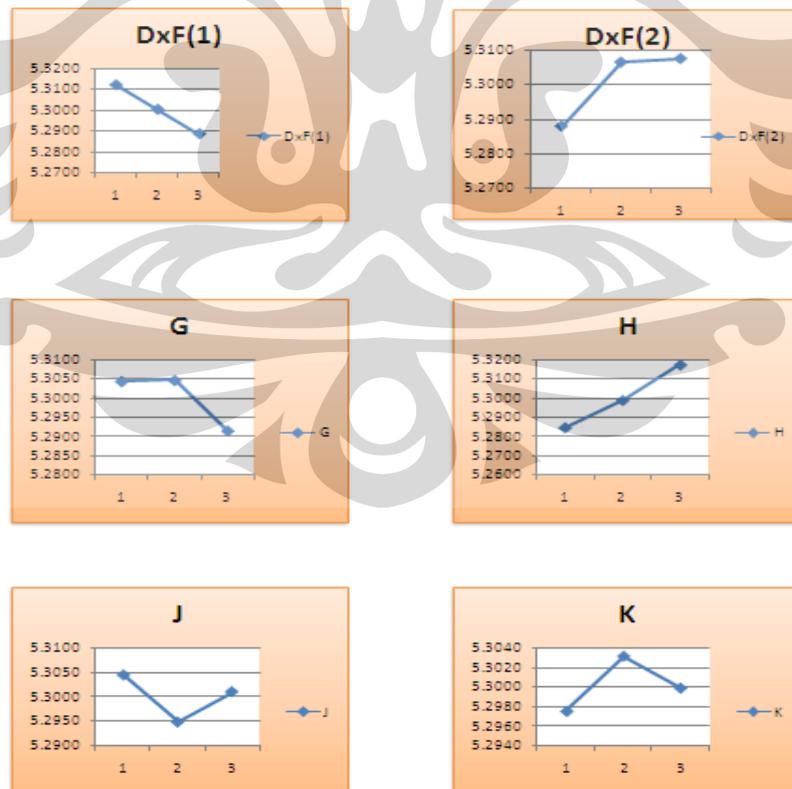
Tabel 4. 10 Rata-rata Berat *Coated Tablet* Untuk Tiap Parameter Level

Faktor	Level		
	1	2	3
A	5.2883	5.2937	5.3185
B	5.276	5.2926	5.3319
C	5.2836	5.3003	5.3166
D	5.2863	5.304	5.3102
E	5.3121	5.3	5.2885
F	5.2997	5.2976	5.3032
Dx _{F(1)}	5.3119	5.3002	5.2884
Dx _{F(2)}	5.2878	5.3065	5.3076
G	5.3044	5.3046	5.2915
H	5.2843	5.2988	5.3174
J	5.3045	5.2949	5.3011
K	5.2975	5.3031	5.2999

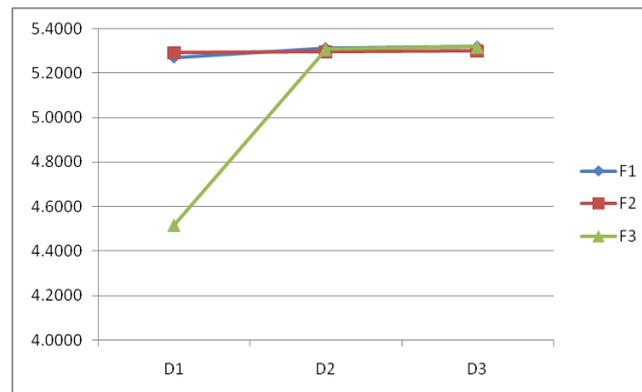
Untuk mempermudah dalam menganalisa level optimum maka nilai rata-rata berat *coated tablet* tiap parameter digambarkan secara grafis pada grafik-grafik *main effect plot* dibawah ini.



Gambar 4.5 Main Effect Plot Berat Coated Tablet Untuk Parameter A-K



Gambar 4.6 Main Effect Plot Berat Coated Tablet Untuk Parameter DxF-K



Gambar 4.7 Main Effect Plot Berat Coated Tablet untuk Interaksi DxF

Seperti yang telah diketahui sebelumnya, terdapat tiga level untuk setiap parameter yang kita analisa yaitu level 1, level 2 dan level 3 yang masing-masing merupakan keadaan penyetelan mesin pada penyetelan level bawah, level standard dan level atas. Berdasarkan tabel di pengolahan data main effect plot untuk nilai rata-rata berat *coated tablet* dapat dianalisa pengaruh perubahan level pada tiap parameter terhadap perubahan nilai rata-rata berat *coated tablet*.

Untuk mencapai nilai target tertentu (*nominal the better*), maka penentuan level faktor yang optimal adalah yang mendapatkan hasil pengujian berat *coated tablet* yang mencapai nilai target yang telah ditetapkan yaitu 5.3 gram. Sehingga level optimal yang dipilih untuk setiap parameter adalah yang menghasilkan nilai berat *coated tablet* yang mendekati 5.3 gram. Untuk menentukan level yang menghasilkan nilai rata-rata berat *coated tablet* tepat pada target atau mendekati target adalah dengan cara membandingkan nilai berat *coated tablet* yang dihasilkan oleh setiap level faktor dengan target respon kualitasnya. Selisih dari nilai rata-rata berat *coated tablet* yang dihasilkan oleh tiap level dari masing-masing faktor adalah pada tabel di bawah ini. Level yang dipilih adalah level parameter yang menghasilkan selisih nilai rata-rata berat *coated tablet* dan nilai target berat *coated tablet* terkecil.

Tabel 4.11 Selisih Rata-rata Berat *Coated Tablet* Tiap Parameter Level dengan Target

Faktor	Level		
	1	2	3
A	0.0117	0.0063	0.0185
B	0.024	0.0074	0.0319
C	0.0164	0.0003	0.0166
D	0.0137	0.004	0.0102
E	0.0121	0	0.0115
F	0.0003	0.0024	0.0032
DxF(1)	0.0119	0.0002	0.0116
DxF(2)	0.0122	0.0065	0.0076
G	0.0044	0.0046	0.0085
H	0.0157	0.0012	0.0174
J	0.0045	0.0051	0.0011
K	0.0025	0.0031	1.00E-04

Dari tabel di atas maka level-level optimal yang dipilih untuk menggeser nilai rata-rata berat *coated tablet* ke arah target adalah berturut A₂, B₂, C₂, D₂, E₂, F₁, DxF(2), G₁, H₂, J₃ dan K₃ seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.12 Rata-rata Berat *coated tablet* untuk Tiap Parameter Level Optimal

Faktor	Level		
	1	2	3
A	5.2883	5.2937	5.3185
B	5.2760	5.2926	5.3319
C	5.2836	5.3003	5.3166
D	5.2863	5.3040	5.3102
E	5.3121	5.3000	5.2885
F	5.2997	5.2976	5.3032
DxF(1)	5.3119	5.3002	5.2884
DxF(2)	5.2878	5.3065	5.3076
G	5.3044	5.3046	5.2915
H	5.2843	5.2988	5.3174
J	5.3045	5.2949	5.3011
K	5.2975	5.3031	5.2999

4.2 Analisa ANOVA

Metode yang digunakan untuk mengetahui signifikansi kontribusi dari setiap parameter yang mempengaruhi proses *coating tablet* adalah dengan menggunakan ANOVA dimana akan diketahui kontribusi setiap parameter terhadap *S/N Ratio* dan nilai rata-rata berat *coated tablet*.

4.2.1 Pencarian Faktor Kontrol yang Signifikan

Pada sub bab sebelumnya telah dilakukan pengolahan data awal dengan menghitung rata-rata berat *coated tablet* untuk setiap level faktor dan interaksi dan juga perbedaan di antara keduanya, juga nilai *S/N Ratio* setiap level faktor dan interaksinya. Besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses diperlukan untuk mengetahui dan mengidentifikasi faktor kontrol yang signifikan berkontribusi terhadap adanya variasi maupun sensitivitas terhadap nilai rata-rata. Park (1996) membagi faktor kontrol yang signifikan menjadi tiga kategori, yaitu:

Faktor Pengontrol Dispersi : faktor yang signifikan terhadap *S/N Ratios*

Faktor Penyesuai Rata-rata : faktor yang signifikan terhadap rata-rata

Faktor Tidak Signifikan : faktor kontrol yang lainnya

Pencarian faktor yang signifikan tersebut dilakukan dengan salah satu analisa statistik yang dapat mengakomodir tujuan tersebut dan juga biasa digunakan dalam metode Taguchi yaitu dengan menggunakan analisis varian (ANOVA). Dengan ANOVA, besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *sum of square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali.

ANOVA pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. ANOVA yang digunakan dalam hasil eksperimen dengan Taguchi pada umumnya adalah analisa ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri

dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Tabel ANOVA dua arah di bawah ini terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio dan *p-value*.

4.2.2 ANOVA Untuk Nilai Rata-Rata Berat *Coated Tablet*

Untuk mengetahui faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap nilai rata-rata berat *coated tablet* atau faktor penyesuai rata-rata yaitu faktor yang signifikan terhadap sensitivitas maka perlu dilakukan analisa dengan menggunakan ANOVA. Analisa ini juga untuk memastikan kevalidan dari perhitungan faktor yang signifikan berpengaruh terhadap rata-rata nilai berat *coated tablet* yang telah didapatkan berdasarkan perhitungan respon rasio berat *coated tablet* dari pengaruh faktor. Hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan *software minitab* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.13 ANOVA untuk Nilai Rata-Rata Berat *Coated Tablet*

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	0.004668	0.004668	0.002334	32.210	0.030
B	2	0.014863	0.014863	0.007432	102.570	0.010
C	2	0.004906	0.004906	0.002453	33.860	0.029
D	2	0.002761	0.002761	0.001381	19.050	0.050
E	2	0.002498	0.002498	0.001249	17.240	0.055
F	2	0.000143	0.000143	0.000072	0.990	0.503
G	2	0.002488	0.002488	0.001244	17.170	0.055
H	2	0.001015	0.001015	0.000508	7.010	0.125
J	2	0.004945	0.004945	0.002473	34.130	0.028
K	2	0.000428	0.000428	0.000214	2.950	0.253
D*F	4	0.00262	0.00262	0.000655	9.040	0.102
Residual Error	2	0.000145	0.000145	0.000072		
Total	26	0.041481				

4.2.2.1 Analisa ANOVA untuk Nilai Rata-rata Berat *Coated Tablet*

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan ANOVA, parameter-parameter yang signifikan berkontribusi pada nilai rata-rata berat *coated tablet* adalah parameter-parameter yang memberikan efek pada ketepatan performa karakteristik kualitas berat *coated tablet* dalam memenuhi target yang telah ditetapkan atau mengharuskan proses untuk dapat meminimalkan

variasi ketika berusaha untuk mendekati nilai rata-rata output kepada target (Taguchi et al., 2005).

Dari tabel ANOVA di atas, dapat kita lihat bahwa dengan membandingkan nilai *p-value* masing-masing faktor dan interaksi dengan nilai 0.05, dapat kita ketahui faktor-faktor atau interaksi yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap berat *coated tablet* pada proses *coating tablet*. Jika nilai *p-value* dari faktor atau interaksi tersebut kurang dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa faktor atau interaksi tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (dalam hal ini adalah berat *coated tablet*). Dengan melakukan perbandingan tersebut, maka dapat kita simpulkan ada 4 faktor utama yang ternyata memiliki efek yang cukup besar terhadap berat *coated tablet* atau pada proses *coating tablet* yaitu berturut-turut dari yang paling besar pengaruhnya adalah faktor B, J, C dan A. Tabel faktor yang signifikan berpengaruh pada nilai rata-rata berat *coated tablet* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Faktor Penyesuai Rata rata yang Signifikan

	Faktor	F	P
B	Cabinet pressure	102.570	0.010
J	Spray width	34.130	0.028
C	Inlet air flow	33.860	0.029
A	Drum speed	32.210	0.030

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS' seperti di bawah ini.

$$SS'_B = SS_B - Mse(V_B) = 0.014863 - 0.000072(2) = 0.014719$$

$$SS'_J = SS_J - Mse(V_J) = 0.004945 - 0.000072(2) = 0.004801$$

$$SS'_C = SS_C - Mse(V_C) = 0.004906 - 0.000072(2) = 0.004762$$

$$SS'_A = SS_A - Mse(V_A) = 0.004668 - 0.000072(2) = 0.004524$$

Sedangkan untuk persen kontribusi masing-masing faktor yang signifikan berpengaruh terhadap nilai rata-rata berat *coated tablet* dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_B = \frac{0.014719}{0.041481} \times 100\% = 35.48\%$$

$$\rho_J = \frac{0.004801}{0.041481} \times 100\% = 11.57\%$$

$$\rho_C = \frac{0.004762}{0.041481} \times 100\% = 11.48\%$$

$$\rho_A = \frac{0.004524}{0.041481} \times 100\% = 10.91\%$$

Untuk keseluruhan faktor dan interaksi, kontribusi dan persen kontribusi ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.15 Persen Kontribusi Tiap Parameter terhadap Nilai Rata-rata Berat
Coated tablet

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	SS'	ρ
A	2	0.004668	0.00467	0.002334	32.210	0.030	0.00452	10.91%
B	2	0.014863	0.01486	0.007432	102.570	0.010	0.01472	35.48%
C	2	0.004906	0.00491	0.002453	33.860	0.029	0.00476	11.48%
D	2	0.002761	0.00276	0.001381	19.050	0.050	0.00262	6.31%
E	2	0.002498	0.0025	0.001249	17.240	0.055	0.00235	5.67%
F	2	0.000143	0.00014	0.000072	0.990	0.503	-1E-06	0.00%
G	2	0.002488	0.00249	0.001244	17.170	0.055	0.00234	5.65%
H	2	0.001015	0.00102	0.000508	7.010	0.125	0.00087	2.10%
J	2	0.004945	0.00495	0.002473	34.130	0.028	0.0048	11.57%
K	2	0.000428	0.00043	0.000214	2.950	0.253	0.00028	0.68%
D*F	4	0.00262	0.00262	0.000655	9.040	0.102	0.00248	2.98%
Residual Error	2	0.000145	0.00015	0.000072				
Total	26	0.041481						

4.2.3 ANOVA untuk *S/N Ratio* Berat *Coated Tablet*

Untuk mengetahui faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap nilai *S/N Ratio coated tablet* atau faktor pengontrol dispersi maka perlu dilakukan

analisa dengan menggunakan ANOVA. Hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan *software minitab* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.16 ANOVA untuk Nilai SN Ratio Berat *Coated Tablet*

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	143.13	143.135	71.567	27.48	0.035
B	2	135.57	135.57	67.785	26.03	0.037
C	2	12.31	12.308	6.154	2.36	0.297
D	2	300.783	300.783	150.391	57.75	0.017
E	2	234.47	234.472	117.236	45.02	0.022
F	2	124.1	124.099	62.049	23.83	0.04
G	2	189.11	189.105	94.553	36.31	0.027
H	2	28.85	28.846	14.423	5.54	0.153
J	2	141.9	141.896	70.948	27.24	0.035
K	2	78.51	78.514	39.257	15.07	0.062
D*F	4	274.76	274.755	68.689	26.38	0.037
Residual Error	2	5.21	5.209	2.604		
Total	26	1668.69				

4.2.3.1 Analisa ANOVA untuk *S/N Ratio*

Dari pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan ANOVA, diketahui bahwa parameter-parameter yang signifikan berkontribusi terhadap *S/N Ratio* adalah parameter yang tidak sensitif terhadap perubahan atau gangguan yang menyebabkan variasi. Dari tabel ANOVA untuk *S/N Ratio*, dapat kita lihat bahwa dengan membandingkan nilai *p-value* masing-masing faktor dan interaksi dengan nilai 0.05, dapat kita ketahui faktor-faktor atau interaksi yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap berat *coated tablet* pada proses *coating tablet*. Jika nilai *p-value* dari faktor atau interaksi tersebut kurang dari 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa faktor atau interaksi tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (dalam hal ini adalah berat *coated tablet*).

Dengan melakukan perbandingan tersebut, terdapat 7 faktor atau interaksi yang ternyata memiliki efek yang cukup besar terhadap variansi berat *coated tablet* atau pada proses *coating tablet* yaitu berturut-turut dari yang paling besar pengaruhnya adalah faktor D, E, G, A, J, DxF dan B. Tabel faktor yang signifikan berpengaruh pada variansi nilai rata-rata berat *coated tablet* atau *SN Ratio* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Faktor Pengontrol Dispersi

	Faktor	F	P
D	Inlet air temperature	57.75	0.017
E	Exhaust temperature	45.02	0.022
G	Spray rate	36.31	0.027
A	Drum speed	27.48	0.035
J	Spray width	27.24	0.035
D x F	Interaksi Inlet air temperature dan Inlet humidity	26.38	0.037
B	Cabinet pressure	26.03	0.037
F	Inlet Humidity	23.83	0.0400

Dapat disimpulkan bahwa, untuk meningkatkan *S/N Ratio* atau meminimalkan variasi yang berasal dari faktor pengganggu diperlukan setting penyetelan yang optimal pada parameter-parameter tersebut yang signifikan berkontribusi terhadap nilai *S/N Ratio* sedangkan untuk parameter-parameter yang tidak disebutkan di atas dianggap parameter yang tidak signifikan berkontribusi terhadap nilai *S/N Ratio*.

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS' setiap faktor dan interaksi kemudian menghitung persen kontribusi masing-masing faktor yang signifikan berpengaruh terhadap nilai *S/N Ratio* berat *coated tablet* dihitung dengan rumus perhitungan yang sama pada perhitungan nilai rata-rata berat *coated tablet* yang ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.18 Persen Kontribusi Tiap Parameter terhadap Nilai *S/N Ratio*

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	SS'	ρ
A	2	143.13	143.135	71.567	27.48	0.035	137.922	8.27%
B	2	135.57	135.57	67.785	26.03	0.037	130.362	7.81%
C	2	12.31	12.308	6.154	2.36	0.297	7.102	0.43%
D	2	300.783	300.783	150.391	57.75	0.017	295.575	17.71%
E	2	234.47	234.472	117.236	45.02	0.022	229.262	13.74%
F	2	124.1	124.099	62.049	23.83	0.040	118.892	7.12%
G	2	189.11	189.105	94.553	36.31	0.027	183.902	11.02%
H	2	28.85	28.846	14.423	5.54	0.153	23.642	1.42%
J	2	141.9	141.896	70.948	27.24	0.035	136.692	8.19%
K	2	78.51	78.514	39.257	15.07	0.062	73.302	4.39%
D*F	4	274.76	274.755	68.689	26.38	0.037	269.552	8.08%
Residual Error	2	5.21	5.209	2.604				
Total	26	1668.69						

Dari tabel Anova sebelumnya diketahui bahwa parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variansi *S/N Ratio* (faktor pengontrol dispersi) berturut-turut adalah *inlet air temperature* dengan kontribusi 17.71%, *exhaust temperature* 13.74%, *spray rate* 11.02%, *drum speed* 8.27%, *spray width* 8.19%, interaksi antara *inlet air temperature* dan *inlet humidity* 8.08%, dan *cabinet pressure* 7.81%.

4.2.4 Usulan Rancangan Penyetelan Parameter Optimal

Dari analisa-analisa sebelumnya, telah ditentukan parameter-parameter yang signifikan berkontribusi baik terhadap nilai *S/N Ratio* maupun nilai rata-rata berat *coated tablet*, serta kombinasi level dari parameter-parameter tersebut yang optimal. Hasil inilah yang akan dianalisa lebih lanjut untuk menentukan usulan desain penyetelan untuk mesin *coating tablet XL Cota 150*.

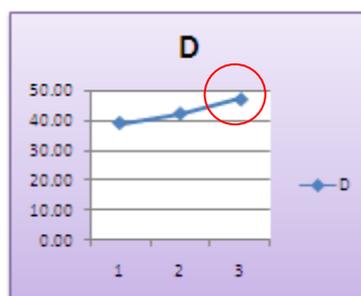
Desain penyetelan yang optimal dipilih berdasarkan pertimbangan antara faktor-faktor terkontrol yang mungkin berkontribusi untuk mengurangi variasi dan meningkatkan kualitas dapat diidentifikasi dengan menggunakan jumlah variasi pada keadaan sekarang dan pergeseran rata-rata respons kualitas. *S/N Ratio* mentransformasi data respons kualitas menjadi sebuah bilangan yang merefleksikan jumlah variasi dan pergeseran rata-rata. Oleh karena itu, optimasi proses dilakukan oleh metode Taguchi adalah dengan memperhatikan nilai *S/N Ratio*. Prinsip dasarnya adalah pengaturan proses produksi mencapai kondisi yang optimum jika dapat memaksimalkan nilai *S/N Ratio*. Sehingga seperti yang telah diketahui dari hasil pengolahan data bahwa faktor-faktor terkontrol terbagi menjadi tiga yaitu faktor yang signifikan terhadap variansi yang direfleksikan terhadap *S/N Ratio*, faktor kontrol yang signifikan berkontribusi menggeser nilai rata-rata respon kualitas dan faktor yang tidak signifikan kedua-duanya. Tabel di bawah ini untuk lebih mudah dalam menganalisa faktor-faktor terkontrol.

Tabel 4.19 Pembagian Faktor terkontrol

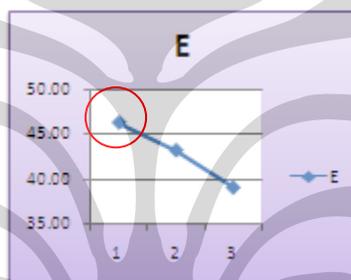
Faktor signifikan terhadap SN Ratio	Faktor signifikan terhadap nilai rata-rata	Faktor tak signifikan
Inlet air temperature	Cabinet pressure	Automising air
Exhaust temperature	Spray width	Kekerasan Tablet
Spray rate	inlet air flow	
Drum speed	Drum speed	
Spray width		
Interaksi Inlet air temperature dan inlet humidity (DxF)		
Cabinet pressure		
Inlet humidity		

Pemilihan level dari tiap parameter yang berpengaruh terhadap faktor terkontrol adalah sebagai berikut

1. *Inlet air temperature*, adalah faktor yang signifikan berpengaruh terhadap terjadinya variansi berat *coated tablet*, berdasarkan tabel ANOVA *S/N Ratio*, diketahui bahwa kontribusi faktor ini adalah sebesar 17,71% dan merupakan faktor yang kontribusinya terbesar terhadap penyebab terjadinya variasi berat *coated tablet*. Karena faktor ini hanya berkontribusi terhadap variasi dan tidak terhadap pergeseran nilai rata-rata berat *coated tablet*, maka pemilihan level optimal hanya didasarkan pada pemilihan *S/N Ratio* terbesar dari level parameter. Berdasarkan tabel nilai *S/N Ratio* tiap level parameter, telah dipilih bahwa level optimal yang dipilih untuk parameter *inlet air temperature* pada level 3 yaitu 47,18 karena nilai *S/N Ratio* nya terbesar dibandingkan dengan level 1 sebesar 39,06 dan level 2 sebesar 42,31. Untuk lebih menggambarkan level optimal yang dipilih adalah level 3 adalah dengan melihat main effect plot untuk parameter di bawah ini.

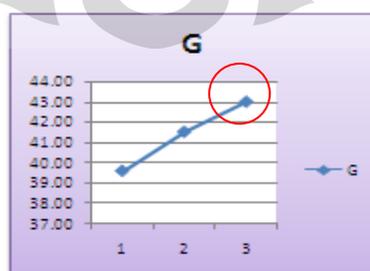
**Gambar 4.8** Level Optimal Parameter *Inlet Air Temperature*

2. *Exhaust temperature*, adalah faktor yang menempati urutan kedua kontribusinya terhadap terjadinya variasi berat *coated tablet*, berdasarkan tabel ANOVA *S/N Ratio*, diketahui bahwa kontribusi faktor ini adalah sebesar 13,74%. Sama seperti parameter *inlet air temperature*, parameter ini hanya berkontribusi terhadap variasi dan tidak terhadap pergeseran nilai rata-rata berat *coated tablet*, maka pemilihan level optimal hanya didasarkan pada pemilihan *S/N Ratio* terbesar dari level parameter. Berdasarkan tabel nilai *S/N Ratio* tiap level parameter, telah dipilih bahwa level optimal adalah yang nilai *S/N Ratio* nya terbesar pada level-level parameter tersebut, *S/N Ratio* tertinggi pada level 1 yaitu 46,27 yang digambarkan dengan grafik *main effect plot* di bawah ini.



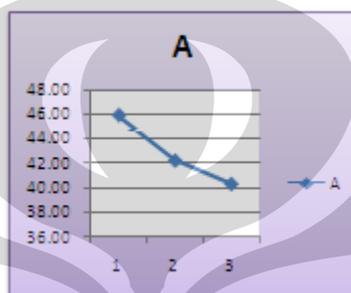
Gambar 4.9 Level Optimal Parameter *Exhaust Temperature*

3. *Spray rate*, merupakan parameter yang mempengaruhi variasi dan berada di urutan ketiga kontribusinya terhadap penyebab variasi setelah *inlet air temperature* dan *exhaust temperature*, dengan persentase kontribusi 11,02%. Level optimal yang dipilih adalah level 3.



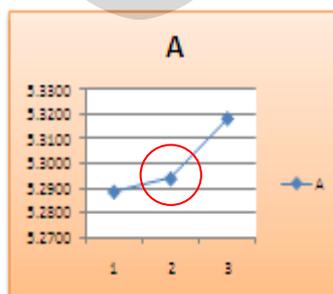
Gambar 4.10 Level Optimal Parameter *Spray rate*

4. *Drum speed*, merupakan parameter yang berkontribusi terhadap terjadinya variasi juga terhadap pergeseran nilai rata-rata respon kualitas. Sehingga pemilihan level optimalnya harus memperhatikan level optimal untuk rata-rata berat *coated tablet* dan nilai *S/N Ratio* nya. Berdasarkan tabel nilai *S/N Ratio* tiap level parameter, telah dipilih bahwa level optimal yang dipilih untuk parameter *drum speed* adalah level 1 yaitu sebesar 45,92 seperti pada grafik *main effect plot* di bawah ini.



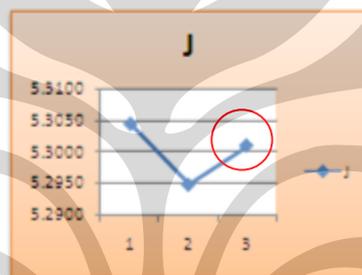
Gambar 4.11 Level Optimal Parameter *Drum speed* berdasarkan nilai *S/N Ratio*

Sedangkan berdasarkan tabel nilai rata-rata berat *coated tablet*, level optimalnya adalah level 2 yaitu menghasilkan berat *coated tablet* 5.2937 sesuai dengan grafik *main effect plot* nya di bawah ini. Untuk menentukan level optimal parameter ini maka yang lebih diprioritaskan adalah berdasarkan nilai rata-rata berat *coated tablet* yang mendekati target yaitu level 2 karena sesuai dengan tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk menyeragamkan berat *coated tablet* dengan kata lain membawa berat *coated tablet* ke arah target. Sehingga level optimal untuk parameter *drum speed* yang dipilih adalah level 2.



Gambar 4.12 Level Optimal Parameter *Drum speed*

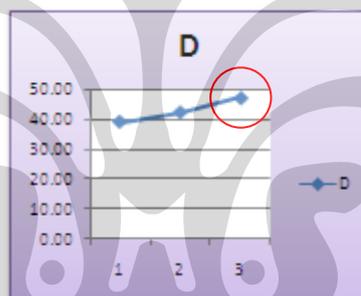
5. *Spray width*, merupakan parameter yang berkontribusi peringkat kelima yang menyebabkan terjadinya variasi berat *coated tablet*, hal ini dapat dilihat dari tabel kontribusi faktor terhadap *S/N Ratio*. Sedangkan dari tabel kontribusi nilai rata-rata berat *coated tablet*, kontribusi parameter ini sebesar 11,57% lebih besar pengaruhnya daripada kontribusinya terhadap *S/N Ratio*. Sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu untuk menyeragamkan berat *coated tablet* dan meminimalisasi variasi berat *coated tablet* maka dan sesuai dengan kontribusinya yang lebih besar terhadap nilai rata-rata berat *coated tablet* maka level optimal yang dipilih adalah level 3.



Gambar 4.13 Level Optimal Parameter *Spray width*

6. Interaksi antara *inlet air temperature* (D) dan *inlet humidity* (F), merupakan interaksi dari parameter yang signifikan berpengaruh hanya terhadap *S/N Ratio* berat *coated tablet* saja atau hanya signifikan berpengaruh terhadap terjadinya variasi pada berat *coated tablet*. Signifikansi dan kontribusi interaksi dua parameter ini dapat dilihat dari tabel ANOVA *S/N Ratio* dan kontribusi *S/N Ratio*. Besarnya kontribusi interaksi dua parameter ini dalam mempengaruhi terjadinya variasi adalah 8,08%. Sehingga harus dipilih level yang paling optimal antara dua parameter ini. Untuk menentukan level yang optimal maka ada prioritas yang digunakan karena ternyata faktor ini bukan merupakan faktor tunggal tetapi merupakan gabungan dua faktor, sehingga pada hakikatnya kita belum bisa menentukan bagaimana kedua faktor tersebut harus diatur sebelum memastikan bagaimana salah satu dari faktor tersebut harus diset terlebih dahulu sehingga

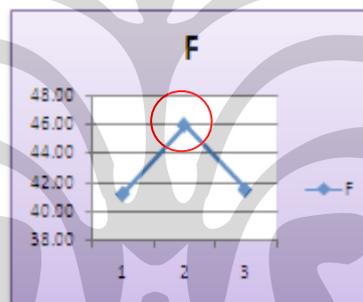
memberikan hasil yang optimal. Oleh karena itu, kita harus melihat kontribusi dari kedua parameter ini sebagai faktor tunggal terlebih dahulu. Berdasarkan tabel ANOVA dan kontribusi setiap parameter terhadap *S/N Ratio* diketahui bahwa kontribusi parameter *inlet air temperature* (D) adalah sebesar 17,71%, dan kontribusi *inlet humidity* (F) adalah sebesar 7,12%. Melangkah ke faktor *inlet air temperature* (D) terlebih dahulu, karena faktor tersebut merupakan faktor yang signifikan jika berinteraksi bersama faktor lain dan juga merupakan faktor tunggal pada *S/N Ratio* yang kontribusinya paling besar terhadap terjadinya variasi. Untuk mengetahui bagaimana faktor *inlet air temperature* harus disetting sehingga menghasilkan hasil yang optimal, digunakan *main effects plot analysis* seperti tergambar di bawah ini:



Gambar 4.14 Level Optimal Parameter *Inlet Air Temperature*

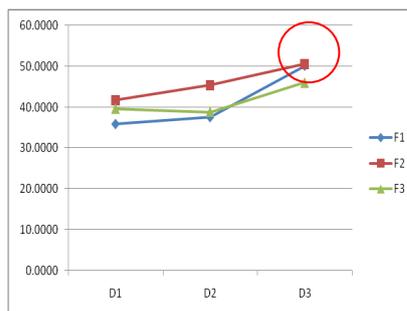
Parameter *inlet air temperature* sebagai faktor tunggal merupakan parameter yang sangat besar signifikansinya terhadap terjadinya variasi, hal ini telah diketahui berdasarkan tabel ANOVA dimana nilai *p value* dari parameter ini mempunyai nilai yang paling rendah dibandingkan dengan faktor lainnya. Selain itu, kontribusi parameter ini juga menempati urutan pertama yang menjadi penyebab terjadinya variasi, sehingga prioritas desain penyetelan optimal untuk dua parameter yang berinteraksi sudah selayaknya memprioritaskan parameter yang pengaruhnya sangat besar signifikansinya terhadap respon kualitas. Karena dalam kasus ini kita menggunakan *quality*

characteristic nominal is better, maka untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka faktor *inlet air temperature* harus diset pada level 3 atau *high level*, karena pada level tersebut, nilai *S/N Ratio* berada pada *level* yang paling tinggi. Untuk menentukan bagaimana faktor *inlet humidity* (F) harus di-*setting* sehingga memberikan hasil yang optimal, maka langsung dilihat pada *main effects plot* diagram grafik *inlet humidity* karena sebagai faktor tunggal parameter ini juga merupakan faktor yang signifikan berpengaruh dan mempunyai kontribusi terhadap terjadinya variasi nilai rata-rata berat *coated tablet* yang telah direfleksikan menjadi rasio antar signal dan noise (*S/N Ratio*). Level optimal yang dipilih untuk parameter *inlet humidity* (F) berdasarkan grafik *main effect plot* for *S/N Ratio* di bawah ini adalah level 2.



Gambar 4.15 Level Optimal Parameter *Inlet humidity*

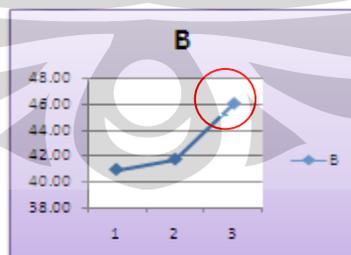
Sehingga level optimal untuk interaksi kedua parameter ini adalah D_3F_2 , artinya adalah parameter D diset pada level 3 dan parameter F diset pada level 2. Hasil serupa juga langsung tergambar pada tabel 4.7 pemecahan interaksi untuk *S/N Ratio* dan tabel 4.4 berat rata-rata berat *coated tablet* serta pada gambar grafik *main effect plot* untuk interaksi kedua parameter ini yang desain penyetelan parameter optimalnya pada level D_3F_2 seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.16 Level Optimal Parameter Untuk Interaksi Dx F

Dengan analisa interaksi antara dua parameter ini maka sekaligus menentukan desain level penyetelan optimal untuk parameter *inlet humidity* (F) sebagai faktor tunggal yaitu level 2.

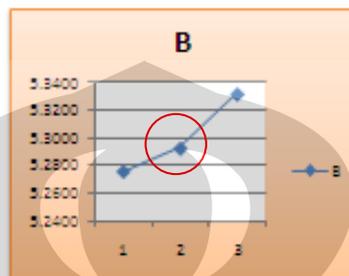
7. *Cabinet pressure*, merupakan parameter yang berkontribusi terhadap terjadinya variasi juga terhadap pergeseran nilai rata-rata respon kualitas. Sehingga pemilihan level optimalnya harus memperhatikan level optimal untuk rata-rata berat *coated tablet* dan nilai *S/N Ratio* nya. Berdasarkan tabel nilai *S/N Ratio* tiap level parameter, telah dipilih bahwa level optimal yang dipilih untuk parameter *cabinet pressure* adalah level 3 karena jenis optimasi yang digunakan adalah nominal the better maka level yang dipilih adalah level yang memaksimalkan nilai *S/N Ratio* seperti pada grafik *main effect plot* di bawah ini.



Gambar 4.17 Level Optimal berdasarkan *S/N Ratio* Parameter *Cabinet pressure*

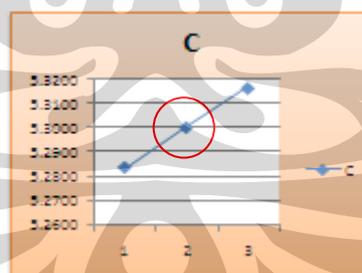
sedangkan berdasarkan tabel nilai rata-rata berat *coated tablet*, level optimalnya adalah level 2 yaitu menghasilkan respon kualitas mendekati target sesuai dengan grafik *main effect plot* nya di bawah

ini. Untuk menentukan level optimal parameter ini maka yang lebih diprioritaskan adalah berdasarkan nilai rata-rata berat *coated tablet* yang mendekati target yaitu level 2 karena sesuai dengan tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk menyeragamkan berat *coated tablet* dengan kata lain membawa berat *coated tablet* ke arah target.



Gambar 4.18 Level Optimal Parameter *Cabinet pressure*

8. *Inlet air flow*, merupakan parameter yang hanya berpengaruh signifikan terhadap nilai rata-rata berat *coated tablet*. Sehingga untuk pemilihan level optimalnya adalah yang mendekati nilai target karena jenis optimasi yang digunakan adalah nominal the better. Berdasarkan gambar grafik *main effect plot* parameter ini diset pada level 2.

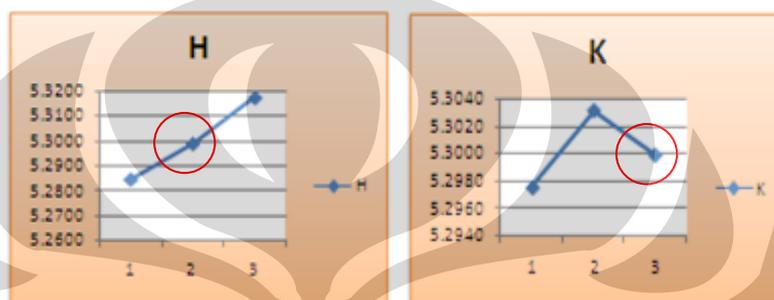


Gambar 4.19 Level Optimal Parameter *Inlet air flow*

9. Untuk parameter yang tidak signifikan berpengaruh berdasarkan tabel ANOVA yaitu parameter *Automising air* (H) dan kekerasan tablet (K) baik terhadap *S/N Ratio* maupun nilai rata-rata berat *coated tablet*, penyetelan pada level manapun yang dilakukam tidak akan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap *S/N Ratio* maupun nilai rata-rata berat *coated tablet* sehingga pemilihan level dapat

Universitas Indonesia

mempertimbangkan alasan lain yaitu kemudahan pelaksanaan yang dimungkinkan untuk proses coating tablet dan tujuan utama dalam penelitian ini adalah menyeragamkan atau menggeser nilai respon kualitas ke arah target sehingga level optimal dipilih berdasarkan main effect plot nilai rata-rata berat *coated tablet* untuk parameter *Automising air* adalah level 2 dan kekerasan tablet adalah level 3 sesuai dengan gambar grafik *main effect plot* di bawah ini.



Gambar 4.20 Level Optimal Parameter *Automising air* dan Kekerasan Tablet

Hasil dari usulan desain penyetelan semua parameter dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.20 Usulan Desain Penyetelan Optimal Parameter

	Parameter	Level	Setting
A	Drum speed	2	2.7
B	Cabinet pressure	2	-102
C	Inlet air flow	2	2198
D	Inlet air temperature	3	57
E	Exhaust temperature	1	40.2
F	Inlet humidity	2	7.3
G	Spray rate	3	165
H	Automising air	2	2.5
J	Spray width	3	3
K	Kekerasan tablet	3	8.7

4.2.5 Analisa Usulan Rancangan Penyetelan Optimal

Apabila faktor yang signifikan berpengaruh terhadap *S/N Ratio* telah didesain dengan memilih level masing-masing faktor yang optimal dan faktor yang signifikan berkontribusi terhadap nilai rata-rata respon kualitas juga telah dipilih desain penyetelan tiap level yang optimal pula, maka akan didapatkan suatu kondisi optimum secara keseluruhan. Kondisi optimum tersebut dapat diwakili oleh nilai *S/N Ratio* sebagai indikasi ketahanan proses terhadap variabilitas dan nilai rata-rata berat lapisan (*mean*) sebagai indikasi kemampuan proses memenuhi nilai target. Metode Taguchi memiliki rumus untuk memprediksi kedua nilai tersebut.

4.2.5.1 Prediksi Nilai Rancangan Penyetelan Untuk Variabilitas (*signal-to-noise ratio*)

Prediksi nilai *S/N Ratio* didapatkan dengan cara menghitung setiap efek dari level yang optimal dari tiap faktor kontrol yang dapat mengubah rata-rata nilai *S/N Ratio*. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan Taguchi (1986) dalam buku Ross (1989, hal. 73) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S/N \text{ Ratio optimal} = & \bar{T} + (\bar{A}_2 - \bar{T}) + (\bar{B}_1 - \bar{T}) + (\bar{C}_1 - \bar{T}) + (\bar{D}_1 - \bar{T}) + (\bar{E}_1 - \\
 & \bar{T}) + (\bar{F}_3 - \bar{T}) + (\bar{G}_2 - \bar{T}) + (\bar{H}_3 - \bar{T}) + (\bar{I}_3 - \bar{T}) + (\bar{J}_3 - \bar{T}) + (\bar{K}_3 - \bar{T}) + \\
 & (\bar{L}_1 - \bar{T}) + (\bar{M}_3 - \bar{T}) + (\bar{N}_1 - \bar{T}) + (\bar{O}_3 - \bar{T}) + (\bar{P}_1 - \bar{T}) + (\bar{Q}_3 - \\
 & \bar{T}) \dots\dots\dots(4.3)
 \end{aligned}$$

Dimana, \bar{T} adalah rata-rata nilai *S/N Ratio* dari keseluruhan hasil eksperimen, \bar{A}_2 adalah rata-rata nilai *S/N Ratio* untuk faktor A level 2 (kondisi optimum), dan $(\bar{A}_2 - \bar{T})$ merepresentasikan efek dari faktor A level 2 dalam mengubah nilai *S/N Ratio* dari \bar{T} menjadi \bar{A}_2 . Untuk mempermudah dalam menghitung nilai *S/N Ratio* pada kondisi operasional keseluruhan yang optimum, maka diperlukan tabel nilai *S/N Ratio* tiap level optimal dari keseluruhan faktor di bawah ini.

Tabel 4.21 Nilai *S/N Ratio* Tiap Parameter Hasil Usulan Rancangan Optimal

	Parameter	Level	Setting	Nilai SN Ratio
A	Drum speed	2	2.7	42.26
B	Cabinet pressure	2	-102	41.68
C	Inlet air flow	2	2198	42.15
D	Inlet air temperature	3	57	47.18
E	Exhaust temperature	1	40.2	46.27
F	Inlet humidity	2	7.3	45.88
G	Spray rate	3	165	43.01
H	Automising air	2	2.5	41.08
J	Spray width	3	3	40.45
K	Kekerasan tablet	3	8.7	43.39

Sedangkan untuk rata-rata nilai *S/N Ratio* dari keseluruhan hasil eksperimen adalah 42.8514 berdasarkan tabel 4.6. Sehingga, prediksi nilai *S/N Ratio* untuk usulan desain penyetelan yang optimal dengan menggunakan desain eksperimen taguchi ini adalah pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.22 Prediksi Nilai *S/N Ratio* Optimal

	Parameter	Level	Setting	Nilai SN Ratio	level optimal-T
A	Drum speed	2	2.7	42.26	-0.5914
B	Cabinet pressure	2	-102	41.68	-1.1714
C	Inlet air flow	2	2198	42.15	-0.7014
D	Inlet air temperature	3	57	47.18	4.3286
E	Exhaust temperature	1	40.2	46.27	3.4186
F	Inlet humidity	2	7.3	45.88	3.0286
G	Spray rate	3	165	43.01	0.1586
H	Automising air	2	2.5	41.08	-1.7714
J	Spray width	3	3	40.45	-2.4014
K	Kekerasan tablet	3	8.7	43.39	0.5386
SN Ratio Optimal					47.6874

$$S/N \text{ Ratio optimum} = 47.6874 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan persamaan ini pula, nilai *S/N Ratio* untuk desain penyetelan kondisi standar atau kondisi awal dalam pabrik (level 2 untuk setiap parameternya) dapat dihitung dan dibandingkan dengan nilai *S/N Ratio* optimal yang didapat sebelumnya.

Tabel 4.23 Nilai *S/N Ratio* Tiap Parameter Pada Kondisi Standard

	Parameter	Level	Setting	Nilai SN Ratio
A	Drum speed	2	2.7	42.26
B	Cabinet pressure	2	-102	41.68
C	Inlet air flow	2	2198	42.15
D	Inlet air temperature	2	56	42.31
E	Exhaust temperature	2	40.8	43.2
F	Inlet humidity	2	7.3	45.88
G	Spray rate	2	160	41.51
H	Automising air	2	2.5	41.08
J	Spray width	2	2.6	43.89
K	Kekerasan tablet	2	6.5	42.85

Sedangkan untuk rata-rata nilai *S/N Ratio* dari keseluruhan hasil eksperimen adalah 42.8514 berdasarkan tabel 4.6. Sehingga, prediksi nilai *S/N Ratio* pada penyetelan standar atau kondisi awal perusahaan adalah pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.24 Prediksi Nilai *S/N Ratio* pada Kondisi Standard

	Parameter	Level	Setting	Nilai SN Ratio	level Initial-T
A	Drum speed	2	2.7	42.26	-0.5914
B	Cabinet pressure	2	-102	41.68	-1.1714
C	Inlet air flow	2	2198	42.15	-0.7014
D	Inlet air temperature	2	56	42.31	-0.5414
E	Exhaust temperature	2	40.8	43.2	0.3486
F	Inlet humidity	2	7.3	45.88	3.0286
G	Spray rate	2	160	41.51	-1.3414
H	Automising air	2	2.5	41.08	-1.7714
J	Spray width	2	2.6	43.89	1.0386
K	Kekerasan tablet	2	6.5	42.85	-0.0014
SN Ratio Initial					41.1474

$$S/N \text{ Ratio initial} = 41,1474 \text{ dB}$$

Dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *S/N Ratio* dari usulan desain penyetelan yang optimal lebih besar jika dibandingkan dengan nilai *S/N Ratio* untuk desain penyetelan kondisi standard. Sehingga usulan desain penyetelan lebih tahan dan tidak sensitif terhadap faktor pengganggu.

4.2.5.2 Prediksi Nilai Rancangan Penyetelan Untuk Nilai Rata-rata Berat *Coated tablet*

Prediksi nilai rata-rata berat *coated tablet* dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari berat lapisan yang dihasilkan. Semakin mendekati rata-rata dari nilai target (5.3 gram) menandakan bahwa desain tersebut semakin mampu menyesuaikan rata-ratanya. Persamaan prediksi nilai *S/N Ratio* untuk usulan desain penyetelan yang optimal dengan metode Taguchi sebelumnya dapat pula digunakan untuk menghitung nilai rata-rata berat *coated tablet*, dimana, \bar{T} adalah rata-rata nilai (*mean*) berat *coated tablet* dari keseluruhan hasil eksperimen, \bar{A}_2 adalah rata-rata nilai berat *coated tablet* untuk faktor A level 2 (kondisi optimum), dan $(\bar{A}_2 - \bar{T})$ merepresentasikan efek dari faktor A level 2 dalam mengubah nilai rata-rata berat *coated tablet* dari \bar{T} menjadi \bar{A}_2 . Begitu pula untuk faktor-faktor kontrol lainnya. Untuk mempermudah dalam menghitung nilai rata-rata berat *coated tablet* pada kondisi operasional keseluruhan yang optimum, maka diperlukan tabel nilai rata-rata berat *coated tablet* tiap level optimal dari keseluruhan faktor di bawah ini.

Tabel 4.25 Nilai Rata-rata Berat *Coated tablet* Tiap Parameter Hasil Usulan Rancangan Optimal

	Parameter	Level	Setting	Means
A	Drum speed	2	2.7	5.2937
B	Cabinet pressure	2	-102	5.2926
C	Inlet air flow	2	2198	5.3003
D	Inlet air temperature	3	57	5.3102
E	Exhaust temperature	1	40.2	5.3121
F	Inlet humidity	2	7.3	5.2976
G	Spray rate	3	165	5.2915
H	Automising air	2	2.5	5.2988
J	Spray width	3	3	5.3011
K	Kekerasan tablet	3	8.7	5.2999

Sedangkan untuk nilai rata-rata berat *coated tablet* dari keseluruhan hasil eksperimen adalah 5.3002 gram berdasarkan tabel 4.5. Sehingga, prediksi nilai rata-rata berat *coated tablet* untuk usulan desain penyetelan yang optimal dengan menggunakan desain eksperimen taguchi ini adalah pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.26 Prediksi Nilai Rata-rata Berat *Coated tablet* Optimal

	Parameter	Level	Setting	Mean	level optimal-T
A	Drum speed	2	2.7	5.2937	-0.0065
B	Cabinet pressure	2	-102	5.2926	-0.0076
C	Inlet air flow	2	2198	5.3003	1.00E-04
D	Inlet air temperature	3	57	5.3102	0.01
E	Exhaust temperature	1	40.2	5.3121	0.0119
F	Inlet humidity	2	7.3	5.2976	-0.0026
G	Spray rate	3	165	5.2915	-0.0087
H	Automising air	2	2.5	5.2988	-0.0014
J	Spray width	3	3	5.3011	0.0009
K	Kekerasan tablet	3	8.7	5.2999	-0.0003
Mean Optimal					5.296

Mean optimum = 5,296 gram

Dengan menggunakan persamaan ini pula, nilai rata-rata berat *coated tablet* untuk desain penyetelan kondisi standar atau kondisi awal dalam pabrik (level 2 untuk setiap parameter) dapat dihitung dan dibandingkan dengan nilai rata-rata berat *coated tablet* optimal.

Tabel 4.27 Nilai Rata-rata Berat *Coated tablet* Tiap Parameter Pada Kondisi Standard

	Parameter	Level	Setting	Mean
A	Drum speed	2	2.7	5.2937
B	Cabinet pressure	2	-102	5.2926
C	Inlet air flow	2	2198	5.3003
D	Inlet air temperature	2	56	5.304
E	Exhaust temperature	2	40.8	5.3
F	Inlet humidity	2	7.3	5.2976
G	Spray rate	2	160	5.3046
H	Automising air	2	2.5	5.2988
J	Spray width	2	2.6	5.2949
K	Kekerasan tablet	2	6.5	5.3031

Sedangkan untuk nilai rata-rata berat *coated tablet* dari keseluruhan hasil eksperimen adalah 5.3002 gram berdasarkan tabel 4.5. Sehingga, prediksi nilai rata-rata berat *coated tablet* untuk usulan desain penyetelan yang optimal dengan menggunakan desain eksperimen taguchi ini adalah pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.28 Nilai Rata-rata Berat *Coated tablet* pada Penyetelan Kondisi Standard

	Parameter	Level	Setting	Mean	level Initial-T
A	Drum speed	2	2.7	5.2937	-0.0065
B	Cabinet pressure	2	-102	5.2926	-0.0076
C	Inlet air flow	2	2198	5.3003	1.00E-04
D	Inlet air temperature	2	56	5.304	0.0038
E	Exhaust temperature	2	40.8	5.3	-0.0002
F	Inlet humidity	2	7.3	5.2976	-0.0026
G	Spray rate	2	160	5.3046	0.0044
H	Automising air	2	2.5	5.2988	-0.0014
J	Spray width	2	2.6	5.2949	-0.0053
K	Kekerasan tablet	2	6.5	5.3031	0.0029
Mean Initial					5.2878

$$\text{Mean initial} = 5,2878 \text{ gr}$$

Perbedaan yang cukup signifikan antara nilai rata-rata berat *coated tablet* yang didapat dari penyetelan standard dan dari usulan desain penyetelan yang didapat dengan menggunakan eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi, menandakan bahwa usulan desain penyetelan yang optimal ini selain dapat meningkatkan *S/N Ratio* juga dapat menggeser nilai rata-rata berat *coated tablet* mendekati target spesifikasi jika dibandingkan dengan desain penyetelan kondisi standard atau kondisi awal.

4.2.5.3 Eksperimen Konfirmasi dengan Model *Neural Network Prediction*

Langkah terakhir dari desain eksperimen adalah eksperimen konfirmasi. Eksperimen ini dilakukan dengan melaksanakan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari parameter dan level-level hasil evaluasi sebelumnya dalam hal ini usulan desain penyetelan optimal yang telah didapat dari eksperimen Taguchi. Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang telah diperoleh selama tahap analisa.

Namun karena eksperimen konfirmasi langsung tidak memungkinkan untuk dilaksanakan dengan alasan operasional perusahaan maka eksperimen konfirmasi ini dilakukan pada model *Neural Network Prediction* seperti yang telah dilakukan pada eksperimen sebelumnya. Model ini mempunyai kelebihan dapat memprediksi berat *coated tablet* sama seperti melaksanakan eksperimen aktual pada pabrik.

Eksperimen konfirmasi ini dilakukan dengan memasukkan desain penyetelan optimal yang telah didapatkan sebelumnya pada model *NNpred* yang dilakukan pada tiga kondisi faktor pengganggu yaitu pada kondisi shift 1 (level 1), shift 2 (level 2) dan shift 3 (level 3). Hasil prediksi eksperimen konfirmasi dengan menggunakan NN pred seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.29 Prediksi Berat *Coated tablet* dengan Model *NNpred*

Berat Coated Tablet (gram)		
Shift 1	Shift 2	Shift 3
5.3036	5.3037	5.3038

Dari ketiga hasil prediksi berat *coated tablet* eksperimen konfirmasi yang didapat dengan menggunakan model NN pred di atas dapat dihitung nilai rata-rata berat *coated tablet* yaitu 5,3037 gram dengan variance nya sangat kecil yaitu 1E-08. Dari hasil eksperimen konfirmasi tersebut diketahui bahwa desain penyetelan optimum yang dihasilkan dengan menggunakan metode Taguchi terbukti dapat menggeser nilai rata-rata berat *coated tablet* ke arah target dan dapat meminimumkan variasi yang disebabkan oleh faktor pengganggu dengan kata lain usulan desain optimal ini kokoh (*robust*) atau tahan dan tidak sensitif terhadap faktor pengganggu.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Usulan desain penyetelan parameter mesin *coating tablet* yang dihasilkan melalui desain eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi terbukti optimal dan tahan terhadap faktor pengganggu untuk menghasilkan berat *coated tablet* yang memenuhi target spesifikasi. Usulan level tiap parameter pada desain penyetelan optimal yang terdiri dari 10 parameter utama antara lain *drum speed*, *cabinet pressure*, *inlet air flow*, *inlet air temperature*, *exhaust temperature*, *inlet humidity*, *spray rate*, *spray width*, *atomising air* dan kekerasan tablet harus mempertimbangkan terjadinya interaksi antar parameter. Parameter yang berinteraksi ini pemilihan levelnya dipilih dengan melihat pengaruh dari faktor tunggal terlebih dahulu terhadap S/N Ratio maupun nilai rata-rata berat *coated tablet*. Selain itu, hal penting yang perlu diperhatikan untuk pemilihan level parameter yang berinteraksi harus melihat kontribusi terbesar faktor tunggal terhadap S/N Ratio dan nilai rata-rata berat *coated tablet* baru kemudian menentukan parameter yang lainnya.

Grafik *main effect plot* sangat membantu dalam menentukan level parameter optimum. Untuk jenis optimasi *nominal the better*, dari grafik *main effect plot* untuk S/N Ratio dipilih level yang menghasilkan nilai S/N Ratio terbesar, sedangkan untuk *main effect plot* nilai rata-rata berat *coated tablet* dipilih level yang paling mendekati nilai target spesifikasi.

Parameter yang signifikan terhadap S/N Ratio berdasarkan nilai *p-value* pada tabel ANOVA, pemilihan levelnya adalah berdasarkan *main effect plot* S/N Ratio terbesar. Parameter ini disebut parameter pengontrol dispersi antara lain *inlet air temperature*, *exhaust temperature*, *spray rate*, *drum speed*, *spray width*, *cabinet pressure*, *inlet humidity* dan interaksi antara *inlet air temperature* dan *inlet humidity*.

Parameter yang signifikan terhadap nilai rata-rata berat *coated tablet* berdasarkan nilai *p-value* pada tabel ANOVA, pemilihan levelnya adalah berdasarkan *main effect plot* nilai rata-rata berat *coated tablet* yang paling dekat

dengan target (*nominal the better*). Parameter ini disebut parameter penyesuai rata-rata antara lain *drum speed*, *spray width*, *cabinet pressure* dan *inlet air flow*.

Faktor yang secara bersamaan signifikan berpengaruh terhadap S/N Ratio dan nilai rata-rata berat *coated tablet* yaitu *drum speed*, *cabinet pressure* dan *spray width*, pemilihan level optimalnya diutamakan berdasarkan pada tujuan utama penelitian ini yaitu menyeragamkan atau menggeser nilai respon kualitas ke arah target (*nominal the better*) sehingga acuan yang digunakan adalah *main effect plot* nilai rata-rata berat *coated tablet* yang menghasilkan berat *coated tablet* paling mendekati target bukan pada S/N Ratio.

Sedangkan faktor yang tidak signifikan terhadap S/N Ratio dan nilai rata-rata berat *coated tablet* berdasarkan tabel ANOVA yaitu *automising air* dan kekerasan tablet pemilihan levelnya sesuai dengan tujuan utama penelitian ini yaitu menyeragamkan atau menggeser nilai respon kualitas ke arah target dan mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan yang dimungkinkan untuk proses coating tablet di lapangan.

Desain penyetelan optimal ini mengoptimalkan nilai S/N Ratio yaitu dari S/N Ratio penyetelan pada keadaan standard 41,1474 db meningkat menjadi 47,6874 db pada usulan desain penyetelan optimal dan dapat menggeser nilai rata-rata berat *coated tablet* dari 5,287 gram pada keadaan standard menjadi 5.296 gram hasil dari desain penyetelan optimal.

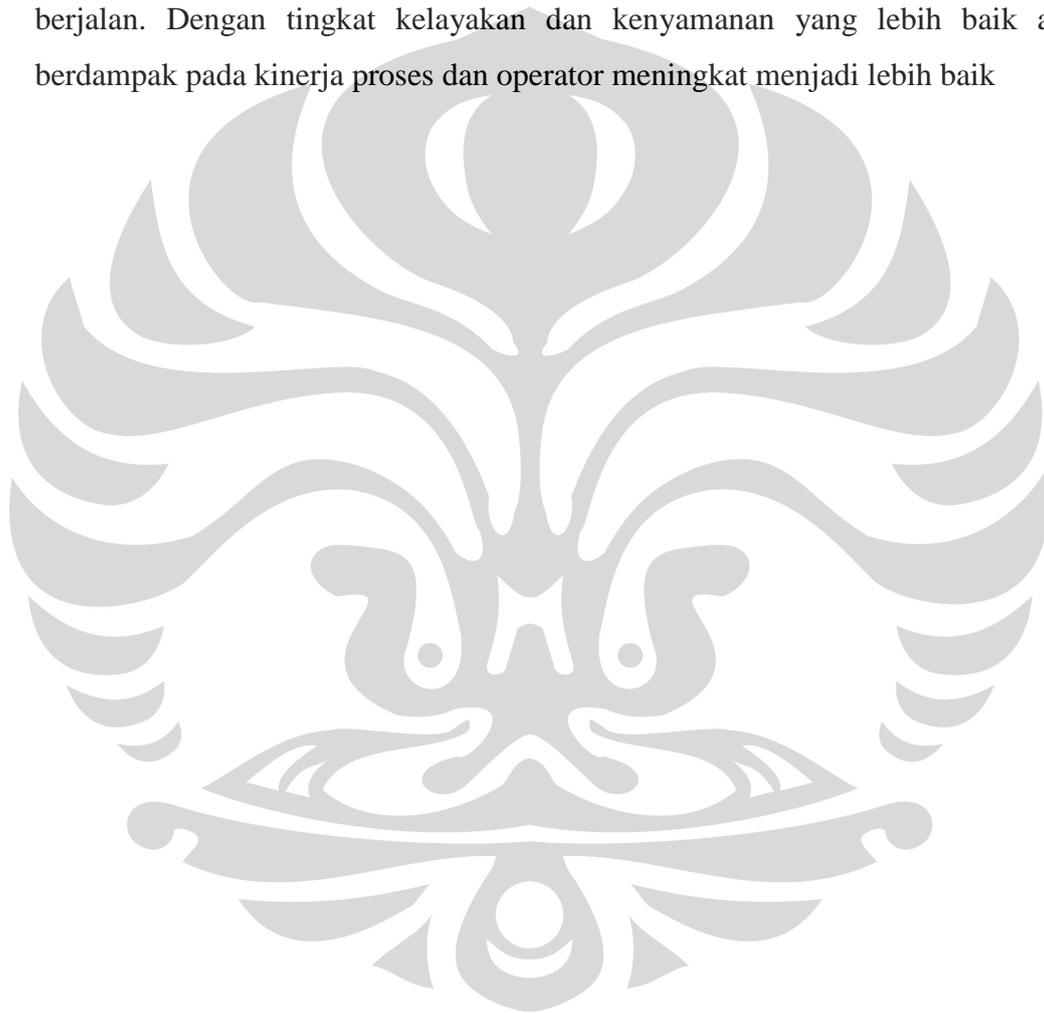
5.2 Saran

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah belum melakukan eksperimen secara riil sebagai upaya konfirmasi dan validasi oleh karena itu sebaiknya dilakukan eksperimen riil sehingga sehingga signifikansi peningkatan kualitas yang terjadi dengan melaksanakan usulan rancangan penyetelan parameter optimal yang didapat dari eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi ini dapat dihitung dan dianalisa secara tepat.

Jika eksperimen riil telah dilakukan dan berhasil diterapkan sebaiknya dilanjutkan dengan membuat SPC sehingga dapat dianalisa secara statistik *capability proses* dan kestabilan berat *coated tablet* selama proses untuk

mengontrol kualitas tetap berada pada batas kewajaran dan mengusahakan berat *coated tablet* pada target spesifikasi.

Hal terpenting yang perlu dijaga agar proses dikatakan *capable* adalah menjaga kelayakan lingkungan kerja karena lingkungan merupakan penyebab terjadinya variasi (*noise factor*). Lingkungan di sini adalah segala sesuatu di luar proses yang mempengaruhi jalannya proses *coating tablet* antara lain tingkat penerangan, sirkulasi udara, suhu ruangan dan kebersihan ruang tempat proses berjalan. Dengan tingkat kelayakan dan kenyamanan yang lebih baik akan berdampak pada kinerja proses dan operator meningkat menjadi lebih baik



DAFTAR REFERENSI

- Departemen TI UI. (n.d.). *Seri peningkatan kualitas pembelajaran TI UI-diagram keterkaitan masalah dalam skripsi dan tesis*. Maret 13, 2009.
- Guh, R. S., & Tannock, J.D.T. (1999). Recognition of Control Chart Concurrent Patterns Using a Neural Network Approach. *International Journal of Production Research*, 37, 8, 1743-65.
- Ilmi, B. (1999). Studi desain eksperimental metode Taguchi untuk proses laminasi ekstrusi polypropylene pada film oriented polypropylene. *Tesis Program Studi Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana BIT-UI, Depok*.
- Laurene, F. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: architectures, algorithms, and applications*, New Jersey: Prentice Hall.
- Mansur, R.A. (2002). Penerapan Metode Taguchi Pada Proses Pencampuran BO Kompon T-816 Untuk Menentukan Penyetelan Proses Optimum di Pabrik Ban PT GTM. *Skripsi Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok*.
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and analysis of experiment*, New York: John Willey and Sons, Inc.
- NN in excel tutorial*. (n.d.). Maret 13, 2009 [http://www.geocities.com/adotsaha/NN in excel.html](http://www.geocities.com/adotsaha/NN_in_excel.html)
- Park, S.H. (1996). *Robust design and analysis for quality engineering*, London: Chapman&Hall.
- Rich, E., & Knight, K. (1991). *Artificial intelligence*, Singapore: McGraw-Hill.
- Ross, P. J. (1989). *Taguchi techniques for quality engineering*, Singapore: McGraw-Hill.
- Setiyawan, B. (2003). *Pengantar jaringan syaraf tiruan*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*, Surabaya: Graha Ilmu.
- Sukthomya, W., & Tannock, J.D.T. (2005). Taguchi experimental design for manufacturing process optimisation using historical data and a neural network process model. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 22, 5, 485-502.

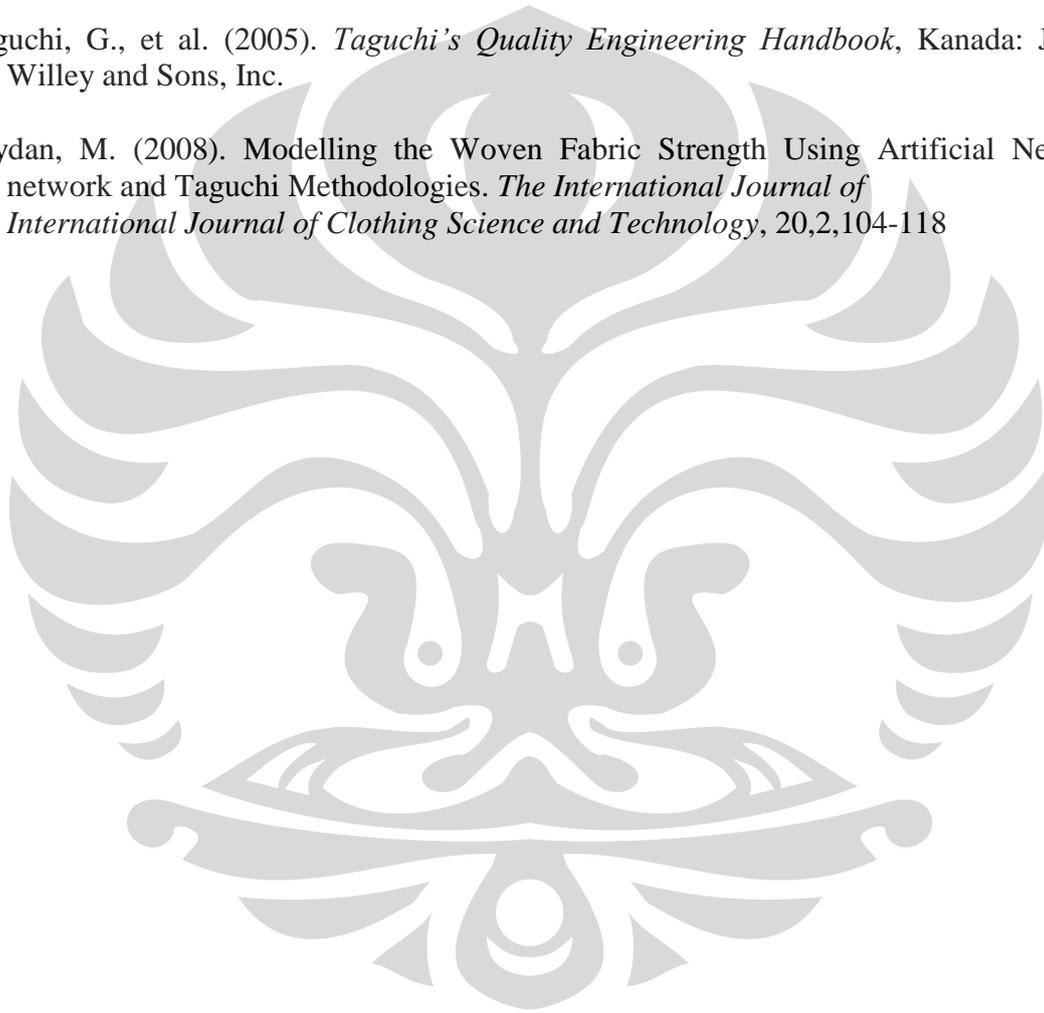
Taguchi, G., & Wu, Yu-In. (1979). *Introduction to Off-line Quality Control*. Magaya, Japan: Central Japan Quality Control Associates.

Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering*. Tokyo: Asian Productivity Organization.

Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design*, vols 1 and 2. White Plains, NY: Quality Resources, and Dearborn, MI, American Supplier Institute.

Taguchi, G., et al. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*, Kanada: John Willey and Sons, Inc.

Zeydan, M. (2008). Modelling the Woven Fabric Strength Using Artificial Neural network and Taguchi Methodologies. *The International Journal of International Journal of Clothing Science and Technology*, 20,2,104-118





Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred*

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	3	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	3	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4

2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
-----	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-98	2189	56.8	41.5	7.7	150	2	2.5	6.5	2	5.319
2.5	-101	2181	57	42	7.2	150	2.5	2.5	6.96	3	5.26
2.5	-109	2256	56.9	41.5	7.7	150	2.5	2.5	7.04	3	5.289
2.5	-108	2214	56.7	42.5	7.5	150	2.5	2.5	7.3	3	5.294
2.5	-97	2193	56.3	42	7.8	150	2.5	2.5	6.38	2	5.356
3	-103.4	2218	53.9	41.4	7.4	157	3	3	7.89	3	5.234
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	3	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-95.6	2197.5	55.8	41.5	7.6	160.5	2.3	2.5	6.8	3	5.257
2.5	-101	2198	56	40.8	7.3	160	2	2.5	7.2	3	5.248
2.5	-101	2198	55	45	7.3	150	2	2.5	6.6	2	5.32
2.5	-101	2200	57	41.5	7.8	150	2	2.5	6.5	1	5.23

2.5	-100	2193	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.96	2	5.347
-----	------	------	----	------	-----	-----	---	-----	------	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-99	2206	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.75	2	5.387
2.5	-105	2179	56.4	41.5	7.1	150	2	2.5	6.8	1	5.189
2.5	-98	2189	56.8	41.5	7.7	150	2	2.5	6.5	2	5.319
2.5	-101	2181	57	42	7.2	150	2.5	2.5	6.96	3	5.26
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31

2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
-----	-----	------	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	3	5.23
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32

2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
-----	-----	------	------	----	-----	-----	---	-----	-----	---	------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	1	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	2	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	3	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256

2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
-----	------	------	------	----	-----	-----	---	---	-----	---	------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	3	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	2	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256

2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
-----	------	------	----	----	-----	-----	-----	-----	------	---	-----

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	3	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-95.6	2197.5	55.8	41.5	7.6	160.5	2.3	2.5	6.8	3	5.257
2.5	-101	2198	56	40.8	7.3	160	2	2.5	7.2	1	5.248
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3

3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
---	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	2	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	1	5.267
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31

2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	1	5.289
-----	-----	------	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31

2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
-----	-----	------	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-95.6	2197.5	55.8	41.5	7.6	160.5	2.3	2.5	6.8	3	5.257
2.5	-101	2198	56	40.8	7.3	160	2	2.5	7.2	3	5.248
2.5	-101	2198	55	45	7.3	150	2	2.5	6.6	2	5.32
2.5	-101	2200	57	41.5	7.8	150	2	2.5	6.5	3	5.23
2.5	-100	2193	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.96	2	5.347
2.5	-99	2206	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.75	2	5.387
2.5	-105	2179	56.4	41.5	7.1	150	2	2.5	6.8	1	5.189
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	2	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	3	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43

2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
-----	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	1	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-101	2198	55	45	7.3	150	2	2.5	6.6	2	5.32

2.5	-101	2200	57	41.5	7.8	150	2	2.5	6.5	3	5.23
-----	------	------	----	------	-----	-----	---	-----	-----	---	------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-100	2193	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.96	2	5.347
2.5	-99	2206	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.75	2	5.387
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-95.6	2197.5	55.8	41.5	7.6	160.5	2.3	2.5	6.8	3	5.257
2.5	-101	2198	56	40.8	7.3	160	2	2.5	7.2	3	5.248
2.5	-101	2198	55	45	7.3	150	2	2.5	6.6	2	5.32
2.5	-101	2200	57	41.5	7.8	150	2	2.5	6.5	1	5.23
2.5	-100	2193	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.96	2	5.347
2.5	-99	2206	57	41.5	7.1	150	2	2.5	6.75	2	5.387
2.5	-105	2179	56.4	41.5	7.1	150	2	2.5	6.8	1	5.189
2.5	-98	2189	56.8	41.5	7.7	150	2	2.5	6.5	2	5.319

2.5	-101	2181	57	42	7.2	150	2.5	2.5	6.96	1	5.26
-----	------	------	----	----	-----	-----	-----	-----	------	---	------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23

2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
-----	------	------	------	------	-----	-----	---	---	-----	---	------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267

2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
-----	------	------	----	------	-----	-----	---	---	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256

2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
-----	------	------	----	----	-----	-----	-----	-----	------	---	-----

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342
2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231

2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
-----	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-95.6	2197.5	55.8	41.5	7.6	160.5	2.3	2.5	6.8	3	5.257
2.5	-101	2198	56	40.8	7.3	160	2	2.5	7.2	3	5.248
2.5	-101	2198	56	40.8	7.7	160	2	3	6.8	1	5.231
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	3	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289

3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
---	-----	------	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.5	-98	2197	55	45	7	150	2.5	2.5	6.26	1	5.2
3	-108	2185	55	42.1	7.8	160	3	2.5	5.6	1	5.23
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32
2.8	-99	2185	56.8	43	7.5	155	2	2.5	8.7	2	5.43
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-96	2187	56	40.2	7.6	150	2.5	2.5	6.5	1	5.256
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
2.5	-95	2203	56	43.2	7.3	160	2.5	2.5	7.2	2	5.342

2.5	-101	2199	55	45	7.3	165	2	2.5	7.1	1	5.2
-----	------	------	----	----	-----	-----	---	-----	-----	---	-----

Lampiran 1 : Data Historis untuk Proses Pembelajaran *NNpred* (Lanjutan)

PARAMETER PENYETELAN (INPUT)											OUTPUT
Drum speed	Cabinet pressure	Inlet air flow	Inlet air temperature	Exhaust temperature	Inlet humidity	Spray rate	Automising air	Spray width	Kekerasan tablet	Shift	Berat coated tablet (gram)
2.5	-99	2189	55.6	40.8	7.3	160	2	3	6.1	1	5.23
2.8	-102	2202	55.6	41	7.4	160	2	3	7.2	2	5.36
2.8	-63	2198	56	40.8	7.9	150	2	3	6.9	3	5.267
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2187	55	40.2	7.3	160	2	2.5	6.1	2	5.31
2.5	-63	2205	56	45	7.9	165	2.5	2.5	7.2	3	5.289
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	3	5.29
2.5	-102	2205	56	41	7.8	160	2.5	2.5	6.75	2	5.3
3	-98	2198	56	41.3	7.7	160	2.5	2.5	6.5	2	5.4
3	-99	2196	56	40.8	7.5	165	2.5	2.5	6.95	1	5.29
2.8	-103	2210	56.9	43.8	7.3	165	3	3	6.4	2	5.32

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred*

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
1	0.00337792	0.99%	0.002920674	0.91%
2	0.001133978	0.54%	0.001319228	0.55%
3	0.000825521	0.46%	0.000920859	0.45%
4	0.00067958	0.42%	0.000688771	0.39%
5	0.000593678	0.39%	0.000555612	0.35%
6	0.000537047	0.37%	0.000475729	0.33%
7	0.000495037	0.35%	0.000422726	0.31%
8	0.000461128	0.33%	0.000383637	0.29%
9	0.000432413	0.32%	0.000352294	0.28%
10	0.00040749	0.30%	0.000325731	0.26%
11	0.000385596	0.29%	0.000302469	0.25%
12	0.000366257	0.28%	0.000281736	0.24%
13	0.000349135	0.27%	0.000263105	0.23%
14	0.000333964	0.26%	0.000246313	0.22%
15	0.000320513	0.24%	0.000231174	0.21%
16	0.000308576	0.24%	0.000217538	0.20%
17	0.000297968	0.23%	0.000205269	0.19%
18	0.00028852	0.22%	0.000194239	0.18%
19	0.000280082	0.21%	0.000184325	0.17%
20	0.000272522	0.20%	0.00017541	0.17%
21	0.000265725	0.20%	0.000167389	0.16%
22	0.000259592	0.19%	0.000160162	0.15%
23	0.000254039	0.19%	0.000153643	0.15%
24	0.000248992	0.18%	0.000147755	0.14%
25	0.000244391	0.18%	0.000142428	0.14%
26	0.000240185	0.17%	0.000137603	0.14%
27	0.000236328	0.17%	0.000133227	0.13%
28	0.000232783	0.17%	0.000129256	0.13%
29	0.000229518	0.16%	0.000125649	0.13%
30	0.000226503	0.16%	0.000122372	0.12%
31	0.000223714	0.16%	0.000119394	0.12%
32	0.00022113	0.16%	0.000116687	0.12%
33	0.000218731	0.15%	0.000114229	0.12%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
34	0.000216501	0.15%	0.000111997	0.11%
35	0.000214423	0.15%	0.000109972	0.11%
36	0.000212484	0.15%	0.000108137	0.11%
37	0.00021067	0.15%	0.000106477	0.11%
38	0.000208971	0.14%	0.000104975	0.11%
39	0.000207376	0.14%	0.000103622	0.11%
40	0.000205876	0.14%	0.000102403	0.11%
41	0.000204461	0.14%	0.000101309	0.10%
42	0.000203123	0.14%	0.00010033	0.10%
43	0.000201856	0.14%	0.000099456	0.10%
44	0.000200652	0.14%	0.00009868	0.10%
45	0.000199505	0.14%	0.000097994	0.10%
46	0.00019841	0.14%	0.000097392	0.10%
47	0.00019736	0.14%	0.000096866	0.10%
48	0.000196353	0.14%	0.000096412	0.10%
49	0.000195382	0.13%	0.000096024	0.10%
50	0.000194445	0.13%	0.000095698	0.10%
51	0.000193537	0.13%	0.000095428	0.10%
52	0.000192656	0.13%	0.000095211	0.10%
53	0.000191798	0.13%	0.000095043	0.10%
54	0.000190961	0.13%	0.000094921	0.10%
55	0.000190141	0.13%	0.000094841	0.10%
56	0.000189338	0.13%	0.000094801	0.10%
57	0.000188547	0.13%	0.000094797	0.10%
58	0.000187769	0.13%	0.000094828	0.10%
59	0.000187	0.13%	0.00009489	0.10%
60	0.00018624	0.13%	0.000094982	0.10%
61	0.000185487	0.13%	0.000095101	0.10%
62	0.000184739	0.13%	0.000095245	0.10%
63	0.000183995	0.13%	0.000095413	0.10%
64	0.000183255	0.13%	0.000095603	0.10%
65	0.000182517	0.13%	0.000095813	0.10%
66	0.00018178	0.13%	0.000096041	0.10%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
67	0.000181044	0.13%	0.000096286	0.10%
68	0.000180307	0.13%	0.000096545	0.10%
69	0.000179569	0.13%	0.000096819	0.10%
70	0.00017883	0.13%	0.000097104	0.10%
71	0.000178088	0.13%	0.000097401	0.10%
72	0.000177344	0.13%	0.000097707	0.10%
73	0.000176597	0.13%	0.000098021	0.10%
74	0.000175846	0.13%	0.000098343	0.10%
75	0.000175091	0.13%	0.00009867	0.10%
76	0.000174333	0.13%	0.000099002	0.10%
77	0.00017357	0.13%	0.000099337	0.10%
78	0.000172802	0.13%	0.000099675	0.10%
79	0.00017203	0.13%	0.000100015	0.10%
80	0.000171252	0.13%	0.000100355	0.10%
81	0.00017047	0.13%	0.000100695	0.10%
82	0.000169683	0.13%	0.000101034	0.10%
83	0.000168891	0.13%	0.000101372	0.10%
84	0.000168093	0.13%	0.000101706	0.10%
85	0.00016729	0.13%	0.000102037	0.10%
86	0.000166482	0.13%	0.000102364	0.10%
87	0.000165669	0.13%	0.000102686	0.10%
88	0.000164851	0.13%	0.000103003	0.10%
89	0.000164028	0.13%	0.000103314	0.10%
90	0.0001632	0.13%	0.000103619	0.10%
91	0.000162367	0.13%	0.000103917	0.10%
92	0.00016153	0.13%	0.000104208	0.10%
93	0.000160687	0.13%	0.000104491	0.10%
94	0.00015984	0.13%	0.000104767	0.10%
95	0.00015899	0.13%	0.000105034	0.10%
96	0.000158135	0.13%	0.000105293	0.10%
97	0.000157275	0.13%	0.000105543	0.10%
98	0.000156412	0.13%	0.000105784	0.10%
99	0.000155545	0.13%	0.000106015	0.10%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
100	0.000154675	0.13%	0.000106237	0.10%
101	0.000153801	0.13%	0.00010645	0.10%
102	0.000152924	0.13%	0.000106653	0.10%
103	0.000152044	0.13%	0.000106846	0.10%
104	0.000151161	0.12%	0.000107028	0.10%
105	0.000150275	0.12%	0.0001072	0.10%
106	0.000149386	0.12%	0.000107363	0.10%
107	0.000148495	0.12%	0.000107515	0.10%
108	0.000147602	0.12%	0.000107656	0.10%
109	0.000146707	0.12%	0.000107786	0.10%
110	0.000145809	0.12%	0.000107907	0.10%
111	0.00014491	0.12%	0.000108016	0.10%
112	0.00014401	0.12%	0.000108115	0.10%
113	0.000143107	0.12%	0.000108203	0.10%
114	0.000142203	0.12%	0.000108281	0.10%
115	0.000141298	0.12%	0.000108347	0.10%
116	0.000140392	0.12%	0.000108403	0.10%
117	0.000139484	0.12%	0.000108448	0.10%
118	0.000138576	0.12%	0.000108482	0.10%
119	0.000137667	0.12%	0.000108506	0.10%
120	0.000136757	0.12%	0.000108518	0.10%
121	0.000135846	0.12%	0.00010852	0.10%
122	0.000134935	0.12%	0.000108511	0.10%
123	0.000134024	0.12%	0.000108491	0.10%
124	0.000133112	0.12%	0.000108461	0.10%
125	0.0001322	0.12%	0.00010842	0.10%
126	0.000131287	0.12%	0.000108368	0.10%
127	0.000130375	0.12%	0.000108306	0.10%
128	0.000129462	0.12%	0.000108234	0.10%
129	0.00012855	0.12%	0.000108151	0.10%
130	0.000127637	0.12%	0.000108057	0.10%
131	0.000126725	0.11%	0.000107953	0.10%
132	0.000125813	0.11%	0.000107839	0.10%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
133	0.000124901	0.11%	0.000107716	0.10%
134	0.00012399	0.11%	0.000107582	0.10%
135	0.000123079	0.11%	0.000107438	0.10%
136	0.000122168	0.11%	0.000107285	0.10%
137	0.000121258	0.11%	0.000107122	0.10%
138	0.000120349	0.11%	0.000106949	0.10%
139	0.00011944	0.11%	0.000106768	0.10%
140	0.000118532	0.11%	0.000106577	0.10%
141	0.000117625	0.11%	0.000106377	0.10%
142	0.000116719	0.11%	0.000106168	0.10%
143	0.000115813	0.11%	0.000105951	0.10%
144	0.000114909	0.11%	0.000105725	0.10%
145	0.000114006	0.11%	0.000105491	0.10%
146	0.000113103	0.11%	0.000105249	0.10%
147	0.000112202	0.11%	0.000104999	0.10%
148	0.000111303	0.11%	0.000104741	0.10%
149	0.000110404	0.11%	0.000104476	0.10%
150	0.000109508	0.11%	0.000104204	0.10%
151	0.000108612	0.11%	0.000103925	0.09%
152	0.000107719	0.11%	0.000103639	0.09%
153	0.000106827	0.10%	0.000103346	0.09%
154	0.000105937	0.10%	0.000103048	0.09%
155	0.000105048	0.10%	0.000102744	0.09%
156	0.000104162	0.10%	0.000102433	0.09%
157	0.000103278	0.10%	0.000102118	0.09%
158	0.000102396	0.10%	0.000101797	0.09%
159	0.000101516	0.10%	0.000101471	0.09%
160	0.000100639	0.10%	0.000101141	0.09%
161	0.000099765	0.10%	0.000100806	0.09%
162	0.000098892	0.10%	0.000100467	0.09%
163	0.000098023	0.10%	0.000100125	0.09%
164	0.000097157	0.10%	0.000099779	0.09%
165	0.000096294	0.10%	0.00009943	0.09%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
166	0.000095433	0.10%	0.000099078	0.09%
167	0.000094576	0.10%	0.000098723	0.09%
168	0.000093722	0.10%	0.000098365	0.09%
169	0.000092872	0.10%	0.000098006	0.09%
170	0.000092025	0.10%	0.000097645	0.09%
171	0.000091182	0.10%	0.000097283	0.09%
172	0.000090343	0.09%	0.000096919	0.09%
173	0.000089507	0.09%	0.000096554	0.08%
174	0.000088676	0.09%	0.000096188	0.08%
175	0.000087848	0.09%	0.000095822	0.08%
176	0.000087025	0.09%	0.000095456	0.08%
177	0.000086206	0.09%	0.00009509	0.08%
178	0.000085391	0.09%	0.000094724	0.08%
179	0.000084581	0.09%	0.000094358	0.08%
180	0.000083776	0.09%	0.000093993	0.08%
181	0.000082975	0.09%	0.00009363	0.08%
182	0.000082179	0.09%	0.000093267	0.08%
183	0.000081388	0.09%	0.000092907	0.08%
184	0.000080602	0.09%	0.000092547	0.08%
185	0.00007982	0.09%	0.00009219	0.08%
186	0.000079044	0.09%	0.000091834	0.08%
187	0.000078273	0.09%	0.000091481	0.08%
188	0.000077507	0.09%	0.000091131	0.08%
189	0.000076746	0.09%	0.000090783	0.08%
190	0.000075991	0.09%	0.000090438	0.08%
191	0.000075241	0.09%	0.000090095	0.08%
192	0.000074497	0.08%	0.000089756	0.08%
193	0.000073758	0.08%	0.00008942	0.08%
194	0.000073024	0.08%	0.000089088	0.08%
195	0.000072296	0.08%	0.000088759	0.08%
196	0.000071573	0.08%	0.000088434	0.08%
197	0.000070856	0.08%	0.000088113	0.08%

Lampiran 2 : Data Error Model Tiruan *NNpred* (Lanjutan)

Epoch	Avg. error per Input (Original Scale) (Training Set)		Avg. error per Input (Original Scale) (Validation Set)	
	MSE (Original Scale)	ARE (%)	MSE (Original Scale)	ARE (%)
198	0.000070144	0.08%	0.000087795	0.08%
199	0.000069438	0.08%	0.000087482	0.08%
200	0.000068737	0.08%	0.000087172	0.08%

