

**DESAIN SETTING PARAMETER TAGUCHI
UNTUK OPTIMASI KETEBALAN LAPISAN
DALAM PROSES LAMINASI
DENGAN MODEL *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
PADA INDUSTRI PEMBUATAN KEMASAN PRODUK**

SKRIPSI

AHMAD BARLIANTA

0606076904



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

**DESAIN SETTING PARAMETER TAGUCHI
UNTUK OPTIMASI KETEBALAN LAPISAN
DALAM PROSES LAMINASI
DENGAN MODEL *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
PADA INDUSTRI PEMBUATAN KEMASAN PRODUK**

SKRIPSI

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

AHMAD BARLIANTA

0606076904



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

PERNYATAAN ORISINALITAS

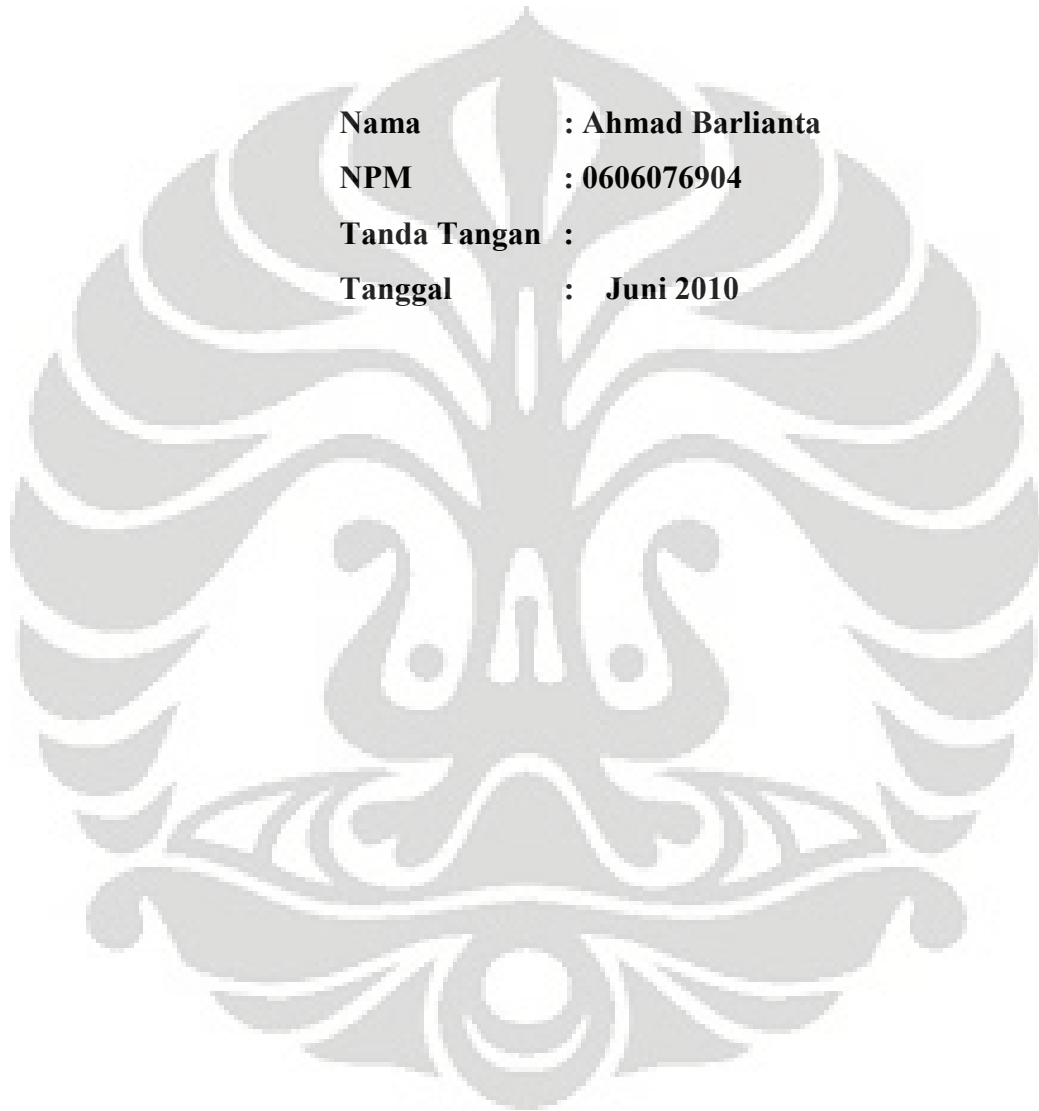
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ahmad Barlianta

NPM : 0606076904

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2010



PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ahmad Barlianta
NPM : 0606076904
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Desain Parameter Taguchi untuk Optimasi Ketebalan Lapisan dalam Proses Laminasi dengan Model *Artificial Neural Network* pada Industri Pembuatan Kemasan Produk

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Z. M.Eng. Sc. (.....)

Penguji 1 : Ir. Dendi P. Ishak, M.Si. (.....)

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

Penguji 3 : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : juni 2010

Universitas Indonesia

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi tugas akhir untuk meraih gelar Sarjana Teknik Jurusan Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel M.Eng. Sc. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Seluruh karyawan Samudra Montaz Packaging Industry, antara lain : Pak Franky selaku manajer produksi, Pak Roji, Pak Budi dan yang lainnya yang telah banyak membantu penulis dalam usaha memperoleh data yang diperlukan;
- (3) Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan baik moril dan materiil kepada penulis;
- (4) Saudara-saudara saya yang telah memberikan dukungannya agar penulis tetap semangat menyelesaikan skripsi ini;
- (5) Ema Farikhatin dan Mona Ariesta, sebagai partner skripsi yang selalu menemani dari awal hingga akhir pembuatan skripsi ini;
- (6) Teman-teman Teknik Industri 2005 khususnya teman-teman satu bimbingan, Suryaningsih, Nurul Fikri Maulana, Shinta Naulyta, dan Debby Cyntia, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam proses pengerjaan skripsi;
- (7) Teman-teman di PPSDMS Nurul Fikri yang juga memberikan dukungan kepada penulis baik moriil maupun materiil.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam cara penulisan maupun pengumpulan dan pengolahan

data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dari para pembaca agar menjadi masukan untuk penulisan-penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca dan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Depok, 24 Juni 2010

Penulis

Ahmad Barlianta
NPM. 0606076904



Universitas Indonesia

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

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

Nama : Ahmad Barlianta
NPM : 0606076904
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

**Desain Setting Parameter Taguchi untuk Optimasi Ketebalan Lapisan dalam
Proses Laminasi dengan Model *Artificial Neural Network* pada Industri
Pembuatan Kemasan Produk**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (datahouse), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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

(Ahmad Barlianta)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Ahmad Barlianta
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Desain Setting Parameter Taguchi untuk Optimasi Ketebalan Lapisan dalam Proses Laminasi dengan Model *Artificial Neural Network* pada Industri Pembuatan Kemasan Produk

Penelitian ini menjelaskan bagaimana optimasi dari setiap kombinasi faktor dalam proses laminasi dapat dicapai dengan menggunakan metode Taguchi yang ditopang oleh model simulasi *Neural Network*. Model yang dibangun dari *Neural Network* memudahkan pencarian data eksperimen tanpa melakukan eksperimen tersebut secara aktual. Penulis juga menghitung berapa biaya kualitas dari proses tersebut pada keadaan awal dan keadaan sesudah dilakukan pendekatan optimasi dengan dua metode di atas. Dengan analisa yang didasari kedua metode tadi, maka dapat dianalisa seberapa besar nilai *Taguchi Expected Loss* dari proses tersebut. Penulis menghitung biaya produksi ini dengan menggunakan pendekatan *Taguchi Loss Function* sebagai basis kriteria biaya kualitas.

Kata Kunci :

Optimasi proses laminasi, metode Taguchi, *Neural Network Model*, *Taguchi Loss Function*, biaya kualitas.

ABSTRACT

Name : Ahmad Barlianta
Study Program : Industrial Engineering
Title : Taguchi Experimental Design of Parameter Setting for Thickness Optimization of Laminates with Artificial Neural Network Models in the Packaging Industry

This study describes how the optimization of each combination in the process of lamination can be achieved by using the Taguchi method and combination with Neural Network. Model was built from neural network model to search for experimental data without performing the actual experiments. The author also calculates how much its quality costs of the process in the initial condition and circumstances after the optimization approach. With both methods of analysis, it can analyze how much the value of Taguchi Expected Loss of the process. The author calculates the production cost by using the approach of Taguchi Loss Function as the basis of criteria of quality costs.

Keyword:

Optimization of lamination process, Taguchi method, Neural Network Models, Taguchi Loss Function, the cost of quality.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
1.3 Perumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian	7
1.4 Metodologi Penelitian	7
1.5 Sistematika Penulisan.....	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Definisi Kualitas.....	14
2.2 Rekayasa Kualitas	16
2.2.1 Rekayasa Kualitas dalam Metode Taguchi	16
2.2.2 Desain Eksperimen Taguchi.....	17
2.2.2.1 Faktor Gangguan (<i>Noise</i>)	18
2.2.2.2 Peran Desain Eksperimen dalam Rekayasa Kualitas	18
2.3 Perancangan Proses	19
2.3.1 Kontrol Kualitas <i>Off-line</i>	20

2.3.2 Kontrol Kualitas <i>On-line</i>	21
2.4 Desain Kokoh (<i>Robust Engineering</i>).....	22
2.4.1 <i>Signal to Noisde Ratio</i> (S/N Rasio).....	22
2.4.2 <i>Orthogonal Array</i>	25
2.5 Konsep Biaya Kualitas	26
2.5.1 Kualitas, Produktivitas dan Posisi Kompetitif	27
2.5.2 Taguchi <i>Loss Function</i>	28
2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>).....	29
2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan <i>Artificial Neural Network</i>	30
2.6.2 Bagian-Bagian dari Neuron.....	30
2.6.3 Arsitektur <i>Neural Network</i>	32
2.6.4 Proses Pembelajaran pada <i>Neural Network</i>	34
2.7 Penelitian Terkait	36
2.7.1 C Y Song, Y W Park, H R Kim, K Y Lee, dan J Lee, 2007	36
2.7.2 Ahmet Tortum, Nadir Yayla, Cafer Celik, dan Mahir Gokdag, 2007..	36
2.7.3 Chun-Chih Chen , Ming-Chuen Chuang, 2008.....	37
2.7.4 Ram Ganeshan, Shailesh Kulkarni, dan Tonya Boone, 2001	38
2.7.5 Shailesh Kulkarni, 2008	38
BAB 3 PENGUMPULAN DATA.....	40
3.1 Proses Produksi.....	41
3.1.1 <i>Ekstrusion Laminating</i> pada EC3	41
3.2 Pengumpulan Data Historis.....	43
3.2.1 Material	44
3.2.2 Parameter Kondisi Operasional	45
3.2.3 Kualitas Produksi	45
3.3 Desain Parameter Taguchi.....	46

3.3.1 Menentukan Level dan Faktor Kontrol	46
3.3.2 Menentukan Level dan Faktor Gangguan (<i>Noise</i>)	49
3.3.3 Penentuan Matriks <i>Orthogonal Array</i>	49
BAB 4 ANALISA DA PEMBAHASAN.....	51
4.1 Model Tiruan <i>Neural Network</i>	51
4.2 Pelaksanaan Eksperimen dengan Model Tiruan.....	56
4.3 ANOVA untuk <i>S/N Ratio</i> dan <i>Mean</i>	62
4.4 Pembentukan <i>Main Effects Plots</i>	65
4.4.1 <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>S/N Ratio</i>	65
4.4.2 <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>Mean</i>	66
4.5 Analisa <i>Main Effects Plots</i>	71
4.5.1 Analisa <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>S/N Ratio</i>	71
4.5.2 Analisa <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>Mean</i>	72
4.5.3 Usulan Desain Penyetelan Faktor.....	73
4.5.4 Prediksi Nilai <i>S/N Ratio</i>	75
4.5.5 Prediksi Nilai Rata-Rata Ketebalan.....	76
4.5.6 Prediksi Nilai Rata-Rata Ketebalan dengan <i>Neural Network</i>	77
4.6 Analisa Taguchi <i>Loss Function</i>	78
BAB 5 KESIMPULAN.....	81
DAFTAR REFERENSI	82
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kontrol Kualitas pada Setiap Tahapan Produk.....	20
Tabel 2.2 Karakteristik Kualitas	22
Tabel 2.3 Orthogonal Array $L_8(2^7)$	26
Tabel 3.1 Kualitas Proses Data Historis	46
Tabel 3.2 Faktor Kontrol Beserta Levelnya	48
Tabel 3.3 Faktor Pengganggu Beserta Levelnya	49
Tabel 3.4 Orthogonnal Array L_{54}	50
Tabel 4.1 Tipe Variabel Model Tiruan NN	54
Tabel 4.2 Parameter Model Tiruan NN	55
Tabel 4.3 Data Prediksi <i>Error</i> Model Tiruan NN.....	56
Tabel 4.4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN.....	57
Tabel 4.5 Analisis Varian untuk <i>S/N Ratio</i>	63
Tabel 4.6 Analisis Varian untuk Means.....	64
Tabel 4.7 Faktor yang Berpengaruh Signifikan terhadap <i>S/N Ratio</i> dan <i>Mean</i>	64
Tabel 4.8 Rata-Rata <i>S/N Ratio</i> untuk Setiap Parameter Level	67
Tabel 4.9 Rata-Rata Ketebalan untuk Setiap Parameter Level.....	68
Tabel 4.10 Hasil Usulan Desain Penyetelan.....	74
Tabel 4.11 Desain Standar Penyetelan	75
Tabel 4.12 Prediksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan.....	77
Tabel 4.13 Perhitungan <i>S/N Ratio</i> dan Perubahan Taguchi <i>Loss</i>	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah Proses Laminasi Ekstrusi	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 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas	23
Gambar 2.2 Lambang <i>Orthogonal Array</i>	25
Gambar 2.3 Model Lama vs Model Baru dalam Pengendalian Kualitas Produk	27
Gambar 2.4 Taguchi Loss Function	28
Gambar 2.6 Bentuk Dasar <i>Neuron</i>	31
Gambar 2.7 Fungsi Transformasi Neuron	31
Gambar 2.8 Arsitektur Dasar <i>Neural Network</i>	32
Gambar 2.9 <i>Single-layer Neural Network</i>	33
Gambar 2.10 <i>Multilayer Perceptron Neural Network</i>	34
Gambar 2.11 Recurrent Network	34
Gambar 2.12 <i>Supervised Learning</i>	35
Gambar 3. 1 Bagan Proses Laminasi Ekstrusi	42
Gambar 3. 2 Pembagian Sampel ketebalan Lapisan	44
Gambar 3.3 Struktur Lapisan Produk	45
Gambar 4.1 <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>S/N Ratio</i>	69
Gambar 4.2 <i>Main Effects Plot</i> untuk <i>Mean</i>	70
Gambar 4.3 Grafik Perubahan <i>S/N Ratio</i> vs Pengurangan Loss	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Input Data Historis pada Model Neural Network 83



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peta persaingan dalam dunia industri baik di Indonesia apalagi di dunia sudah semakin ketat. Oleh karena itu, setiap perusahaan manufaktur maupun jasa berlomba-lomba untuk meningkatkan performa perusahaan mereka dari waktu ke waktu, yakni dengan meningkatkan kualitas produk dan jasa yang mereka hasilkan.

Pada awal perkembangannya, prinsip kualitas dalam industri manufaktur lebih menekankan pada konsistensi kualitas produk yang dihasilkan agar tetap berada pada standar tertentu. Artinya jika dalam sebuah *line* produksi menghasilkan produk yang masih dalam *range* kualitas, maka produk dianggap masih dapat diterima. Pengertian ini melahirkan pendekatan kontrol kualitas (inspeksi produk) yang lebih menekankan pada kualitas hasil/produk (*quality control*). Selanjutnya, pada era awal ini inspeksi produk menjadi senjata utama dalam mempertahankan kualitas.

Dengan perkembangan teknologi, prinsip kualitas bergeser dari inspeksi produk menjadi penjaminan kualitas (*quality assurance*) lewat upaya peningkatan kualitas secara berkesinambungan. Akhirnya, paradigma yang berkembang dalam bidang kualitas saat ini adalah bagaimana menciptakan sebuah proses yang baik. Hal ini didasari oleh prinsip bahwa, jika input material dan proses yang dilakukan berkualitas tinggi, maka akan menghasilkan output yang berkualitas tinggi pula.

Jika dilihat dari perkembangan kebutuhan konsumen, maka perusahaan-perusahaan saat ini bersaing ketat dalam dua hal, yakni harga dan kualitas. Mungkin di awal revolusi industri, konsumen belum begitu mementingkan unsur kualitas, akan tetapi masih berorientasi pada harga. Oleh karena itu, pada era ini perusahaan berlomba-lomba memproduksi produknya secara massal.

Namun, seiring berjalannya waktu, konsumen mulai memperhatikan kualitas dari produk yang dihasilkan. Kualitas akhirnya menjadi faktor penting bagi setiap perusahaan dalam meningkatkan profit. Maka dari itu, muncullah

pendekatan-pendekatan produksi yang tidak hanya memikirkan kuantitas, melainkan juga kualitas produknya. Harga dan kualitas sudah menjadi perhatian utama setiap perusahaan dalam menjalankan proses produksinya. Dua aspek ini didapat dari penjaminan kualitas yang dicapai dengan mengoptimasi proses produksi dan akhirnya berimplikasi pada efektivitas biaya dalam mencapai target produksi.

Dari sekian banyak konsep kualitas yang ada, ada salah satu metode yang dibangun oleh seorang insinyur kelahiran Jepang bernama Dr. Genichi Taguchi. Ia membangun sebuah metode implementatif yang saat ini dikenal dengan metode Taguchi. Metode ini berorientasi pada tiga objektif besar, yaitu membangun kondisi optimum dari proses produksi, memperkirakan kontribusi setiap faktor yang berpengaruh dalam proses produksi, dan memperkirakan respon yang terjadi dari kondisi optimum ini.

Metode rekayasa kualitas ini mulai diperkenalkan secara luas oleh Genichi Taguchi pada tahun 1985 melalui publikasi jurnal *American Society for Quality Control*. Metode ini menjadikan proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*). Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk merancang proses sehingga prosesnya menjadi kokoh terhadap kondisi lingkungan. Selain itu, desain eksperimen ini juga menghasilkan rancangan proses yang menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, yakni dengan meminimalisir variasi kualitas (Irwan Soejanto, 2009).

Metode ini fokus pada perbaikan proses dan ketepatan produk terhadap karakteristik kualitas yang sudah ditentukan. Hal ini didasari pada fakta bahwa 85% buruknya kualitas lebih diakibatkan karena kesalahan proses manufaktur, dan 15% buruknya kualitas disebabkan oleh pekerja. Oleh karena itu pula, Taguchi berkeyakinan bahwa untuk memperbaiki kualitas maka harus diawali dengan mendesain kondisi optimal dan diaplikasikan ke dalam proses produksi (Ranjit, 1990).

Taguchi membangun konsep rekayasa kualitas yang menekankan pada kualitas yang tepat target. Kualitas yang dihasilkan dari produk diukur sebagai sebuah perhitungan biaya kualitas yang akan semakin besar jika kualitas dari produk tersebut jauh dari target kualitas yang ditentukan. Biaya kualitas ini

dihitung berdasarkan variasi produk yang dihasilkan terhadap target, termasuk di dalamnya biaya *scrap*, *rework*, inspeksi, pengembalian, pelayanan garansi atau penggantian produk. Semua biaya ini dihitung sebagai biaya kualitas yang berujung pada tinggi rendahnya biaya produksi.

Metode Taguchi merupakan bagian dari metode *design of experiment* (DoE) yang disederhanakan. Taguchi membangun sebuah matriks yang disebut *Orthogonal Array* (OA) sebagai matriks yang membantu pengujian terhadap parameter dan level dalam proses agar lebih efisien. 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. OA merupakan kumpulan kombinasi dari setiap faktor dan levelnya yang memungkinkan terjadi dalam percobaan.

Namun, jika melakukan rancangan percobaan tadi pada proses aktual, maka hal tersebut tidaklah ekonomis dan sangat sulit dilakukan. Hal ini dikarenakan perusahaan harus mencoba satu per satu kemungkinan-kemungkinan kombinasi level dan faktor untuk diuji. Akan lebih menghemat biaya dan waktu jika percobaan dengan semua macam kombinasi dapat dilakukan tanpa harus melakukannya dalam proses aktual.

Untuk melakukan pengujian kombinasi tadi, maka dibangun sebuah pendekatan matematis yang mampu memodelkan proses percobaan dari kombinasi tadi. Pendekatan matematis ini dilakukan dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) atau jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu teknologi penting dari kecerdasan tiruan (*Artificial Intelligent*) yang sudah digunakan secara luas pada beberapa tahun terakhir untuk memonitor proses manufaktur menggunakan pengenalan pola output. ANN adalah alat yang begitu vital fungsinya untuk mengkuantifikasi problema proses yang sedemikian rumit yang dimodelkan dalam model matematis.

Dengan mengkombinasikan metode *Taguchi's Design of Experimental* dan *Artificial Neural Network* (ANN), dapat diperoleh beberapa keuntungan, baik secara biaya, waktu maupun faktor kompleksitas. Keuntungan eksperimen dengan metode Taguchi yaitu lebih sederhana dan mudah diaplikasikan dalam banyak kondisi rekayasa kualitas. Selain itu, dengan metode ini percobaan dapat

dilakukan dengan berbagai macam parameter dan level tanpa percobaan yang banyak. Metode Taguchi ini pun dapat menghindari evaluasi terhadap interaksi semua faktor yang banyak menghabiskan waktu dan biaya. Sedangkan, dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan, maka tidak diperlukan melakukan semua eksperimen dari kombinasi yang ada secara aktual, cukup dengan menggantinya dengan model yang dibangun dari data aktual yang terjadi selama proses produksi berjalan.

Dengan mengkombinasikan dua metode tadi, penulis melakukan penelitian pada industri pembuatan kemasan produk yang menganalisa ketebalan (*thickness*) produk hasil laminasi. Karakteristik ketebalan inilah yang menjadi fokus penelitian yang penulis lakukan. Karakteristik ketebalan ini diukur berdasarkan ukuran ketebalan dalam mikrometer (μm).

Proses yang terjadi adalah melaminasi suatu cairan plastik ke dalam produk hasil proses sebelumnya, yakni setelah proses *printing*. Ada tiga parameter kualitas dalam proses ini, yaitu kekuatan ikatan antarlapisan, persebaran berat per satuan lapisan (*grammatur*), dan ketebalan produk. Ketiga aspek ini seringkali menyimpang dari target kualitas yang telah ditentukan karena terjadi variasi yang besar dalam produk yang sama. Hal ini dikarenakan *setting* mesin yang tidak sesuai, sehingga tidak mampu menghasilkan produk yang memenuhi kriteria kualitas. Hal ini pun disebabkan oleh adanya faktor pengganggu lain baik yang bersifat internal maupun eksternal.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, permasalahan utama yang menjadi perhatian adalah besarnya variasi ketebalan dari produk yang dihasilkan setelah proses laminasi. Adanya variasi ini berakibat pada bertambahnya biaya produksi dan berkurangnya kepuasan konsumen. Biaya produksi akan meningkat jika produk yang dihasilkan tidak pas dengan target kualitas yang sudah ditentukan. Apalagi jika ketebalan dari produk melewati batas yang sudah ditentukan, apakah itu menjadi terlalu tebal atau terlalu tipis, maka perusahaan akan menanggung biaya produksi lebih besar karena produk tersebut cacat dan menjadi produk yang dibuang (*waste material*).

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

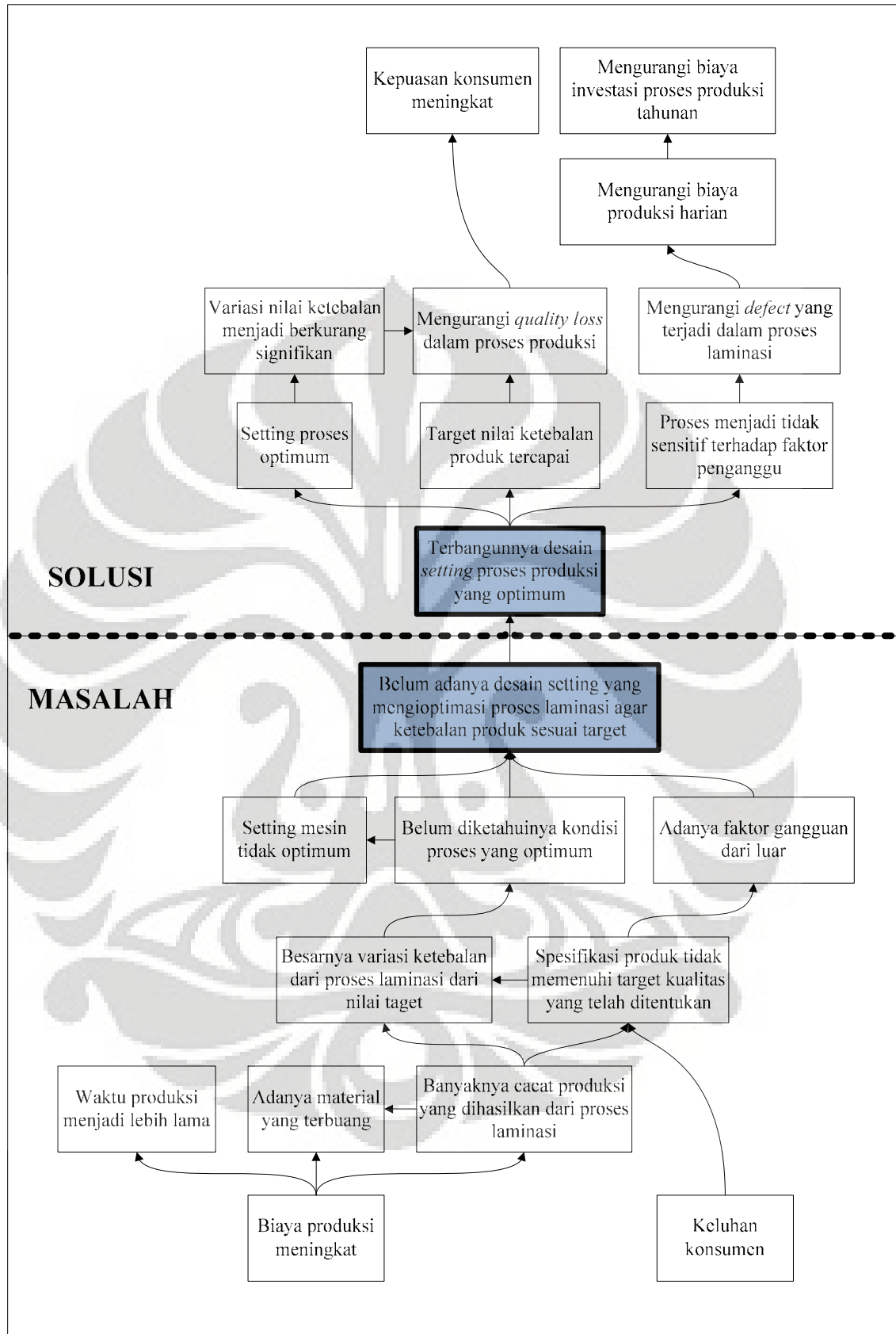
Akibat dari variasi yang besar dari ketebalan produk, maka hal ini berujung pada ketidakpuasan konsumen dan adanya peningkatan biaya produksi perusahaan. Ketidakpuasan konsumen jelas muncul karena kualitas produk yang mereka inginkan tidak tercapai. Sedangkan biaya produksi lebih karena proses produksi yang akhirnya menghasilkan barang cacat lebih banyak dan biaya bahan baku yang meningkat akibat kesalahan dalam proses produksi. Oleh karena itu diperlukan suatu analisa untuk mencari akar masalah dari permasalahan tersebut dan mencari solusi yang tepat agar kedepannya ada perbaikan dalam proses produksi tersebut.

Penulis menggunakan diagram keterkaitan masalah untuk mengelaborasi permasalahan dan solusi yang bisa dilakukan. Selanjutnya diagram ini pun memperlihatkan efek yang terjadi jika solusi atas permasalahan kualitas tersebut dapat teratasi. Gambar 1.1 merupakan diagram keterkaitan masalah pada penelitian proses laminasi ekstrusi dengan ketebalan lapisan plastik sebagai karakteristik kualitasnya.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka fokus penelitian diarahkan pada variasi ketebalan lapisan plastik yang merupakan keluaran dari proses laminasi. Variasi tersebut disebabkan oleh kondisi operasional yang belum optimum serta tingginya pengaruh faktor-faktor pengganggu terhadap keluaran produk proses laminasi. Untuk itu diperlukan rekayasa untuk menghasilkan proses laminasi dengan keluaran produk yang memiliki nilai variasi terendah dan memenuhi target spesifikasi.

Salah satu aspek yang menjadi perhatian dari metode Taguchi adalah membangun rekayasa dengan menentukan level dan faktor yang memberikan hasil optimal dari proses yang terjadi. Kondisi optimum ini akan dipilih sebagai basis proses produksi yang meminimalisir variasi ketebalan hasil produksi yang diakibatkan faktor-faktor pengganggu dalam proses.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah Proses Laminasi Ekstrusi

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat desain setting parameter Taguchi dan menggunakan model jaringan syaraf tiruan agar tercapai produk yang sesuai dengan target kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengitung perubahan biaya kualitas yang terjadi dengan membandingkan output proses sebelum dan sesudah dioptimasi.

1.5 Batasan Penelitian

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

1. Penelitian dilakukan pada proses laminasi ekstrusi dengan menggunakan mesin laminasi ekstrusi mesin EC3.
2. Material yang dilapisi yang digunakan dalam penelitian adalah material lembaran Oriented Polypropylene (OPP).
3. Material pelapis yang digunakan dalam penelitian adalah resin polypropylene (PP).
4. Respons kualitas yang diteliti adalah ketebalan dari produk yang dihasilkan dengan satuan μm (mikron).
5. Kumpulan data historis yang digunakan untuk membuat model ada 337 data yang diambil dari bulan November 2009 hingga April 2010.

1.6 Metodologi Penelitian

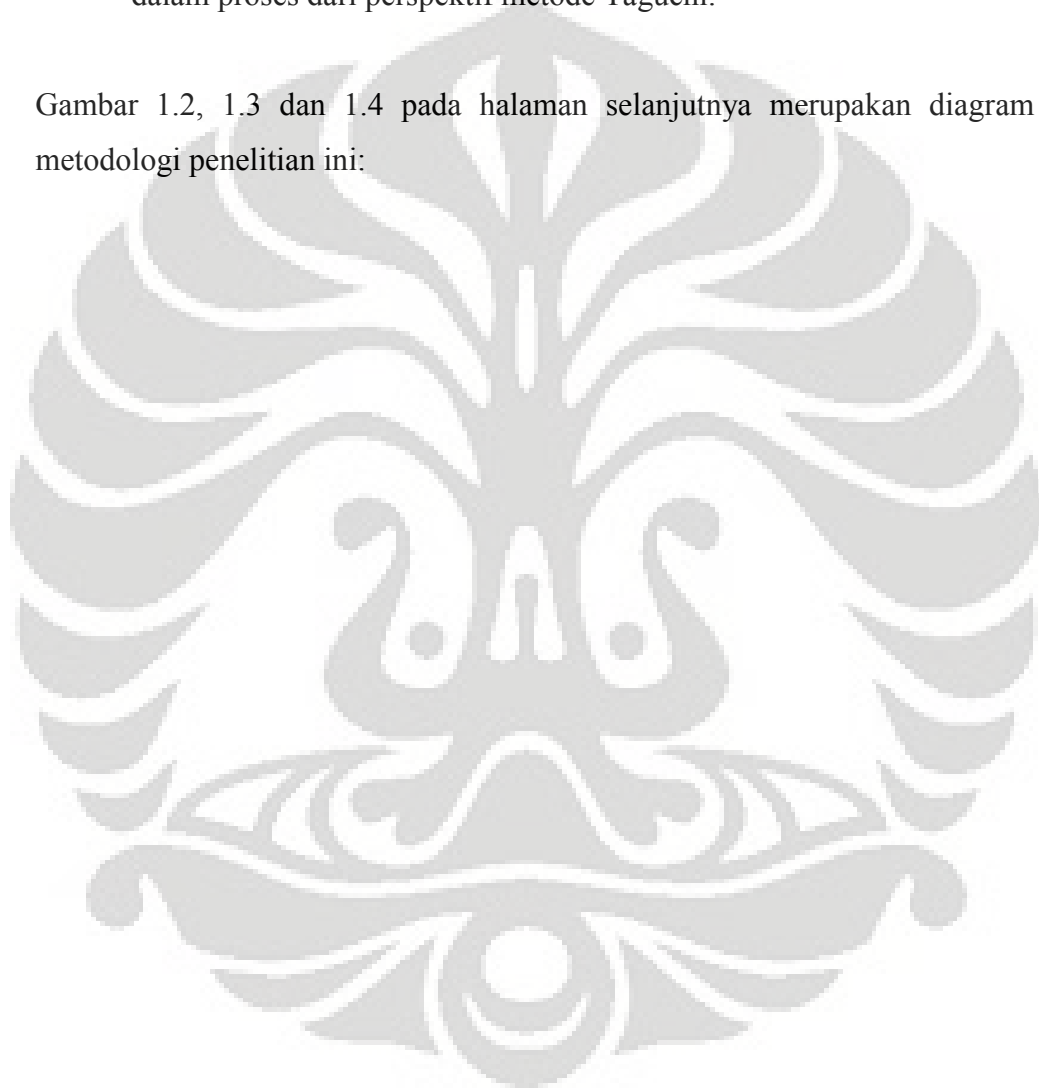
Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu tahap awal, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data dan analisis, serta tahap kesimpulan dan saran.

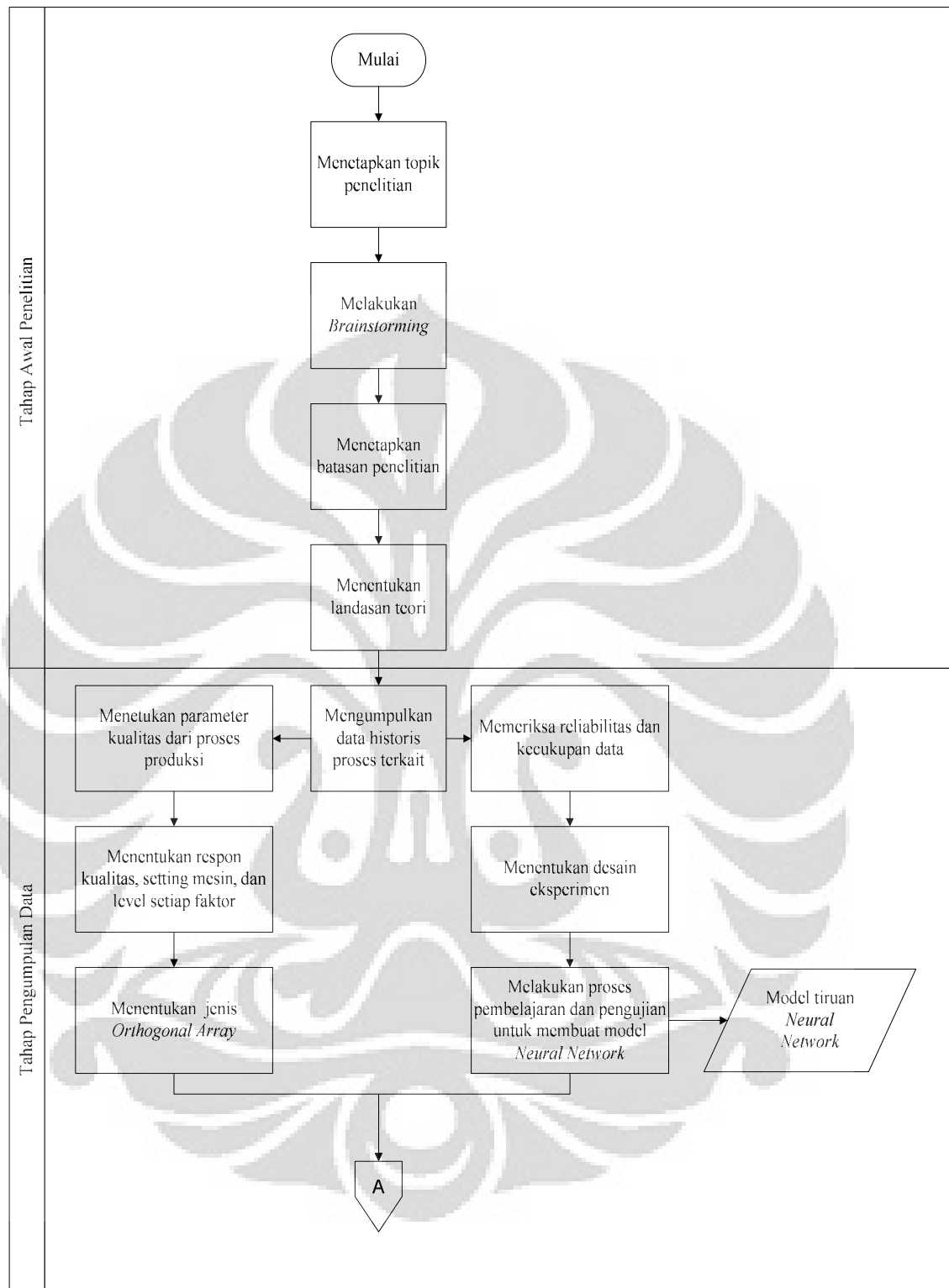
1. Tahap awal penelitian meliputi:
 - Penetapan topik penelitian
 - Melakukan *Brainstorming*
 - Penetapan tujuan penelitian
 - Penetapan batasan masalah

- Penentuan landasan teori yang dijadikan dasar dalam pelaksanaan penelitian dan analisis
2. Tahap pengumpulan data terbagi menjadi dua, yaitu:
- Merancang parameter proses
 - Menentukan parameter kualitas dari proses produksi
 - 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 laminasi
 - Memeriksa reliabilitas dan kecukupan data
 - Menentukan desain eksperimen
 - Melakukan proses pembelajaran (*training process*) untuk membuat model *Neural Network* sesuai dengan proses sebenarnya.
3. Tahap ketiga atau tahap pengolahan data dan analisis (Hamid Noori, 1989)
- Memilih jenis optimasi yang akan dilakukan
 - Memilih *range* yang tepat untuk faktor eksternal dan internal yang terlibat
 - Memilih *Orthogonal array* yang tepat dan menerapkannya ke dalam model tiruan NN untuk mendapatkan nilai respons kualitas
 - Menghitung nilai *S/N Ratio* sesuai dengan rumus jenis optimasi yang telah dipilih
 - Menganalisa *S/N Ratio* dengan ANOVA untuk memperoleh faktor *setting* yang signifikan pada proses serta memperoleh level untuk kondisi yang optimal dari faktor-faktor tersebut
 - Menentukan faktor-faktor yang signifikan terhadap parameter kualitas dalam proses
 - Mengestimasi ulang (*confirmation test*) besarnya respons kualitas berdasarkan kombinasi faktor *setting* yang optimal dengan model *Neural Network*

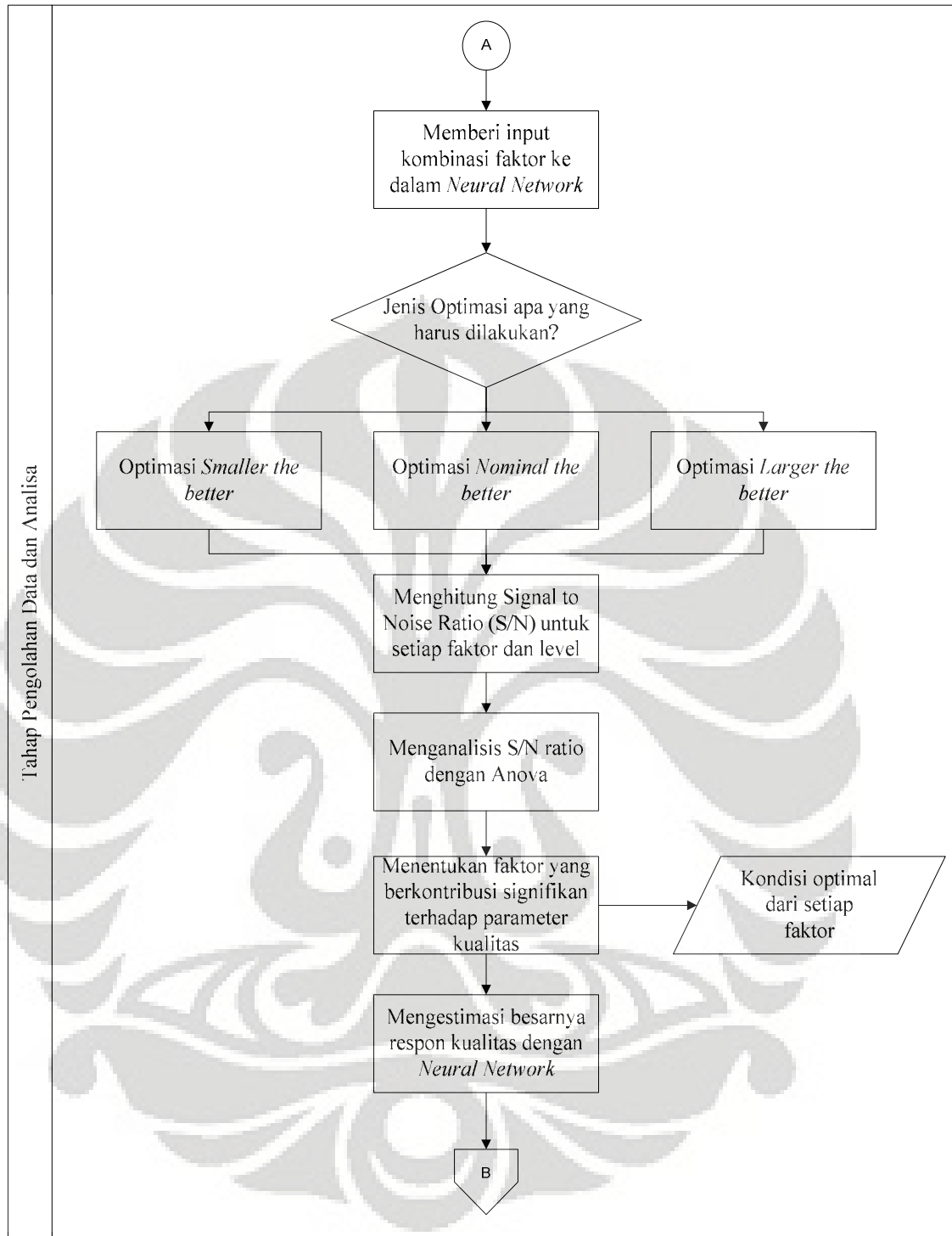
- Mengestimasi besarnya *S/N Ratio* dan nilai rata-rata respons kualitas berdasarkan kombinasi faktor *setting* yang optimal
 - Menganalisa hasil respons kualitas tersebut
4. Tahap terakhir adalah kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan yang akan memenuhi tujuan dari penelitian ini. Dalam kesimpulan ini akan menyajikan desain optimal dari proses dan biaya kualitas yang terjadi dalam proses dari perspektif metode Taguchi.

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

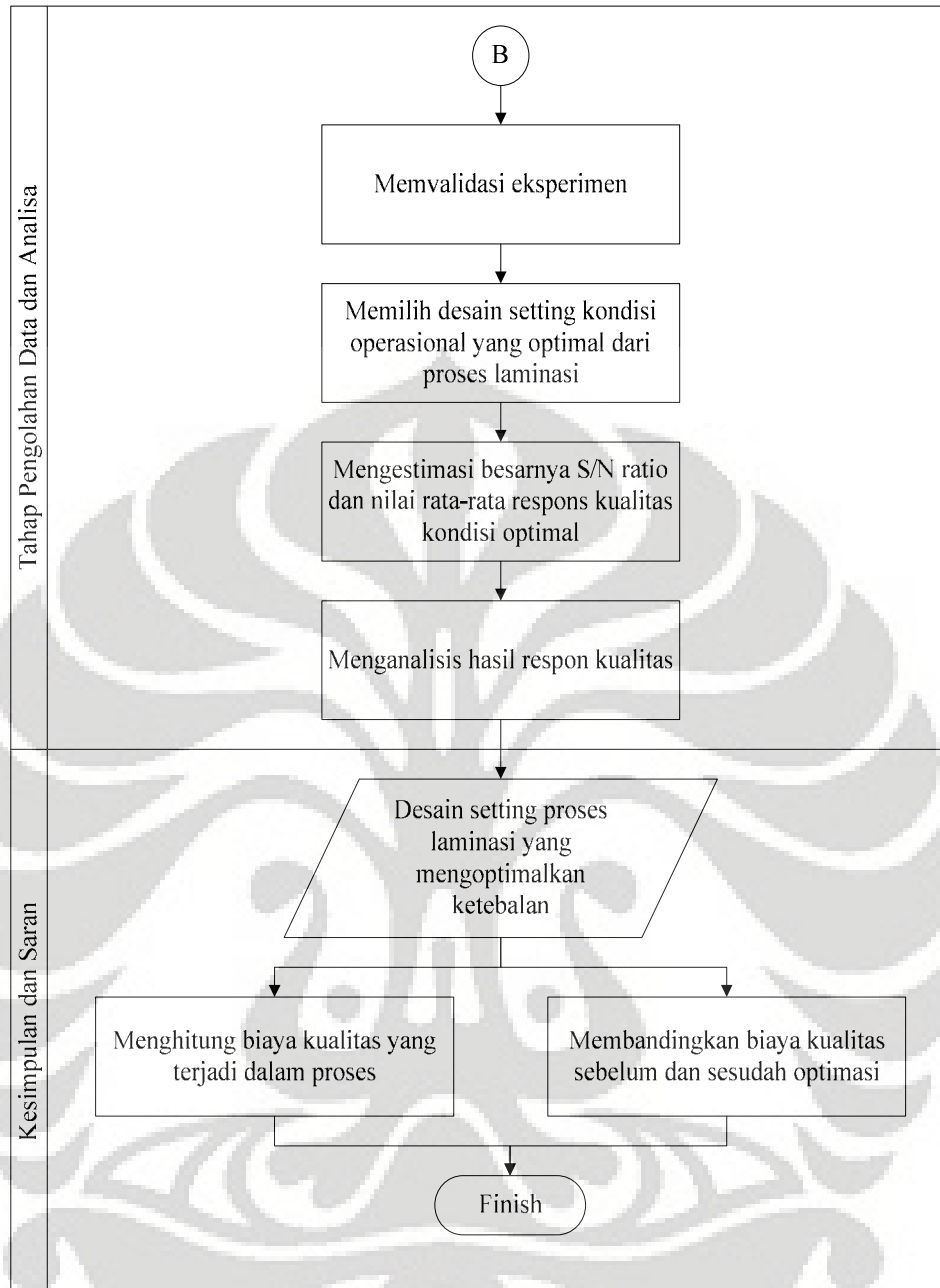




Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian I



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 PENDAHULUAN

Merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan latar belakang penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan landasan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori yang dibahas meliputi Teori Rekayasa Kualitas, Metode Taguchi, Konsep *Quality Losses*, Produksi Ekonomis, dan *Artificial Neural Network*.

BAB 3 PENGUMPULAN DATA

Berisi tentang pelaksanaan pengumpulan data. Pada bab ini akan dibahas profil singkat perusahaan PT Samudera Montaz Packaging Industry (PT SMPI), proses laminasi pada PT SMPI, data historis yang berisi parameter-parameter pada proses I, dan model tiruan proses laminasi *Neural Network*.

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi pengolahan data dan analisis. Pada bab ini dijelaskan mengenai pengolahan data, analisa data, dan hasil yang diperoleh berdasarkan pengolahan dan analisa data.

BAB 5 KESIMPULAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Setiap proses produksi, di berbagai bidang manufaktur, dijalankan dengan tujuan menghasilkan produk dengan kualitas yang terbaik. Hal ini dikarenakan oleh tingkat persaingan yang begitu ketat, sehingga membuat setiap perusahaan berlomba dalam meningkatkan kualitas produknya masing-masing.

Persaingan yang ketat dalam bidang kualitas ini, akhirnya menghasilkan berbagai cara yang lebih menekankan kepada aspek penjaminan kualitas, bukan sekedar kontrol kualitas. Sistem penjaminan kualitas inilah yang saat ini menjadi perhatian penting bagi perusahaan manufaktur. Sistem penjaminan kualitas dapat dicapai salah satunya dengan cara merekayasa proses agar produk yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki kualitas yang tinggi.

2.1 Definisi Kualitas

Konsep kualitas berkembang seiring dengan kemajuan teknologi serta pergeseran selera dan kebutuhan konsumen. Kualitas seringkali diartikan sebagai penilaian konsumen terhadap sebuah produk. Produk yang dinilai berkualitas adalah produk yang mampu memenuhi espektasi konsumen dan sebaliknya.

Ada beberapa aspek yang menjadi dimensi dari definisi kualitas itu sendiri. Garvin (1984) mengemukakan bahwa, kualitas setidaknya memiliki delapan dimensi yaitu (Krishnamoorthi, 2006, p. 7):

1. Performa (*Perform*)—Kemampuan produk untuk mencapai tingkat kepuasan yang diinginkan.
2. Keutamaan (*Features*)—Sesuatu yang menjadi keistimewaan sebuah produk sehingga ia menciptakan kepuasan bagi konsumen.
3. Reliabilitas (*Reliability*)—Kemampuan untuk berada pada performa terbaik tanpa mengalami kegagalan.
4. Kesesuaian (*Conformance*)—Derajat kesesuaian antara performa produk dengan standar yang telah ditentukan.

5. Daya Tahan Produk (*Durability*)—Lamanya produk mampu digunakan sampai produk tersebut rusak.
6. Kemampuan servis (*Serviceability*)—Kemudahan jasa servis, kecepatan reparasi produk dengan harga yang masuk akal.
7. Estetika (*Aesthetics*)—Nilai seni.
8. *Perceived Quality*—Kesan produk yang dihasilkan dalam benak konsumen.

Pada intinya Garvin menjelaskan bahwa kualitas dipahami tidak hanya dari satu aspek, melainkan mencakup berbagai aspek yang menjadikannya mampu memenuhi ekspektasi dari konsumen.

Dari beberapa literatur yang ada, ditemukan berbagai macam definisi kualitas. Ada beberapa pakar dan organisasi mengemukakan definisi kualitas, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Juran (1964)
Kualitas produk adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) dalam memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan.
2. Crosby (1979)
Kualitas adalah *conformance to requirement*, yakni sesuai dengan apa yang disyaratkan atau distandarkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan.
3. Deming (1986)
Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan pasar atau konsumen. Perusahaan harus benar-benar harus 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. Taguchi (1987)
Kualitas merupakan kerugian yang ditimbulkan oleh produk terhadap masyarakat setelah produk tersebut dikirimkan, terpisah dari kerugian-kerugian lain yang disebabkan fungsi internal.

6. Montgomery (2001)

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

2.2 Rekayasa Kualitas

Istilah rekayasa kualitas sudah digunakan dalam berbagai literatur ilmu kualitas. Beberapa penulis menggunakan istilah ini untuk menunjukkan proses perbaikan berkelanjutan (*quality improvement*) dalam penciptaan sebuah produk. Banyak juga di antara mereka menggunakan istilah ini untuk menunjukkan proses memilih target dan toleransi untuk mendapatkan parameter proses melalui desain eksperimen (Krishnamoorti, 2006, p. 6).

2.2.1 Rekayasa Kualitas dalam Metode Taguchi

Menurut Taguchi, kualitas diukur dari seberapa kerugian yang dihitung dari besarnya variasi kualitas produk dari target kualitas yang sudah ditetapkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, Taguchi membuat sebuah metode rekayasa kualitas yang menjadikan produk atau proses "tidak sensitif" terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi operasional (Soejanto, 2009, p. 16).

Taguchi mengajukan tiga filosofi dalam konsep rekayasa kualitas. Tiga filosofi itu adalah:

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

Taguchi pun melihat bahwa upaya peningkatan kualitas adalah usaha yang berkelanjutan. Untuk mencapai kualitas produk yang diharapkan, Taguchi mengajukan tiga tahap proses yakni perancangan sistem, perancangan parameter, dan perancangan toleransi.

Fokus utama dalam perancangan desain adalah menentukan level kerja yang tepat. Perancangan sistem adalah upaya dimana konsep-konsep, ide dan metode dimunculkan untuk memberikan peningkatan kualitas produk kepada konsumen. Seringkali, pada fase ini melibatkan inovasi dan penguasaan pengetahuan dalam ranah teknologi terapan.

Jika perancangan sistem membantu mengidentifikasi level kerja, perancangan parameter mencari faktor-faktor yang menghasilkan proses produksi terbaik dalam sistem. Kondisi optimum ini dipilih sehingga pengaruh dari faktor tak terkontrol (*noise factor*) yang memperbesar deviasi produk menjadi minimum.

Sedangkan perancangan toleransi adalah langkah untuk meningkatkan kualitas dengan mengetatkan toleransi. Langkah ini akan mengarahkan pada pengidentifikasian kebutuhan akan material yang lebih baik, membeli perlengkapan baru, mengeluarkan uang untuk inspeksi, dll. Memperketat toleransi pada produk atau proses dilakukan untuk mengurangi variabilitas pada performansi produk.

2.2.2 Desain Eksperimen Taguchi

Metode Taguchi telah diaplikasikan oleh perusahaan-perusahaan manufaktur Jepang dalam rangka memperbaiki kualitas proses dan produk mereka. Dalam desain eksperimen ini, Taguchi menekankan pada pentingnya perencanaan produk yang kokoh (*robust*) sehingga mampu berfungsi dengan baik pada taraf produksi maupun operasi produk.

Dalam desain eksperimen Taguchi, ada dua atau lebih faktor yang akan dievaluasi secara serentak dengan menganalisa hasil dari kombinasi pengujian. Hasil dari pengujian ini selanjutnya akan dianalisa lebih lanjut untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan dalam proses tersebut.

Metode ini memperkenalkan pendekatan desain eksperimen yang bertujuan untuk:

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan.
2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan varisasi di sekitar target.

2.2.2.1 Faktor Gangguan (*Noise*)

Faktor-faktor yang menyebabkan variabilitas dalam produk disebut dengan faktor gangguan (*noise factor*). Faktor-faktor ini tidak dapat dihilangkan, mereka adalah sesuatu yang *inherent* dalam setiap sistem. Karena faktor pengganggu ini tidak dapat dihilangkan, maka karakteristik produk tidak akan selalu berada dalam target yang ditentukan, dan pada akhirnya hal tersebut akan menghasilkan kerugian.

Ada tiga tipe faktor gangguan ini, yaitu:

1. Gangguan Eksternal

Faktor gangguan eksternal merujuk kepada faktor-faktor lingkungan atau kondisi di luar produk yang berpengaruh terhadap fungsi ideal produk. Sebagai contoh faktor gangguan jenis ini adalah suhu dan kelembababan relatif dari lingkungan, debu, daya listrik, pengaruh elektromagnetik, getaran dan kesalahan manusia dalam mengoperasikan produk.

2. Gangguan Internal

Gangguan internal berkaitan dengan faktor yang menyebabkan produk menjadi rusak atau aus, sehingga produk tidak mencapai target kualitas. Sebagai contoh dari gangguan internal adalah penggunaan komponen yang tidak tepat dan keausan komponen akibat usia pakainya yang meningkat.

3. Gangguan Antarunit

Gangguan ini berkaitan dengan faktor yang menyebabkan perbedaan antara tiap produk yang telah dibuat dalam spesifikasi yang sama. Variasi ini tidak dapat dielakkan dalam proses manufaktur dan mengarah pada keragaman dalam parameter produk dari suatu unit ke unit lainnya. Sebagai contoh adalah nilai resistor misalkan dispesifikasikan 110 ohm, tetapi nilai resistor mungkin 111 ohm pada satu produk dan 109 ohm pada produk yang lain.

2.2.2.2 Peran Desain Eksperimen dalam Rekayasa Kualitas

Dalam berbagai literatur, konsep desain eksperimen merujuk kepada desain faktorial (Ranjit, 1990). Konsep ini sudah lama diperkenalkan dan digunakan oleh R. A. Fisher yang menguji desain eksperimen ini ke dalam eksperimen pertanian yang ia lakukan.

Pada awalnya, desain eksperimen meyakini bahwa semua faktor yang ada dalam sebuah proses adalah penyebab variasi. Jika faktor-faktor ini dapat dihilangkan atau dapat dikendalikan, maka variasi produk dan proses dapat dikurangi, sehingga akan terjadi peningkatan kualitas.

Seiring berjalannya waktu, desain eksperimen memainkan peranan strategis dalam aktivitas-aktivitas rekayasa kualitas. Berbagai peran dari desain eksperimen memiliki manfaat penting bagi para insinyur dan peneliti ketika melakukan eksperimen, di antaranya adalah:

1. Meningkatkan performa dari suatu proses.
2. Mengembangkan proses-proses baru.
3. Menyaring proses-proses yang penting dalam proses
4. Desain aktivitas rekayasa seperti evaluasi, atau perubahan suatu material.
5. Membangun model empiris untuk mencari hubungan fungsional antara variabel respon dan variabel yang berpengaruh terhadapnya.

Taguchi, mengajukan sebuah perubahan mengenai desain eksperimen agar desain eksperimen ini menjadi lebih efisien. Taguchi memperkenalkan prinsip kekokohan (*Robust Design*) yang merupakan ”turunan” dari metode desain eksperimen yang diperkenalkan Fisher (Belavendram, 1995, p. 42). Secara eksplisit, desain eksperimen Taguchi ini juga tetap menaruh perhatian utamanya ke dua hal, yaitu:

1. bagaimana mengurangi biaya ekonomis dari fungsi variasi produk, dan
2. bagaimana menemukan keputusan titik optimum dalam laboratorium yang dapat dibuktikan dalam proses manufakturing.

2.3 Perancangan Proses

Ada empat tahapan utama dalam pembuatan produk (proses produksi), yaitu perancangan produk, perancangan proses produksi, manufakturing, dan pemakaian oleh konsumen.

Aktivitas kontrol kualitas dari setiap tahapan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

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	√
Manufaktur	Sistem	X	X	√
	Parameter	X	X	√
	Toleransi	X	X	√
Pemakaian oleh Konsumen	Garansi dan Perbaikan	X	X	√

(sumber: *Quality by Design* by Belavendram, 1995)

Aktivitas dalam kontrol kualitas terbagi menjadi dua, yaitu *off-line* dan *on-line*. Dalam rekayasa kontrol kualitas secara *off-line*, desain eksperimen merupakan alat yang sangat fundamental terutama pada penelitian dan pengembangan produk. Sedangkan kontrol kualitas secara *on-line* merupakan suatu aktivitas pengamatan dan pengendalian kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Proses ini sangat penting untuk menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung pula dapat meningkatkan kualitas produk. Tindakan ini dilakukan setelah proses produksi telah ditetapkan.

Selain tiga hal di atas, kontrol kualitas *on-line* pun dilakukan dalam tahapan akhir, yakni ketika barang sudah sampai ke tangan konsumen. Pada tahapan ini, satu-satunya cara untuk menjamin kualitas adalah dengan menyediakan pelayanan jasa reparasi dan garansi bagi para konsumen.

2.3.1 Kontrol Kualitas *off-line*

Dalam perancangan proses produksi (kontrol kualitas *off-line*) ada tiga hal utama yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Perancangan Sistem (Perancangan Utama)

Perancangan sistem adalah perancangan yang fokus dalam teknologi. Tahapan ini membutuhkan pengetahuan teknis dan pengalaman dalam area perancangan proses produksi yang bersangkutan. Tahapan ini berfungsi untuk mendapatkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan keinginan konsumen dengan memanfaatkan kemampuan daya cipta dan kemampuan teknis untuk merancang konsep produk yang unggul.

2. Perancangan Parameter

Desain parameter menyediakan desain yang memiliki dua fungsi, yaitu mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang tepat guna. Hal ini melibatkan penentuan dari nilai setiap parameter yang setidaknya sensitif terhadap faktor gangguan.

3. Perancangan Toleransi

Desain toleransi adalah mengontrol faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dengan menggunakan komponen dengan kualitas yang lebih baik, dan dalam tahapan ini tidak dapat dihindari adanya peningkatan biaya. Setelah dua tahapan sebelumnya dilakukan, maka desain toleransi ini dilakukan dengan cara menetapkan batasan toleransi dalam proses agar kedepannya proses dapat menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik.

2.3.2 Kontrol Kualitas *on-line*

Ada tiga hal utama dalam kontrol kualitas *on-line* ini, yaitu:

1. Diagnosis Proses dan Penyesuaian

Proses ini juga dikenal dengan kontrol proses. Proses didiagnosis dalam interval tertentu, jika dianggap normal, maka produksi dilanjutkan. Jika dalam proses diagnosis ini ditemukan kegagalan, maka produksi dihentikan sementara sampai penyebabnya ditemukan.

2. Prediksi dan Koreksi

Karakteristik kualitas yang bersifat kuantitatif diukur dalam interval tertentu, dan pengukuran nilai ini digunakan untuk memprediksi karakteristik produk apakah produk tetap diproduksi dengan atau tanpa penyesuaian. Jika diprediksi ada perbedaan hasil dalam target nilai, maka

akan ada koreksi terhadap level faktor dalam proses agar mengurangi perbedaan kualitas ini.

3. Pengukuran dan Aksi

Tahapan ini juga disebut dengan inspeksi. Setiap unit produk diinspeksi, dan jika ditemukan ada yang diluar spesifikasi, maka akan dilakukan *rework* atau diputukan menjadi *scrap*. Metode ketiga ini ada pada tahapan inspeksi produk, sedangkan dua metode sebelumnya ada pada tahapan proses.

2.4 Desain Kokoh (*Robust Engineering*)

Desain kokoh ini bergantung pada karakteristik kualitas yang diharapkan. Ada beberapa tipe dari karakteristik kualitas (variabel respon), yaitu:

Tabel 2.2 Karakteristik Kualitas

Karakteristik	Target	Contoh
<i>Nominal-the-best</i>	Tertuju pada nilai tertentu	Voltage
<i>Smaller-the-better</i>	Sekecil mungkin. Semakin kecil artinya semakin baik	Persentase kecacatan, keausan alat, Kekasaran permukaan
<i>Larger-the-better</i>	Sebesar mungkin. Semakin besar artinya semakin baik	Kuat tekan, Kuat tarik, Kekuatan las

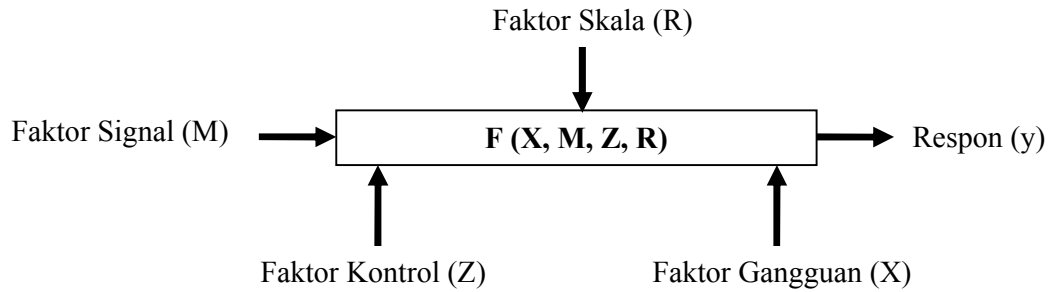
(sumber: *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi* oleh Irwan Soejanto, 2009)

2.4.1 *Signal to Noise Ratio* (S/N rasio)

Taguchi telah mengembangkan konsep S/N rasio untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. Tujuan desain kokoh adalah meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Tujuan itu berdasarkan pada simpangan kuadrat rata-rata (*Mean Squared Deviation/MSD*):

$$MSD = \sigma^2 + (\bar{y} - m)^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas

(sumber: *Quality by Design* by Belavendram, 1995)

Karakteristik Parameter:

1. Faktor Gangguan

Parameter yang menyebabkan penyimpangan kualitas dari nilai targetnya.

2. Faktor Kontrol

Faktor-faktor yang nilainya dapat ditentukan oleh operator. Faktor-faktor ini memiliki nilai level tertentu. Pada akhir eksperimen, nilai level tertentu yang mengoptimasi fungsi proses akan dipilih.

3. Faktor Signal

Adalah faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya yang akan diukur. Faktor signal tidak ditentukan oleh ahli tekni, melainkan oleh konsumen berdasarkan hasil yang ingin diperoleh.

4. Faktor Skala

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

Berdasarkan Metode Taguchi, ada tiga jenis *S/N Ratios* yang biasa dipakai dalam optimisasi permasalahan statik, yaitu:

a. *Smaller the Better*

Merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik.

Optimasi jenis ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada

$$S/N \text{ Ratio} = -10 \times \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

produk.

Dimana, n = jumlah data

i = data respon pengukuran

b. *Nominal the Better*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Optimasi ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan sesuatu yang mutlak atau sangat diharapkan

$$S/N \text{ Ratio} = 10 \times \log \left[\frac{-\bar{y}}{s^2} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.4)$$

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

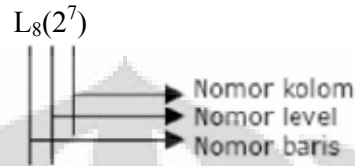
c. *Larger the Better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga. Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi *smaller the better*.

$$S/N \text{ Ratio} = -10 \times \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots\dots\dots(2.5)$$

2.4.2 Orthogonal Array

Orthogonal array digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter.



Gambar 2.2 Lambang *Orthogonal Array*

(Sumber: *Quality by Design* by Belavendram, 1995)

Dalam menentukan jenis *OA*, ada dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu jumlah *level* dan faktor yang akan diteliti, dan interaksi dalam faktor. 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 L8(41 x 24), L16(41 x 212), L16(42 x 29), L16(44 x 23), L16(45), dan L16(81 x 28).

Tabel 2.3 Orthogonal Array $L_8(2^7)$

Jumlah Esperimen	Kolom						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Matriks disebut orthogonal karena level-level faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain dalam eksperimen. Jadi matriks ortogonal adalah matriks seimbang dari faktor dan level sedemikian sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur dengan pengaruh faktor atau level lain (Soejanto, 2009, p. 51).

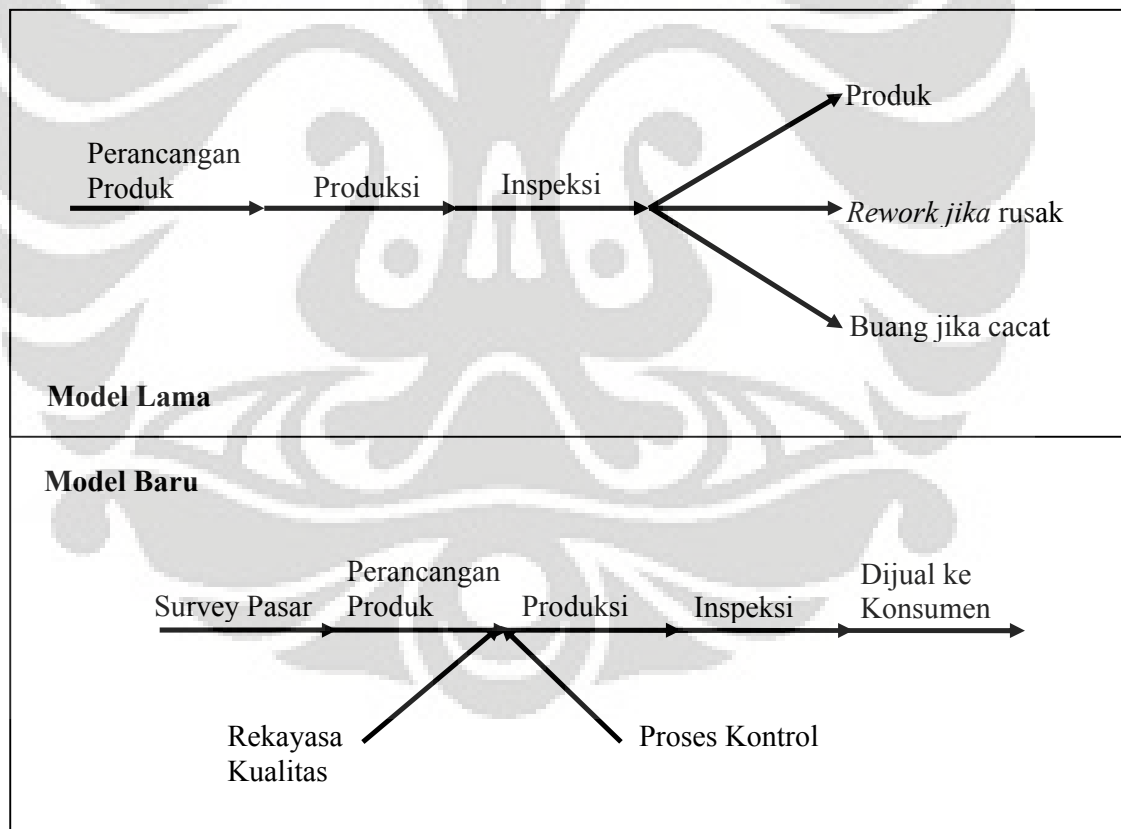
2.5 Konsep Biaya Kualitas

Konsep biaya kualitas (*quality cost*) muncul di tahun 1930'an. Standardisasi menyangkut konsep *quality cost* dibangun oleh Joseph Juran (1951), Armand Feigenbaum (1957), dan Harold Freeman (1960). Becroft (2001) menjelaskan bahwa ASQ's Quality Cost Committee, yang didirikan tahun 1961, melaksanakan standardisasi dan mendukung penggunaannya. Crosby (1979) mempublikasikan konsep ini dalam tulisannya yang berjudul *Quality is Free* dan ini menjadikan konsep *quality cost* menjadi populer (Victor E.Sower, Ross & Eric Broussard, 2007, p.2).

2.5.1 Kualitas, Produktivitas, dan Posisi Kompetitif

Ketika pengendalian kualitas dilakukan dengan 100% inspeksi dari produk jadi, maka akan ada produk yang diterima jika kualitasnya sesuai dan dibuang jika kualitas yang diharapkan tidak tercapai. Oleh karena itu, sistem pengendalian kualitas dengan 100% inspeksi akan menurunkan produk yang bisa dijual. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa, upaya pengendalian kualitas dapat dicapai hanya dengan kerugian/pengurangan dalam produktivitas (Lihat Model Lama dalam gambar 2.3).

Di sisi lain, ketika kualitas produk dihasilkan dengan pendekatan sistem kualitas, yakni dengan menggunakan metode pencegahan kecacatan produk, maka produk yang bisa dijual akan menjadi lebih banyak. Dengan pendekatan ini, peningkatan kualitas akan berdampak baik untuk produktivitas (Lihat Model Baru dalam gambar 2.3). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar di bawah ini:

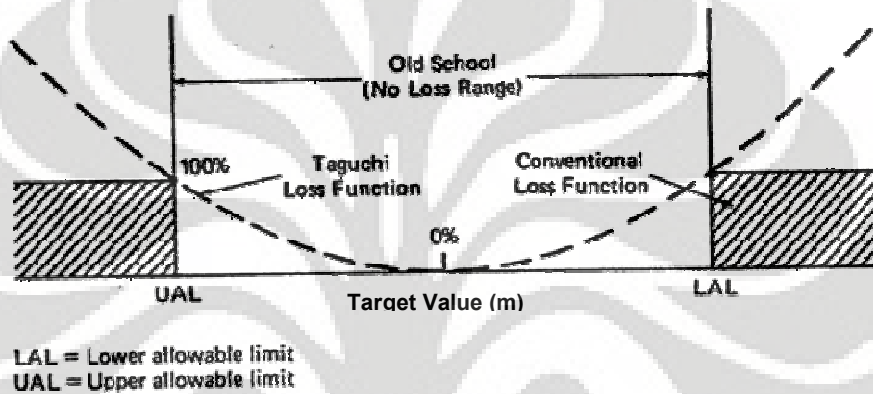


Gambar 2.3 Model Lama vs Model Baru dalam Pengendalian Kualitas Produk

(Sumber: A First Course of *Quality Engineering* by Khrisnamoorthi, 2006)

2.5.2 Taguchi Loss Function

Taguchi mendefinisikan fungsi kerugian (*loss function*) sebagai kuantifikasi dari deviasi yang terjadi di dalam produk. Jika deviasi sama dengan nol, maka kualitas produk tersebut tepat target, kerugiannya adalah nol. *Loss function* menggambarkan biaya sosial yang timbul di antara produsen dan konsumen akibat penetapan karakteristik kualitas tertentu pada produk.



Gambar 2.4 Taguchi Loss Function

(Sumber: *A Primer on Taguchi Method* by Ranjit, 1995)

Dari gambar di atas, Taguchi Loss Function dirumuskan dengan:

$$L(y) = k (y - m)^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan $L(y)$ adalah nilai *loss* yang terjadi, y merepresentasikan deviasi dari target kualitas yang terjadi dan nilai k adalah konstanta yang bergantung dari struktur biaya manufaktur.

Fungsi seperti inilah yang dibutuhkan untuk menghitung kerugian kualitas. Pada metode Taguchi digunakan istilah “*customer tolerance*” karena fungsi kerugian dilihat dari sudut pandang konsumen. Biasanya batas toleransi konsumen lebih besar dibandingkan toleransi spesifikasi dari pihak produsen. Untuk penghitungan k digunakan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Besarnya nilai A_0 dihitung dengan menjumlahkan seluruh komponen biaya yang timbul, misalnya biaya kehilangan waktu, biaya penggantian (perbaikan), transportasi, dan lain-lain. Sedangkan Δ_0 adalah selisih atau besarnya dari toleransi yang diberikan.

Berdasarkan pendekatan *Loss function* ini, karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi (1987) dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. *Nominal is the best*: Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Hal ini dirumuskan sbb:

$$L(y) = k (y - m)^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

2. *Lower is better*: Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik. Hal ini dirumuskan sbb:

$$L(y) = k(y)^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

3. *Higher is better*: Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan akan semakin baik. Hal ini dirumuskan sbb:

$$L(Y) = k (1/y)^2 \dots \dots \dots (2.10)$$

Fungsi *Loss Function* di atas merepresentasikan loss pada produk tunggal dengan karakteristik produk y dan target nilai m . Untuk produk massal, maka rata-rata *loss* per unit dihitung sebagai:

$$L(y) = [k (y_1 - m)^2 + k (y_2 - m)^2 + k (y_2 - m)^2 \dots + k (y_n - m)^2] / n$$

Dimana n adalah jumlah unit dari sampel yang diberikan. Pada persamaan di atas, faktor k adalah sama, maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai:

$$L(y) = k [y_1 - m)^2 + (y_2 - m)^2 + (y_2 - m)^2 \dots + (y_n - m)^2] / n$$

Atau dapat dituliskan sebagai

$$L(y) = k (MSD) \dots \dots \dots (2.11)$$

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network/ANN*)

Jaringan syaraf tiruan adalah model matematis atau model perhitungan yang mencoba untuk mensimulasikan struktur dan/atau aspek fungsional dari jaringan syaraf biologis. ANN terdiri dari kelompok jaringan syaraf yang saling terinterkoneksi dan proses informasi yang terkomputasi. Dalam banyak contoh, ANN adalah sistem adaptif yang mengubah strukturnya sendiri berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir selama fase pembelajaran.

Jaringan syaraf adalah alat untuk memodelkan statistik non-linear dan dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output atau mencari rumus dalam data.

Model ANN terinspirasi dari pengujian dari sistem syaraf (dengan axon, dendrit, dan sinaps) yang ada dalam otak manusia. Dalam model jaringan syaraf tiruan, simpul syaraf, biasa disebut "neuron", "PEs" (*processing elements*) atau "units", dihubungkan bersama dalam sebuah bentuk jaringan simpul syaraf. Sekarang, istilah ANN lebih merujuk kepada istilah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent/AI*).

2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan *Artificial Neural Network*

Beberapa keuntungan dalam menggunakan *Artificial 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.
- ANN mampu diimplementasikan pada suatu Hardware atau perangkat keras.
- Perangkat yang mampu diimplementasikan secara parallel.

Di sisi lain, ada beberapa kekurangan dari *Artificial Neural Network*, di antaranya adalah:

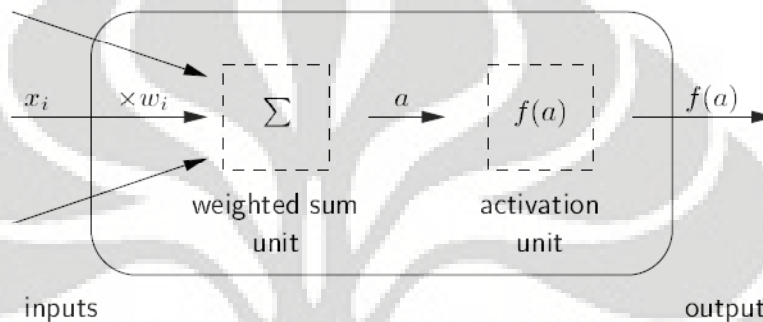
- ANN membutuhkan waktu training/pembelajaran model untuk bisa beroperasi.
- Membutuhkan waktu yang lama untuk jaringan syaraf yang besar.

Aspek lain dari ANN adalah mereka memiliki struktur arsitektur yang berbeda-beda, yang berakibat pada dibutuhkannya tipe algoritma yang berbeda.

2.6.2 Bagian-Bagian Dari *Neuron*

Neuron tersusun dari komponen-komponen sebagai berikut:

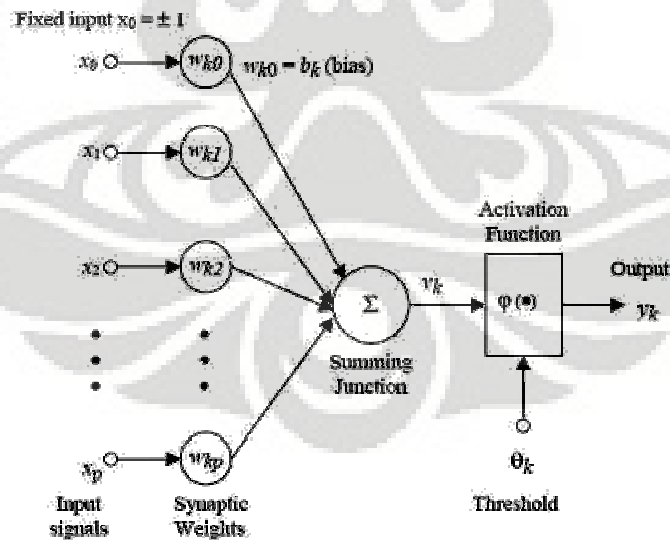
- Sekumpulan penghubung yang dikenal dengan *synapses* atau *connection link* yang dikarakterkan dengan sebuah pembobot (*weight/strength connection*).
- Sebuah penjumlah (summing/adder) yang berfungsi untuk menjumlahkan semua sinyal masukannya.
- Sebuah fungsi tidak dinamis (*non-dynamical*) yang dikenali dengan sebutan fungsi aktivasi (*activation function*).



Gambar 2.6 Bentuk Dasar *Neuron*

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

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



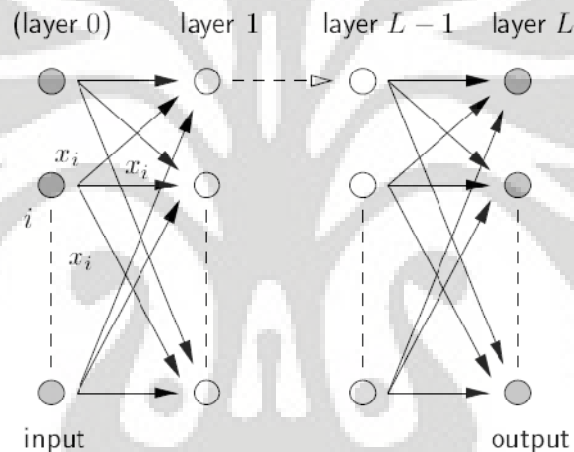
Gambar 2.7 Fungsi Transformasi *Neuron*

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

- *Input* merupakan masukan yang digunakan baik saat pembelajaran maupun dalam mengenali suatu objek.
- *Weight*, beban yang selalu berubah setiap kali diberikan *input* sebagai proses pembelajaran.
- *Processing Unit* merupakan tempat berlangsungnya proses pengenalan suatu objek berdasarkan pembebanan yang diberikan.
- *Output*, keluaran dari hasil pengenalan suatu objek.

2.6.3 Arsitektur *Neural Network*

Bentuk dasar arsitektur suatu *Neural Network* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Arsitektur Dasar *Neural Network*

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

Sistem jaringan syaraf tiruan dapat juga dilihat sebagai sebuah grafik arah pembobot (*graph directed weighted*) dimana *neuronnya* dinyatakan sebagai titik dan arah pembobotannya dinyatakan sebagai penghubung antar *neuron*. Berdasarkan struktur sambungan dan aliran pengolahan sinyalnya, jaringan syaraf tiruan dapat dibagi menjadi jaringan maju (*feed forward architecture*) dan jaringan berulang (*recurrent architecture*).

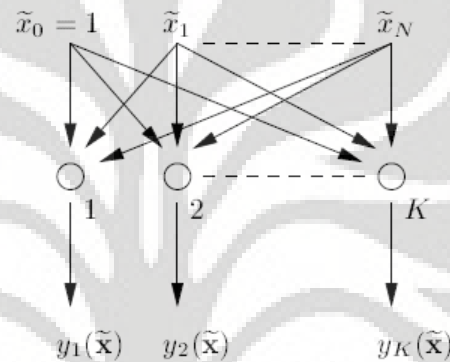
- Jaringan maju dapat berupa lapisan tunggal (*single layer perceptron*) dan lapisan jamak (*multilayer perceptron*)

- Jaringan ulang ditandai dengan adanya lingkaran umpan balik (*feedback loop*). Jaringan ulang antara lain pada jaringan Hopfield (*Hopfield Network*) dan jaringan kompetitif (*competitive network*).

Bentuk-bentuk arsitektur *Neural Network* adalah sebagai berikut:

1. *Single-Layer Neural Network*

Neural Network jenis ini memiliki koneksi pada *inputnya* secara langsung ke jaringan *output*.



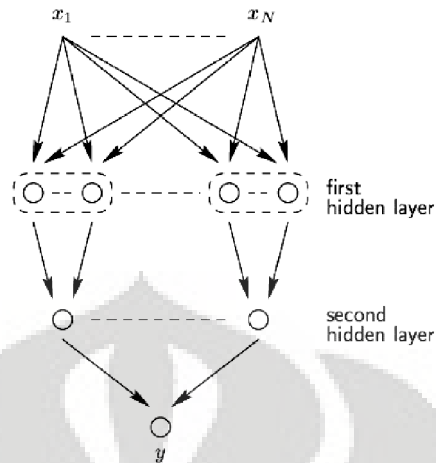
Gambar 2.9 *Single-layer Neural Network*

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

Jenis *Neural Network* ini sangatlah terbatas, hanya digunakan pada kasus-kasus yang sederhana.

2. *Multilayer Perceptron Neural Network*

Jenis *Neural Network* ini memiliki *layer* yang dinamakan “*hidden*”, ditengah *layer input* dan *output*. *Hidden* ini bersifat *variable*, dapat digunakan lebih dari satu *hidden layer*.

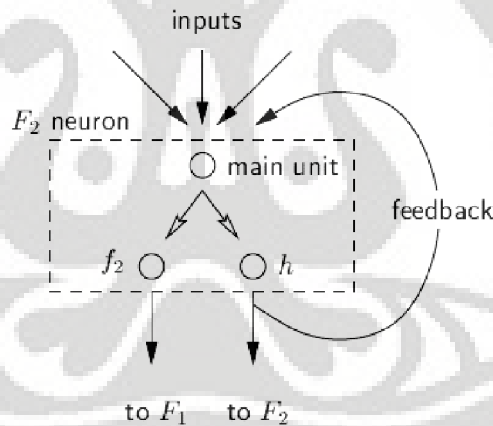


Gambar 2.10 Multilayer Perceptron Neural Network

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

3. Recurrent Neural Network

Neural Network jenis ini memiliki ciri, yaitu adanya koneksi umpan balik dari *output* ke *input*.



Gambar 2.11 Recurrent Network

(Sumber: *The ANN Book* by Hristev, 1998)

Kelemahan dari jenis ini adalah *Time Delay* akibat proses umpan balik dari *output* ke titik *input*.

2.6.4 Proses Pembelajaran pada *Neural Network*

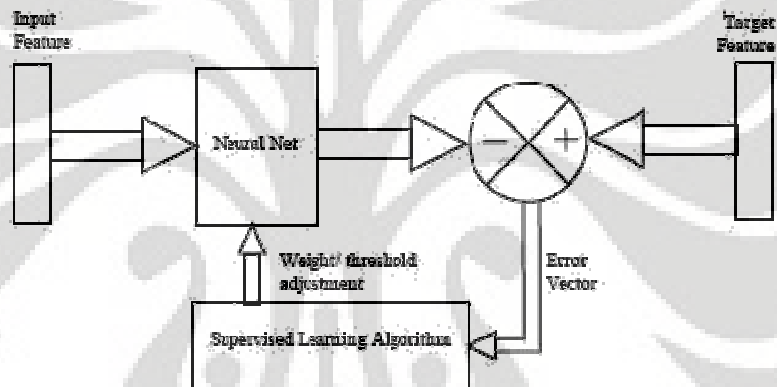
ANN harus disusun sebagai satu set aplikasi dari prosedur input untuk mendapatkan output yang diinginkan. Berbagai metode telah dibuat untuk menguatkan setiap jaringan atau koneksi yang ada dalam sebuah ANN. Salah satu

caranya adalah dengan mengatur bobot. Cara lainnya adalah dengan memberikan proses "pembelajaran" atau *training* dengan memasukkan unsur formulasi yang mengizinkan perubahan bobot berdasarkan aturan pembelajaran.

Secara mendasar, *Neural Network* memiliki sistem pembelajaran yang terdiri atas beberapa jenis berikut:

1. *Supervised Learning* atau *Associative Learning*

Jaringan syaraf dilatih untuk menyediakan input dari output yang ditentukan. Proses pembelajaran ini akan terus dilakukan selama kondisi *error* atau kondisi yang diinginkan belum tercapai. Adapun setiap perolehan *error* akan dikalkulasikan untuk setiap pemrosesan hingga data atau nilai yang diinginkan telah tercapai.



Gambar 2.12 Supervised Learning

(Sumber: <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/linktous.html>)

2. *Unsupervised Learning* atau *Self Organisation*

Output dilatih untuk memberikan respon dalam kluster formulasi yang ada di dalam input. Dalam pembelajaran ini, system diandaikan membedah fitur terpenting dari input yang diberikan. Tidak seperti *supervised learning*, tidak ada pengaturan mengenai kategori utama dari setiap formula yang telah diklasifikasikan. Sistem harus membangun sendiri respon terhadap rangsangan yang diberikan input.

3. *Reinforcement Learning*

Tipe pembelajaran ini dianggap sebagai lanjutan dari dua bentuk sebelumnya. Disini, mesin pembelajaran melakukan tindakan yang sama pada lingkungan dan mendapatkan respon umpan balik dari lingkungan.

Secara umum, penyesuaian parameter dilanjutkan hingga mencapai titik ekuilibrium.

2.7 Penelitian Terkait

2.7.1 C Y Song, Y W Park, H R Kim, K Y Lee, dan J Lee, 2007

Penelitian tersebut berjudul “*The use of Taguchi and approximation methods to optimize the laser hybrid welding of a 5052-H32 aluminium alloy plate*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi pengelasan yang optimal pada 5052-H32 aluminium alloy. Non-linear transient thermal analysis diambil untuk mensimulasikan fenomena fisika panas dalam proses pengelasan. Desain Parameter Taguchi digunakan untuk membuat parameter pengelasan yang optimal dan meminimalisir tegangan dan tarikan sisa.

Hasil yang didapat dari Desain Eksperimen Taguchi digunakan untuk mensimulasikan proses pengelasan dan dibandingkan dengan hasil eksperimen aktual. dengan menggunakan data Desain Eksperimen, model perkiraan polynomial-based response surface method and the radial basis function dibuat menggunakan neural network. dengan menggunakan model ini, hubungan antara kondisi pengelasan dan panas mekanis dapat diestimasi dengan mudah melalui variasi dari parameter.

Dalam penelitian ini, metode Taguchi dieksplor dalam konteks LHW process. Kondisi optimal dalam pengelasan dalam eksperimen aktual sesuai dengan pendekatan berdasarkan metode Taguchi yang berdasarkan analisis numerikal.

2.7.2 Ahmet Tortum, Nadir Yayla, Cafer Celik, dan Mahir Gokdag, 2007

Penelitian tersebut berjudul “*The investigation of model selection criteria in artificial neural networks by the Taguchi method*”. ANN telah sukses digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah. Satu hal yang menjadi kekurangan ANN adalah tidak ada sistematika formal dalam membangun modelnya. Penelitian ini memperlihatkan aplikasi dari metode Taguchi dalam optimasi dari desain parameter menggunakan ANN. Hasil dari ANN ditentukan oleh pertimbangan metode Taguchi lewat pertimbangan faktor yang relevan terhadap ANN itu sendiri. Apa-apa saja yang mempengaruhi hasil simulasi ANN

dan levelnya pada peak analytical function ditentukan dari eksperimen komputasional. setelah proses pembelajaran jaringan, nilai-nilai dari data statistik ditentukan dan level parameter optimum didapat menggunakan pendekatan statistik. Hasil dari ANN ini ditunjukkan dengan lebih baik dalam kasus aplikasi metode Taguchi daripada menggunakan nilai faktor secara random.

2.7.3 Chun-Chih Chen , Ming-Chuen Chuang, 2008

Penelitian tersebut berjudul “*Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design*”. Kualitas estetika produk merupakan faktor penting dalam mencapai kepuasan konsumen. Penelitian ini menyajikan suatu pendekatan desain yang menggabungkan Kano Model untuk mendapatkan kombinasi yang optimal dari bentuk elemen desain. Hal ini secara efektif meningkatkan kepuasan konsumen dan kualitas estetik produk dengan beberapa karakteristik-kriteria.

Model Kano digunakan untuk lebih memahami hubungan antara kriteria kinerja dan kepuasan pelanggan, dan untuk mengatasi dilema *trade-off* dalam beberapa-kriteria optimasi dengan mengidentifikasi kriteria kunci dalam kepuasan konsumen. Pendekatan desain yang menggabungkan *grey relational analysis* dengan metode Taguchi untuk mengoptimalkan kualitas subyektif dengan beberapa karakteristik-kriteria. Ini secara simultan menghasilkan estetika yang optimal dan mengurangi variasi dalam evaluasi pelanggan.

Berdasarkan analisis model Kano, proses penyesuaian bobot memandu memprioritaskan beberapa kriteria, yang mengarah ke kepuasan pelanggan yang lebih tinggi. Percobaan desain telepon seluler dilakukan untuk memverifikasi manfaat penggunaan dalam pendekatan integratif yang diusulkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain telepon seluler yang optimal secara efektif dapat meningkatkan kinerja keseluruhan estetika dan kepuasan pelanggan. Meskipun desain ponsel adalah contoh dari penelitian ini, metode yang diusulkan mungkin akan lebih digunakan sebagai pendekatan desain universal yang kuat untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan kualitas produk dengan karakteristik multi-kriteria.

2.7.4 Ram Ganeshan, Shailesh Kulkarni, dan Tonya Boone, 2001

Penelitian tersebut berjudul “*Production economics and process quality: A Taguchi perspective*”. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk meninjau kembali interaksi production economics dengan kualitas proses dari perspektif Taguchia dalam biaya kualitas

Dalam penelitian ini, penulis menyelidiki kemungkinan investasi dalam proses untuk menurunkan varian yang terjadi. Meskipun investasi semacam ini dapat mengurangi proporsi cacat, dan investasi ini menjadi cukup besar, Taguchi Loss, akan meningkatkan biaya penyimpanan persediaan. Model yang dibangun dalam penelitian ini dapat menentukan tingkat optimal dari persediaan, dan ukuran lot produksi yang meminimalkan jumlah persediaan dan biaya kualitas yang berhubungan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mempelajari interaksi antara *production economics*, dan kualitas proses. Kontribusi utama kami berasal dari kenyataan solusi optimal kami termasuk kerugian dalam perspektif Taguchi.

Selanjutnya, dari analisis yang dibangun dalam penelitian ini, dapat membimbing manajer terhadap pilihan yang lebih baik untuk perbaikan proses. Misalnya, meningkatkan suatu proses tertentu dapat melibatkan *overhaul* mesin, memperbaiki peralatan, atau mungkin bahkan membeli yang baru. Setiap salah satu pilihan yang ada akan memiliki distribusi produksi yang terkait dengan hal itu, dan akibatnya model yang disajikan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk memilih opsi yang memiliki biaya persediaan paling kecil.

2.7.5 Shailesh Kulkarni, 2008

Penelitian tersebut berjudul “*Production economics and process quality: A Taguchi perspective*”. Penulis membahas hubungan dalam biaya kualitas dengan ukuran produksi pada model multiproduk untuk peningkatan kualitas dalam proses produksi yang diinginkan. Lebih jauh, penulis mengembangkan model matematika untuk mengatasi masalah ini. Penulis menggunakan model yang menghitung-ukuran lot optimal dan alokasi optimal investasi seluruh produk dengan sebuah batasan anggaran. Penulis pun menghitung biaya kerugian kualitas yang lebih efektif daripada fungsi kerugian Taguchi digunakan secara tradisional, dalam konteks *production-lot sizing*, dengan menggunakan bentuk yang

dimodifikasi dari fungsi kerugian terdistribusi normal dan mengembangkan ke dalam solusi optimal.

Terakhir, Penulis menunjukkan bahwa model dan metode keseluruhan dapat mudah diadaptasi dan akibatnya memiliki relevansi praktis dalam manajerial lapangan.



BAB 3

PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dalam penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan mengambil data sekunder perusahaan. Data sekunder ini adalah data yang berasal dari divisi *quality assurance* perusahaan yang berupa data historis proses produksi laminasi ekstrusi yang dijalankan oleh mesin EC3 khusus untuk produk Mamy Poko. Penulis juga melakukan wawancara langsung kepada supervisor, staf divisi *quality assurance*, dan operator. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan faktor-faktor *setting* (penyetelan) yang signifikan terhadap ketebalan lapisan, faktor *noise*, dan proses produksi sebenarnya.

3.1 Proses Produksi

PT Samudera Montaz Packaging Industry (PT SMPI) adalah sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan kemasan dari berbagai jenis produk seperti makanan, minuman, obat-obatan, dan lain-lain. Proses produksi yang dilakukan adalah berdasarkan pesanan (*job order*), dengan desain produk ditentukan oleh konsumen. Berdasarkan proses produksinya, produk yang dihasilkan dibedakan atas dua jenis, yaitu :

- a. Kemasan bentuk (*Fine Flexible Packaging*), merupakan kemasan jadi yang masih dalam bentuk gulungan atau roll untuk diproses lebih lanjut oleh konsumen yang bersangkutan.
- b. Pengemasan (*packaging*), merupakan kemasan jadi yang sudah diproses lebih lanjut sehingga produk akhirnya berbentuk kantong (*bag*). Bahan baku yang digunakan di PT SMPI ini sesuai dengan permintaan dari pelanggan, yaitu :
 - OPP (*Oriented Poly Propylen*) Film
 - PET (*Poli Esther*)
 - *Litho Paper*
 - Aluminium Foil

Pemakaian bahan baku tersebut disesuaikan dengan desain dan kesepakatan yang telah disetujui oleh customer yang tercantum dalam SIP (Standar Instruksi Pengerjaan). Secara garis besar proses produksi di PT SMPI terdiri dari :

1. Printing (pencetakan)

Dalam proses ini terdapat mesin printing yang berfungsi untuk mencetak gambar dan tulisan suatu produk pada permukaan film atau kertas sesuai dengan pesanan customer.

2. Laminating (pelapisan)

Proses laminasi ini berfungsi untuk melapisi suatu kemasan berupa film atau kertas yang sudah dicetak pada mesin printing. Pada PT SMPI ini, proses laminasi dibagi atas dua jenis :

a. Dry laminating

Adalah proses laminasi yang dilakukan dengan menggunakan adhesive (lem) yang dikeringkan dengan dryer.

b. Ekstrusion Laminating

Adalah proses laminasi yang dilakukan dengan cara mencurahkan resin yang telah dicairkan atau menggunakan adhesive untuk laminasi tambahan dari bahan aluminium foil atau litho paper.

3. Slitting (pemotongan)

Pada proses ini hasil dari proses laminasi yang berbentuk roll jumbo dipotong menjadi beberapa bagian dengan menggunakan mesin slitting. Selain pemotongan, pada mesin ini dilakukan pemeriksaan atau pengecekan kualitas produk hasil proses pencetakan dan laminasi dengan cara mencari bagian bagian yang rusak untuk kemudian diberi tanda untuk dibuang.

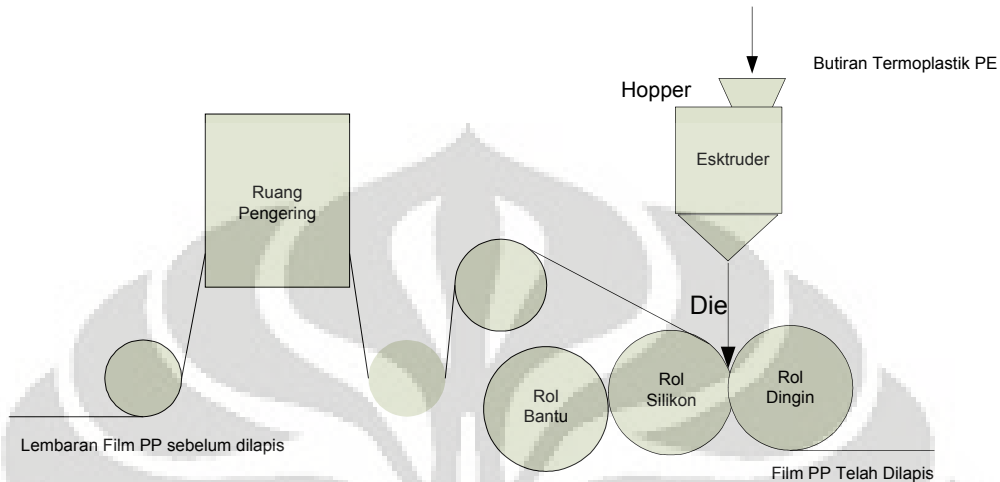
4. Bag Making

Pada proses ini dilakukan penyekatan (*sealing*), pada sisi tengah (*center sealing*) maupun sisi samping (*side sealing*) dari kemasan yang sudah dicetak dan dilaminasi.

3.1.1. Ekstrusion Laminating pada EC3

Mesin Ekstrusion Laminating merupakan suatu alat yang sebagian besar menggunakan silinder yang berputar sebagai pengantar benda kerja ke beberapa bagian mesin untuk diproses. Gambar 3.1 menggambarkan jalannya lembaran film

dari sebelum dilapis hingga telah dilapis dengan resin. Dapat dilihat bagan tersebut bahwa silinder-silinder yang bergerak mendominasi mesin tersebut.



Gambar 3. 1 Bagan Proses Laminasi Ekstrusi

(Sumber : Ilmi, Bahrul.,1999)

Beberapa bagian dari mesin ekstrusion laminating tersebut antara lain :

1. Unwinder Unit

Bagian ini berfungsi untuk menempatkan gulungan kemasan hasil printing yang akan dilaminasi.

2. Anchor Coating Unit

Berfungsi untuk melapisi kemasan dengan adhesive dan kemudian dikeringkan. Proses pengeringan ini dilakukan oleh bagian yang disebut heater Box.

3. Ekstrusion Unit

Berfungsi untuk mencairkan resin yang digunakan sebagai bahan pelapis kemasan yang sekaligus sebagai bahan perekat. Resin yang sudah cair ini kemudian keluar melalui bagian yang disebut T-Die.

4. Laminating Unit

Berfungsi untuk menyatukan hasil printing dengan cairan resin yang dicurahkan atau ditambah aluminium foil maupun litho paper (kertas) dengan bantuan perekat lem (adhesive).

5. Sandwich unwinder Unit

Berfungsi untuk menempatkan bahan tambahan misalnya, aluminium foil atau litho paper sesuai dengan jenis kemasan yang dipesan untuk diproses.

6. Powder Spray

Berfungsi untuk menyemprotkan tepung (powder) sebelum hasil laminasi digulung di rewinder unit sehingga gulungan tidak lengket.

7. Rewinder Unit

Berfungsi untuk menggulung kemasan yang telah selesai diproses.

3.2 Pengumpulan Data Historis

Data historis didapat dari salah satu data dokumentasi departemen *Quality Assurance* (QA) yang berjudul rekapan kualitas produk. Di dalam rekapan ini terdapat informasi sebagai berikut:

1. Jenis Artikel produk
2. Komposisi produk
3. Bahan baku dan bahan pembantu
4. Kondisi operasional
5. Data output keluaran berupa; kekuatan lapisan, ketebalan dan berat lapisan (lihat Lampiran 1).

Informasi yang direkap dan dijadikan input untuk pengolahan data adalah data pada kondisi operasional yang berisikan parameter-parameter proses yang menentukan jalannya proses serta data keluaran proses berupa ketebalan lapisan produk (*thickness*) yang merupakan respon kualitas pada penelitian ini.

Data yang dijadikan input pengolahan merupakan data rekapan kualitas pada jangka waktu bulan November 2009 hingga april 2010. Pengambilan data ketebalan lapisan dilakukan dengan penggunaan sampel produk laminasi ekstrusi dengan ukuran sampel produk sebesar 300 mm.

Untuk mendapatkan data ketebalan dari produk, maka divisi QA mengambil 30 titik dari sampel yang ada untuk diukur ketebalannya. Titik-titik inilah yang akan dijadikan dasar bagi divisi produksi untuk menentukan apakah produk layak atau tidak diteruskan ke proses selanjutnya. Pengambilan titik sampel diperlihatkan dalam gambar berikut ini:



Gambar 3. 2 Pembagian Sampel ketebalan Lapisan
(Sumber : PT. SMPI “Telah Dilolah Kembali”)

Pada dasarnya tidak ada aturan yang mengharuskan untuk mengambil 30 titik, namun jumlah ini di ambil oleh divisi QA dengan harapan mampu memberikan gambaran lebih menyeluruh mengenai ketebalan produk. Oleh karena itu, tidak masalah sama sekali jika jumlah titik yang diambil dari sampel kurang dari jumlah itu. Masih menurut divisi QA, jumlah titik minimal setidaknya ada 10 titik, atau jarak antar titik adalah 30 mm. Jarak ini dianggap masih bisa menggambarkan data ketebalan produk. Akan tetapi, satu hal yang sangat penting menurut divisi QA, yakni titik pada bagian ujung produk di dua sisi.

Titik pada ujung produk menjadi penting karena pada bagian inilah pengemasan (*bag making*) dilakukan oleh konsumen. Dua titik ujung ini akan menjadi bermasalah ketika terlalu tipis dan terlalu tebal (melebihi batas yang ditentukan). Jika terlalu tipis, maka ketika dilakukan proses pengemasan maka lapisan akan meleleh dan menyebabkan bolong. Sedangkan jika terlalu tebal, maka pada proses pengemasan maka ikatan yang terjadi di antara dua sisi ini tidak akan kuat, karena panas yang diberikan tidak cukup mapu untuk merekatkan kedua sisi.

3.2.1 Material

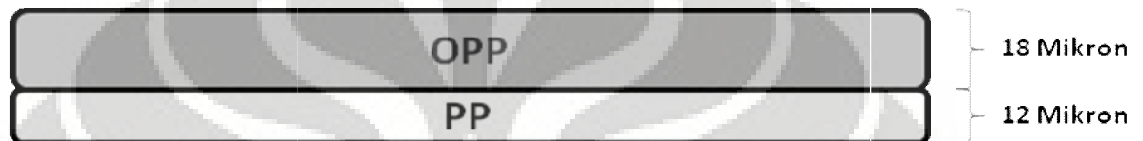
Pengumpulan data yang dilakukan hanya berfokus kepada satu jenis artikel produk dengan komposisi material yang sama yakni produk Mamy Poko standar.

Bahan-bahan dari produk ini adalah:

- OPP : Oriented Polyprophylene,

- PP : Polypropylene, dan
- Master Batch.

Material OPP merupakan plastic yang dijadikan dasar untuk proses printing gambar produk. Setelah gambar dicetak maka akan melali proses laminasi. Proses laminasi ini menggunakan resin PP yang dituangkan ke satu sisi dari OPP tadi. Master Batch digunakan sebagai bahan pemutih dari resin PP ketika melumuri OPP dalam proses laminasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Struktur Lapisan Produk

3.2.2 Parameter Kondisi Operasional

Data kondisi operasional diambil berdasarkan wawancara langsung dengan operator dan divisi produksi. Kondisi operaional ini adalah kondisi yang terjadi riil di lapangan dan diukur dalam proses produksi. Pencatatan kondisi operasional untuk tiap proses pembuatan produk tersebut dilakukan oleh bagian QA di pabrik SMPI yang direkap kedalam suatu data rekapan kualitas. Berikut ini adalah seluruh parameter proses yang mereka dokumentasikan.

3.2.3 Kualitas Produksi

Data yang diambil berjumlah 337 data yang diambil dari bulan November 2009 hingga april 2010. Dari semua data yang ada, dapat disimpulkan bahwa jumlah produk dengan hasil sangat bagus ada 4 data, cukup agus 262 data, dan sisanya adalah produk dengan kualitas buruk.

Tabel 3.1 Kualitas Proses Data Historis

Kualitas		
Sangat Bagus	Cukup	Buruk
4	262	71
Output yang dihasilkan memiliki ketebalan mendekati 30 mikron	Output yang dihasilkan memiliki ketebalan berada antara 31 dan 29 mikron (USL-LSL)	Output yang dihasilkan memiliki ketebalan diluar USL-LSL

3.3 Desain Parameter Taguchi

Setidaknya ada tiga langkah awal yang harus dilakukan dalam membangun desain parameter Taguchi. Ketiga langkah itu adalah menentukan level dan faktor dari faktor kontrol, menentukan level dan faktor gangguan (*noise*), dan Orthogonal Array.

3.3.1 Menentukan Level dan Faktor Kontrol

Respon kualitas yang dijadikan dasar dalam membangun desain parameter ini adalah ketebalan produk setelah proses laminasi. Ketebalan lapisan tersebut tersebut memiliki target nilai tersendiri yaitu 29-31 mikron.

Dalam penentuan level dan faktor kontrol ini, penulis melakukan observasi langsung dan wawancara kepada divisi QA maupun operator. Hasil yang didapat adalah 22 faktor kontrol sbb:

1. Suhu pemanasan pada zona cetakan (T die zone) 1-9

T-Die merupakan bagian dari extrusion unit yang berfungsi untuk menurunkan lelehan resin. T-Die tersebut terdiri dari tujuh cetakan keluaran resin dengan suhu yang dapat diatur pada panel suhu. Suhu pada T-Die berpengaruh pada jumlah keluaran lelehan resin. Hubungan yang diasumsikan oleh QA inspector adalah semakin tinggi suhu cetakan, semakin banyak resin yang dicurahkan, sehingga lapisan semakin tebal. Demikian yang terjadi sebaliknya bila suhu diturunkan.

2. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 1-7, adaptor, dan ekstruder

Cylinder zone merupakan salah satu bagian dari extrusion unit yang berfungsi untuk melelehkan bijih plastik yang akan menjadi resin. Seperti halnya

pada T-Die, Cylinder zone terdiri dari lima bagian C1-C7 serta adaptor dan joint yang akan mencairkan bijih plastik dengan cara memanaskannya. Semakin tinggi suhu pada cylinder zone, resin akan semakin panas dan akan sulit menyatu dengan lapisan lainnya. Namun jika suhu turun, resin yang lebih dingin cenderung akan mengelupas. Pada tahap selanjutnya, suhu pada setiap zona silinder akan dijadikan faktor yang berdiri sendiri (terpisah) karena faktor di setiap zona memiliki nilai setting yang berbeda-beda (menurut standard SIP).

3. Kecepatan putar sekrup spiral pada silinder ekstruder

Screw rotary berfungsi untuk mengaduk bijih plastik yang telah mencair menjadi resin tepat sebelum resin dikeluarkan dari zona cetakan (T die zone).

4. Kecepatan Lembaran Film

Kecepatan putaran lembaran film merupakan kecepatan putaran dari silicon rol saat berputar membawa lembaran film. Kecepatan putaran *screw* dapat dipengaruhi oleh kecepatan putaran lembaran film (*Line Speed*) karena semakin cepat lembaran film berjalan, maka resin juga harus semakin cepat keluar sebelum menimbulkan keluaran dengan pelapisan resin yang tidak merata.

Berikut ini adalah rangkuman faktor control dari proses laminasi ekstrusi untuk parameter ketebalan lapisan:

1. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 1 (C1)
2. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 2 (C2)
3. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 3 (C3)
4. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 4 (C4)
5. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 5 (C5)
6. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 6 (C6)
7. Suhu pemanasan pada silinder ekstruder zona 7 (C7)
8. Suhu pemanasan pada adaptor ekstruder
9. Suhu pemanasan pada joint ekstruder
10. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 1 (D1)
11. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 2 (D2)
12. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 3 (D3)
13. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 4 (D4)
14. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 5 (D5)

15. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 6 (D6)
16. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 7 (D7)
17. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 8 (D8)
18. Suhu pemanasan pada cetakan (T die) zona 9 (D9)
19. Suhu DZ1
20. Suhu DZ2
21. Kecepatan lembaran film (*Line Speed*)
22. Kecepatan putar skrup spiral pada silinder ekstruder (*Screw rotary*)

Penentuan level untuk tiap faktor *setting* perlu dilakukan dalam rangka mengetahui tingkat kontribusi dari tiap faktor independen tersebut terhadap ketahanan proses variasi. Penentuan level faktor ini didasari oleh nilai minimal, standar dan maksimal dari level yang paling sering digunakan. Hal ini didasari oleh level yang sering digunakan akan dapat memberikan gambaran setting riil lapangan. Penentuan level tidak didasari oleh nilai minimum atau maksimum data karena pada dasarnya nilai ini hanya digunakan dalam kondisi khusus, dan sangat jarang digunakan.

Tabel 3.2 merupakan daftar semua faktor kontrol pada penelitian ini beserta levelnya.

Tabel 3.2 Faktor Kontrol Beserta Levelnya

No.	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3	No.	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
1	C1	190	220	225	12	D1	290	295	300
2	C2	200	230	235	13	D2	270	280	285
3	C3	241	250	260	14	D3	260	265	270
4	C4	260	265	267	15	D4	270	275	280
5	C5	270	275	280	16	D5	260	265	270
6	C6	280	285	290	17	D6	270	275	280
7	C7	280	285	290	18	D7	270	275	280
8	HJ/F	280	285	290	19	D8	280	295	300

Tabel 3.3 Faktor Kontrol Beserta Levelnya (lanjutan)

9	ADP	280	285	290	20	D9	290	295	300
10	DZ1	270	275	280	21	Screw	46	48	52
11	DZ2	270	275	280	22	Speed	100	105	110

3.3.2 Menentukan Level dan Faktor Gangguan (*Noise*)

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. 4 Faktor Pengganggu Beserta Levelnya

No.	Faktor Gangguan	Level 1	Level 2
1	Shift Produksi	08.00 - 20.00 WIB	20.00 – 08.00 WIB

3.3.3 Penentuan Matriks *Orthogonal Array*

Matriks orthogonal merupakan matriks fraksional factorial yang menjamin perbandingan yang seimbang dari level di tiap faktor atau interaksi dari faktor. Penentuan matriks OA berdasarkan jumlah faktor dan level yang dipakai untuk penelitian. Dari 22 faktor kontrol yang terbagi menjadi 3 level, maka dipilihlah suatu OA $L_{54}(3^{22})$.

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_{54} , sementara *outer array* berisikan kolom untuk *noise factor* dengan konstruksi *one-way layout*. Tapi penggunaan *outer OA* hanya diperuntukkan untuk pada eksperimen di mana faktor noise yang mempengaruhi performa dapat disetel, dalam hal ini adalah penentuan shift untuk tiap eksperimen. Tabel 3.4 merupakan matriks OA dengan *inner* dan *outer array*nya:

Tabel 3. 4 Orthogonal Array L₅₄

Experiment	Inner Array (L54)																						Outer Array	
	Control Factor Assignment and Column Number																						Thickness (mikron)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	N1	N2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
4	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	3	2	3	2	3	2	3		
5	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	1	3	1	3		
6	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	1	2	1	2	1	2	1		
7	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	2	3	2	3	2	3	2		
8	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	3	1	3	1	3	1		
9	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1		
10	3	2	1	1	2	2	3	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	1	2	3	2	3		
11	1	2	1	1	2	2	3	3	3	2	2	3	3	1	1	2	2	2	3	1	3	1		
12	2	2	1	1	2	2	3	3	3	3	3	1	1	2	2	3	3	3	1	2	1	2		
13	1	2	2	2	3	3	1	1	1	1	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	2		
14	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	3	1	3	1	1	3	1	3		
15	3	2	2	2	3	3	1	1	3	3	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1		
16	2	2	3	3	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3	3	2	3	2	1	1	1	1		
17	3	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	1	1	3	1	3	2	2	2	2		
18	1	2	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	2	1	2	1	3	3	3	3		
19	2	3	1	2	1	3	2	3	1	2	1	3	2	3	1	1	2	3	1	1	3	2		
20	3	3	1	2	1	3	2	3	2	3	2	1	3	1	2	2	3	1	2	2	1	3		
21	1	3	1	2	1	3	2	3	3	1	3	2	1	2	3	3	1	2	3	3	2	1		
22	3	3	2	3	2	1	3	1	1	2	1	3	2	3	2	3	3	2	2	3	1	1		
23	1	3	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	1	3	1	1	3	3	1	2	2		
24	2	3	2	3	2	1	3	1	3	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	2	3	3		
25	1	3	3	1	3	2	1	2	1	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	3		
26	2	3	3	1	3	2	1	2	2	3	2	1	3	1	1	3	2	2	1	3	3	1		
27	3	3	3	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	2	1	3	3	2	1	1	2		
28	2	1	1	3	3	2	2	1	1	3	3	2	2	1	1	1	3	2	3	2	2	3		
29	3	1	1	3	3	2	2	1	2	1	1	3	3	2	2	2	1	3	1	3	3	1		
30	1	1	1	3	3	2	2	1	3	2	2	1	1	3	3	3	2	1	2	1	1	2		
31	3	1	2	1	1	3	3	2	1	3	3	2	2	1	2	3	1	1	1	3	2	2		
32	1	1	2	1	1	3	3	2	2	1	1	3	3	2	3	1	2	2	2	2	1	3		
33	2	1	2	1	1	3	3	2	3	2	2	1	1	3	1	2	3	3	3	3	2	1		
34	1	1	3	2	2	1	1	3	1	3	3	2	2	1	3	2	2	3	2	3	1	1		
35	2	1	3	2	2	1	1	3	2	1	1	3	2	1	3	3	1	3	1	3	1	2		
36	3	1	3	2	2	1	1	3	3	3	2	1	1	3	2	1	1	2	1	2	3	3		
37	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1	1	2	3	3	2	1	1		
38	1	2	1	2	3	1	3	2	2	3	1	2	1	3	2	2	3	1	1	3	2	2		
39	2	2	1	2	3	1	3	2	3	1	2	3	2	1	3	3	1	2	2	1	3	3		
40	1	2	2	3	1	2	1	3	1	2	3	1	3	2	2	3	3	2	1	1	2	3		
41	2	2	2	3	1	2	1	3	2	3	1	2	1	3	3	1	1	3	2	2	3	1		
42	3	2	2	3	1	2	1	3	3	1	2	3	2	1	1	2	2	1	3	3	1	2		
43	2	2	3	1	2	3	2	1	1	2	3	1	3	2	3	2	1	1	2	3	3	2		
44	3	2	3	1	2	3	2	1	2	3	1	2	1	3	1	3	2	2	3	1	1	3		
45	1	2	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	2	1	3	3	1	2	2	1		
46	1	3	1	3	2	3	1	2	1	3	2	3	1	2	1	1	3	2	2	3	3	2		
47	2	3	1	3	2	3	1	2	2	1	3	1	2	3	2	2	1	3	3	1	1	3		
48	3	3	1	3	2	3	1	2	3	2	1	2	3	1	3	3	2	1	1	2	2	1		
49	2	3	2	1	3	1	2	3	1	3	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2	1	1		
50	3	3	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3	2		
51	1	3	2	1	3	1	2	3	3	2	1	2	3	1	1	2	3	3	2	1	3	3		
52	3	3	3	2	1	2	3	1	1	3	2	3	1	2	3	2	2	3	1	1	2	3		
53	1	3	3	2	1	2	3	1	2	1	3	1	2	3	1	3	3	1	2	2	3	1		
54	2	3	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	1	1	2	3	3	1	2		

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, penulis membuat model dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (jaringan syaraf tiruan) untuk mencari nilai prediksi dari eksperimen yang kombinasi tiap faktornya didasari oleh matriks Orthogonal Array. Selanjutnya, pada bab ini juga akan dilakukan pencarian faktor kontrol optimum dari kondisi operasional proses serta prediksi keluaran yang akan dihasilkan oleh kondisi optimum tersebut. Hasil dari bab ini berupa usulan desain penyetelan kondisi operasional yang optimum dan analisa biaya yang terjadi ketika sistem sebelum dan sesudah optimasi dilakukan.

4.1 Model Tiruan *Neural network*

Dengan jumlah faktor kontrol yang mencapai 22 faktor, serta level setiap faktor kontrol yang mencapai 3 level, maka struktur jaringan yang digunakan dalam pembuatan model *neural network* ini adalah *Multilayer Perceptron (MLP)* dan *Feed Forward*. Struktur *MLP* menandakan model terdiri lebih dari satu lapisan *neuron* atau elemen proses dimana seluruh *output* pada setiap lapisan terhubung dengan seluruh *input* pada lapisan selanjutnya. 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.

Proses pembelajaran (*training*) dilakukan dengan mengambil data historis sebagai input model. *Training* model dibantu dengan penggunaan *software NNpred* (NN for *prediction*) dengan arsitektur dan algoritma yang sama dengan yang sudah dijelaskan sebelumnya. *Software* ini berbasis *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. Pengujian atau *testing* dilakukan untuk melihat perbedaan nilai antara nilai aktual dengan nilai prediksi hasil model *neural network*. Perbedaan ini dapat diukur dengan membandingkan antara data input (data historis) dengan model yang sudah dibentuk melalui proses *training*.

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

1. Pemasukkan Data (*Data input*)

Seluruh data yang berisi level tiap faktor dan respon kualitas dari kombinasi level faktor tersebut dimasukkan ke dalam tabel *macros* dari *software*. Semua faktor tersebut dijadikan sebagai variabel dan dibagi dalam dua kelompok data, yaitu Continuous untuk data yang kontinyu, Categorical untuk data kategorikal.

Sedangkan kolom output diisi dengan 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 4.1.

2. Penyetelan Parameter Model

Penentuan parameter penting dilakukan untuk mendapatkan nilai *training* dan *testing* yang optimal. Parameter ini akan menentukan arsitektur dari jaringan model yang kita buat. Dari 337 set data historis yang ada, 80% data digunakan untuk *training* dan 20% data digunakan untuk *testing* model.

Tortum, et. al. (2007) merekomendasikan kriteria parameter seperti ini untuk mendapatkan nilai performa optimal model yang dibuat dari data input dalam jumlah medium (300-500 data), maka 80% data tersebut dijadikan sebagai data *training* dan sisanya untuk *testing*. Selain itu, jumlah neuron dalam tiap *layer* yang digunakan tidak terlalu banyak.

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.
2. Jumlah *Output*: Jumlah *output* yang dimasukkan sesuai dengan data yang dimiliki dan yang telah dimasukkan ke dalam tabel user *input* sebelumnya.
3. Jumlah *Hidden layer*: *Hidden layer* adalah lapisan tersembunyi dalam struktur jaringan yang terletak antara lapisan *input* dan *output*.

4. Ukuran *Hidden layer*: jumlah *neuron* (atau elemen proses) pada masing-masing *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.
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).
7. Momentum: alternatif cara untuk mengubah bobot dengan memberikan momen inersia ke dalam persamaan perubahan pembobot.
8. *Total rows*: Jumlah data pada tabel *user input* yang akan dimasukkan untuk proses pembelajaran dan proses validasi pembuatan model tiruan.
9. *Training Cycle*: jumlah iterasi yang diperlukan, atau satu siklus training vektor (*epoch*).
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.

Tabel 4.1 Tipe Variabel Model Tiruan NN

Variabel Model Tiruan	
Nama	Tipe
Suhu T-Die 1 (D1)	Continuous
Suhu T-Die 2 (D2)	Continuous
Suhu T-Die 3 (D3)	Continuous
Suhu T-Die 4 (D4)	Continuous
Suhu T-Die 5 (D5)	Continuous
Suhu T-Die 6 (D6)	Continuous
Suhu T-Die 7 (D7)	Continuous
Suhu T-Die 8 (D8)	Continuous
Suhu T-Die 9 (D9)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 1 (C1)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 2 (C2)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 3 (C3)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 4 (C4)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 5 (C5)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 6 (C6)	Continuous
Suhu Silinder ekstruder 7 (C7)	Continuous
Suhu Adaptor Silinder ekstruder (ADP)	Continuous
Suhu Joint Silinder ekstruder (HJ/F)	Continuous
Suhu DZ 1	Continuous
Suhu DZ 2	Continuous
<i>Line Speed</i>	Continuous
<i>Screw rotary</i>	Continuous
Shift Produksi	Categorical
Ketebalan lapisan	Output

Jika dilihat pada tabel pengelompokan variabel diatas, variabel shift produksi merupakan satu-satunya variabel yang dimasukkan sebagai data kategorikal. Hal ini disebabkan variabel tersebut hanya berisikan data 1 dan 2 yang menandakan shift pagi dan malam.

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

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 *validation 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.

Hasil dari tahap ini adalah model tiruan dari proses laminasi ekstrusi pada mesin EC3 yang menjadi objek penelitian. Model tiruan ini sudah memiliki bobot masing-masing yang nantinya digunakan untuk memprediksi nilai ketebalan dari setiap kombinasi *Orthogonal Array*. Tabel 4.2 berikut ini merupakan parameter yang digunakan dalam membentuk model.

Tabel 4.2 Parameter Model Tiruan NN

Network Architecture Options	
Number of Inputs	23
Number of Hidden Layers	2
Number of Outputs	10
Learning Parameter	0.5
Momentum	0.5
Hidden layer sizes	2 & 2
Initial Weight Range	0.5
Training Options	
Number of training test	270 (80%)
Number of Validation test	67 (20%)
Number of training cycles	150
Training mode	Sequential

Model tiruan NN yang digunakan untuk memprediksi nilai keluaran proses (respon kualitas) memiliki dua macam satuan untuk memprediksi kesalahan. MSE (*Mean Squared Error*) menghitung selisih antara *actual output* dengan *predicted output*. Sementara ARE (*Absolute Relative Error*) merupakan persentase dari selisih tersebut. 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 lapisan dari proses laminasi.

Tabel 4.3 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 (%)
0.760	2.33	0.851	2.37

4.2 Pelaksanaan Eksperimen dengan Model Tiruan

Model tiruan ini berfungsi untuk menggantikan eksperimen aktual karena model tersebut dapat memprediksi nilai keluaran dari proses. Langkah yang perlu dilakukan yaitu dengan memasukkan nilai tiap faktor berdasarkan level yang telah ditentukan oleh matriks OA dengan kombinasi yang berbeda pada setiap eksperimennya.

Pada penelitian ini, nilai dari respon kualitas hasil eksperimen dikonversikan kedalam nilai *S/N Ratio* dan *main effect plot mean*. Nilai *S/N Ratio* berfungsi untuk mencari faktor kontrol yang berkontribusi signifikan terhadap variasi, sementara *main effect plot mean* untuk mencari faktor kontrol yang berkontribusi signifikan terhadap nilai rata-rata. Kedua hal ini menjadi pertimbangan utama dalam karakteristik *nominal-is-best* untuk dapat meminimalkan variasi sekaligus meminimalisir variasi nilai rata-rata output terhadap target. Tabel di bawah ini adalah hasil eksperimen menggunakan model tiruan:

Rumus *S/N Ratio* untuk *nominal-is-best*:

$$10 \log \frac{\bar{y}_{ij}^2}{V_{ij}} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana \bar{y}_{ij} : rata-rata nilai ketebalan ke-i pada eksperimen ke-j

v_{ij} : varians nilai ketebalan ke-i pada eksperimen ke-j

Tabel 4.4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN

No.	Shift 1										Mean	S/N Ratio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	31.01	31.14	31.27	30.93	31.01	31.32	31.54	31.02	31.01	31.27	31.2	44.2
2	30.30	30.49	30.51	30.21	30.31	30.57	30.75	30.48	30.44	30.53	30.5	45.9
3	30.28	30.47	30.49	30.18	30.29	30.54	30.72	30.46	30.42	30.51	30.4	45.9
4	30.34	30.52	30.55	30.24	30.35	30.60	30.79	30.51	30.47	30.57	30.5	45.8
5	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0
6	30.20	30.40	30.41	30.11	30.21	30.46	30.64	30.41	30.36	30.43	30.4	46.0
7	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.1
8	30.30	30.49	30.51	30.21	30.31	30.57	30.75	30.48	30.44	30.53	30.5	45.9
9	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
10	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.59	30.37	30.33	30.38	30.3	46.1
11	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
12	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
13	30.30	30.49	30.51	30.21	30.31	30.57	30.75	30.48	30.44	30.53	30.5	45.9
14	30.21	30.41	30.42	30.12	30.22	30.47	30.65	30.41	30.37	30.44	30.4	46.0
15	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.40	30.58	30.36	30.32	30.37	30.3	46.1
16	30.38	30.57	30.60	30.29	30.40	30.65	30.84	30.54	30.51	30.62	30.5	45.8
17	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.36	30.3	45.9
18	30.17	30.38	30.38	30.08	30.19	30.43	30.61	30.39	30.34	30.40	30.3	46.0
19	30.29	30.48	30.50	30.19	30.30	30.55	30.74	30.47	30.43	30.52	30.4	45.8
20	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0

Tabel 4. 4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN (Lanjutan)

21	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
22	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
23	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.3	45.9
24	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.60	30.37	30.33	30.38	30.3	46.0
25	30.77	30.92	31.01	30.68	30.77	31.06	31.27	30.84	30.82	31.02	30.9	44.9
26	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.59	30.37	30.33	30.38	30.3	46.1
27	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.37	30.3	45.9
28	30.23	30.43	30.44	30.14	30.24	30.50	30.68	30.43	30.39	30.46	30.4	45.8
29	30.25	30.45	30.46	30.16	30.26	30.52	30.70	30.44	30.40	30.48	30.4	45.8
30	30.15	30.36	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.38	30.3	45.9
31	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.37	30.3	45.9
32	30.21	30.41	30.42	30.12	30.22	30.47	30.65	30.41	30.37	30.43	30.4	46.0
33	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
34	30.14	30.35	30.35	30.06	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.37	30.3	46.0
35	30.95	31.09	31.21	30.87	30.95	31.25	31.47	30.97	30.97	31.21	31.1	44.4
36	31.07	31.21	31.35	31.00	31.07	31.39	31.62	31.07	31.07	31.34	31.2	43.9
37	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
38	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
39	30.18	30.38	30.38	30.09	30.19	30.44	30.62	30.39	30.34	30.40	30.3	46.0
40	31.07	31.21	31.35	31.00	31.07	31.39	31.62	31.07	31.07	31.34	31.2	43.9
41	30.13	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0
42	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.3	45.9

Tabel 4. 4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN (Lanjutan)

43	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.60	30.38	30.33	30.39	30.3	45.9
44	30.19	30.39	30.40	30.10	30.20	30.45	30.63	30.40	30.35	30.41	30.4	46.0
45	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0
46	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0
47	30.54	30.71	30.77	30.45	30.55	30.82	31.02	30.66	30.64	30.79	30.7	45.4
48	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.1
49	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
50	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.60	30.37	30.33	30.38	30.3	46.0
51	30.33	30.51	30.54	30.23	30.34	30.59	30.78	30.50	30.46	30.56	30.5	45.8
52	30.20	30.40	30.41	30.11	30.21	30.46	30.64	30.40	30.36	30.42	30.4	46.0
53	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.3	46.0
54	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.3	46.0
Shift 2												
No.											Mean	S/N Ratio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	30.36	30.54	30.57	30.26	30.36	30.62	30.81	30.52	30.49	30.59	30.512	45.7887
2	30.25	30.45	30.46	30.16	30.26	30.52	30.70	30.45	30.40	30.48	30.413	45.8308
3	30.24	30.44	30.45	30.15	30.25	30.50	30.69	30.44	30.39	30.47	30.402	45.8688
4	30.31	30.50	30.53	30.22	30.32	30.58	30.76	30.49	30.45	30.55	30.471	45.8258
5	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801
6	30.17	30.37	30.38	30.08	30.18	30.43	30.61	30.38	30.34	30.40	30.334	45.9497
7	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801
8	30.26	30.45	30.47	30.17	30.27	30.53	30.71	30.45	30.41	30.49	30.421	45.8595

Tabel 4. 4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN (Lanjutan)

9	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
10	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.36	30.306	45.9252
11	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
12	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
13	30.24	30.43	30.45	30.15	30.25	30.50	30.68	30.43	30.39	30.47	30.399	46.0129
14	30.18	30.38	30.38	30.09	30.19	30.44	30.61	30.39	30.34	30.40	30.34	46.1121
15	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.302	46.0977
16	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.37	30.314	45.9481
17	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.302	46.0977
18	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.37	30.314	45.9481
19	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.36	30.306	45.9252
20	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
21	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
22	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
23	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801
24	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.36	30.306	45.9252
25	30.34	30.53	30.55	30.25	30.35	30.61	30.79	30.51	30.47	30.58	30.498	45.8521
26	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.57	30.36	30.31	30.36	30.303	46.0586
27	30.13	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.301	46.0268
28	30.20	30.40	30.41	30.11	30.21	30.46	30.64	30.40	30.36	30.43	30.362	45.9759
29	30.21	30.41	30.42	30.12	30.22	30.47	30.65	30.41	30.37	30.44	30.372	45.9788
30	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.32	30.37	30.307	45.9015

Tabel 4. 4 Data Hasil Eksperimen dengan Model Tiruan NN (Lanjutan)

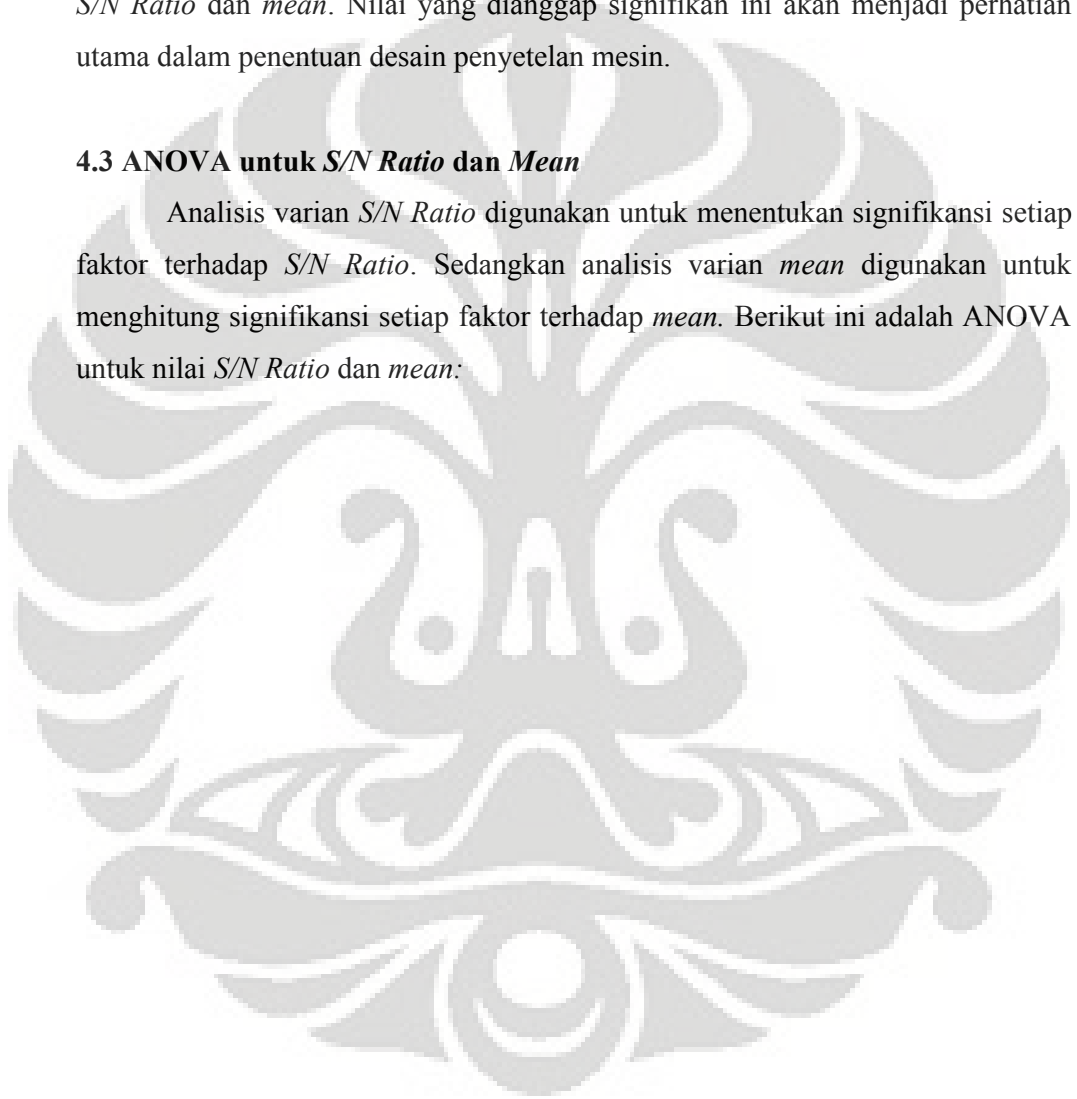
31	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.304	45.9453
32	30.18	30.38	30.39	30.09	30.19	30.44	30.62	30.39	30.34	30.40	30.342	45.9785
33	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
34	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.304	45.9453
35	30.34	30.53	30.56	30.25	30.35	30.61	30.80	30.51	30.48	30.58	30.501	45.7245
36	30.41	30.59	30.62	30.31	30.42	30.68	30.87	30.56	30.53	30.65	30.564	45.6589
37	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
38	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
39	30.14	30.35	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.305	45.9289
40	30.58	30.75	30.80	30.49	30.59	30.86	31.06	30.69	30.67	30.83	30.732	45.3856
41	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
42	30.13	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.301	46.0268
43	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.58	30.37	30.32	30.37	30.313	46.0615
44	30.16	30.36	30.37	30.07	30.17	30.42	30.59	30.37	30.33	30.38	30.322	46.0864
45	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
46	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801
47	30.22	30.41	30.43	30.12	30.23	30.48	30.66	30.42	30.37	30.44	30.378	45.9147
48	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801
49	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
50	30.13	30.34	30.35	30.05	30.15	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.301	46.0268
51	30.15	30.35	30.36	30.06	30.16	30.41	30.59	30.37	30.32	30.37	30.314	45.9481
52	30.14	30.34	30.35	30.05	30.15	30.40	30.58	30.36	30.31	30.36	30.304	45.9453

53	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.35	30.31	30.36	30.298	46.0035
54	30.13	30.34	30.34	30.05	30.14	30.39	30.57	30.36	30.31	30.36	30.299	45.9801

Nilai *S/N Ratio* dan *mean* ini selanjutnya dianalisa menggunakan ANOVA untuk menentukan faktor mana yang berpengaruh signifikan atau tidak terhadap *S/N Ratio* dan *mean*. Nilai yang dianggap signifikan ini akan menjadi perhatian utama dalam penentuan desain penyetelan mesin.

4.3 ANOVA untuk *S/N Ratio* dan *Mean*

Analisis varian *S/N Ratio* digunakan untuk menentukan signifikansi setiap faktor terhadap *S/N Ratio*. Sedangkan analisis varian *mean* digunakan untuk menghitung signifikansi setiap faktor terhadap *mean*. Berikut ini adalah ANOVA untuk nilai *S/N Ratio* dan *mean*:



Tabel 4.5 Analisis Varian untuk *S/N Ratio*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C1	2	4.492	4.4925	2.2462	1.67	0.241
C2	2	8.056	8.0561	4.0281	3.00	0.101
C3	2	6.253	6.2529	3.1264	2.33	0.153
C4	2	0.560	0.5603	0.2801	0.21	0.816
C5	2	4.867	4.8670	2.4335	1.81	0.218
C6	2	14.435	14.4351	7.2176	5.37	0.029
C7	2	47.135	47.1345	23.5673	17.54	0.001
HJ/F	2	7.236	7.2365	3.6182	2.69	0.121
ADP	2	5.730	5.7296	2.8648	2.13	0.175
DZ1	2	16.858	16.8578	8.4289	6.27	0.020
DZ2	2	5.444	5.4445	2.7222	2.03	0.188
D1	2	12.572	12.5721	6.2860	4.68	0.040
D2	2	1.631	1.6313	0.8157	0.61	0.566
D3	2	3.228	3.2283	1.6142	1.20	0.345
D4	2	4.065	4.0652	2.0326	1.51	0.271
D5	2	0.563	0.5632	0.2816	0.21	0.815
D6	2	15.025	15.0251	7.5126	5.59	0.026
D7	2	5.252	5.2521	2.6261	1.95	0.197
D8	2	16.118	16.1178	8.0589	6.00	0.022
D9	2	23.400	23.4000	11.7000	8.71	0.008
SCREW	2	1.831	1.8311	0.9156	0.68	0.530
SPEED	2	9.323	9.3234	4.6617	3.47	0.076
Residual Error	9	12.094	12.0944	1.3438		
Total	53	226.171				

Dari tabel ANOVA di atas, faktor dianggap signifikan jika nilai *P-value* kurang dari 0,05. Dari tabel di atas, ada tujuh parameter yang paling signifikan berpengaruh terhadap nilai *S/N Ratio*. Ketujuh parameter itu adalah C6, C7, DZ1, D1, D6, D8, dan D9. Jika nilai *P-value* lebih dari 0,05 bukan berarti parameter tersebut tidak berpengaruh sama sekali terhadap respon, akan tetapi tetap memiliki pengaruh namun kecil atau tidak begitu signifikan.

Tabel 4.6 Analisis Varian untuk Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C1	2	0.04013	0.040128	0.020064	4.03	0.056
C2	2	0.08429	0.084289	0.042145	8.47	0.009
C3	2	0.01356	0.013558	0.006779	1.36	0.304
C4	2	0.00170	0.001697	0.000849	0.17	0.846
C5	2	0.01610	0.016104	0.008052	1.62	0.251
C6	2	0.05653	0.056525	0.028263	5.68	0.025
C7	2	0.31394	0.313937	0.156969	31.55	0.000
HJ/F	2	0.03096	0.030956	0.015478	3.11	0.094
ADP	2	0.05426	0.054258	0.027129	5.45	0.028
DZ1	2	0.10921	0.109207	0.054603	10.97	0.004
DZ2	2	0.02163	0.021631	0.010816	2.17	0.170
D1	2	0.06373	0.063727	0.031863	6.40	0.019
D2	2	0.01516	0.015159	0.007579	1.52	0.269
D3	2	0.02084	0.020841	0.010421	2.09	0.179
D4	2	0.04054	0.040544	0.020272	4.07	0.055
D5	2	0.01065	0.010647	0.005323	1.07	0.383
D6	2	0.05544	0.055436	0.027718	5.57	0.027
D7	2	0.01334	0.013337	0.006668	1.34	0.309
D8	2	0.09599	0.095994	0.047997	9.65	0.006
D9	2	0.08010	0.080100	0.040050	8.05	0.010
SCREW	2	0.02442	0.024419	0.012209	2.45	0.141
SPEED	2	0.13940	0.139402	0.069701	14.01	0.002
Residual Error	9	0.04478	0.044778	0.004975		
Total	53	1.34667				

Sedangkan dari ANOVA terhadap *mean* di atas, ada sepuluh faktor yang paling signifikan berpengaruh terhadap nilai *mean*. Kesepuluh parameter itu adalah C2, C6, C7, ADP, DZ1, D1, D6, D8, D9 dan SPEED. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap *S/N Ratio* dan *mean*:

Tabel 4.7 Faktor yang Berpengaruh Signifikan terhadap *S/N Ratio* dan *Mean*

Signifikan terhadap <i>S/N Ratio</i>	Signifikan terhadap <i>Mean</i>
Suhu Silinder ekstruder 6 (C6)	Suhu Silinder ekstruder 2 (C2)
Suhu Silinder ekstruder 7 (C7)	Suhu Silinder ekstruder 6 (C6)

Tabel 4.7 Faktor yang Berpengaruh Signifikan terhadap *S/N Ratio* dan *Mean* (Lanjutan)

Suhu DZ1	Suhu Silinder ekstruder 7 (C7)
Suhu T-Die 1 (D1)	Suhu Adaptor Silinder Ekstruder (ADP)
Suhu T-Die 6 (D6)	Suhu DZ1
Suhu T-Die 8 (D8)	Suhu T-Die 1 (D1)
Suhu T-Die 9 (D9)	Suhu T-Die 6 (D6)
	Suhu T-Die 8 (D8)
	Suhu T-Die 9 (D9)
	SPEED

Secara keseluruhan, faktor-faktor yang signifikan terhadap *S/N Ratio* juga berpengaruh signifikan terhadap *mean*. Dapat disimpulkan bahwa ada tujuh parameter yang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan *S/N Ratio* sekaligus berpengaruh signifikan terhadap nilai *mean*. Dengan menyetel faktor ini dalam level optimum, maka respon kualitas yang terjadi akan semakin dekat dengan target dan memiliki nilai variasi yang minimal.

Hanya saja pada *mean*, ada tiga faktor yang dianggap signifikan berpengaruh terhadap *mean* namun tidak signifikan terhadap *S/N Ratio*. Ini berarti faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi respon hingga mencapai nilai rata-rata mendekati target namun tidak dapat meminimalkan variasi yang terjadi.

4.4 Pembentukan *Main Effects Plots*

Setelah mengetahui parameter mana yang signifikan terhadap respon kualitas, selanjutnya dilakukan pemilihan level dari setiap faktor yang ada. Pemilihan level ini dilakukan untuk mendapatkan nilai penyetelan yang optimal berdasarkan nilai *S/N Ratio* maupun *mean*. Usulan desain optimal ini diambil dari tabel *main effect* baik dari *S/N Ratio* maupun *mean*.

4.4.1 *Main Effects Plot* untuk *S/N Ratio*

Tabel *main effect* ini didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata *S/N Ratio* dari setiap level dalam faktor. Nilai ini dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\Sigma S/N \text{ Ratio pada factor level } A_1 : \text{Jumlah Eksperimen dengan level } A_1$$

Dari rumus tersebut, didapat peringkat dari level mana dalam sebuah faktor yang memiliki nilai pengaruh terbesar hingga terkecil. Peringkat ini diplot dalam sebuah tabel sehingga lebih memudahkan dalam proses penentuan level mana yang berpengaruh signifikan terhadap respon daripada level lainnya.

Untuk *Main Effect S/N Ratio*, maka dipilih yang memiliki nilai *S/N Ratio* terbesar karena semakin besar nilai *S/N Ratio* maka akan semakin tidak sensitif respon kualitas terhadap faktor pengganggu.

4.4.2 *Main Effects Plot* untuk *Mean*

Untuk mendapatkan *main effect plots* untuk *mean*, secara mendasar sama halnya pada *S/N Ratio*, yang membedakan hanya pada *main effect plot* ini nilai rata-rata *S/N Ratio* diganti dengan nilai rata-rata ketebalan dari *mean* di tiap level dalam parameter. Sama dengan *main effects plot* untuk *S/N Ratio*, dalam *main effect* untuk *mean* ini didapat peringkat dari level mana dalam sebuah faktor memiliki nilai pengaruh terbesar hingga terkecil.

Untuk *Main Effect mean*, maka dipilih yang memiliki nilai paling dekat dengan target respon karena semakin dekat nilai *mean* maka desain akan memberikan respon semakin mendekati target yang diinginkan.

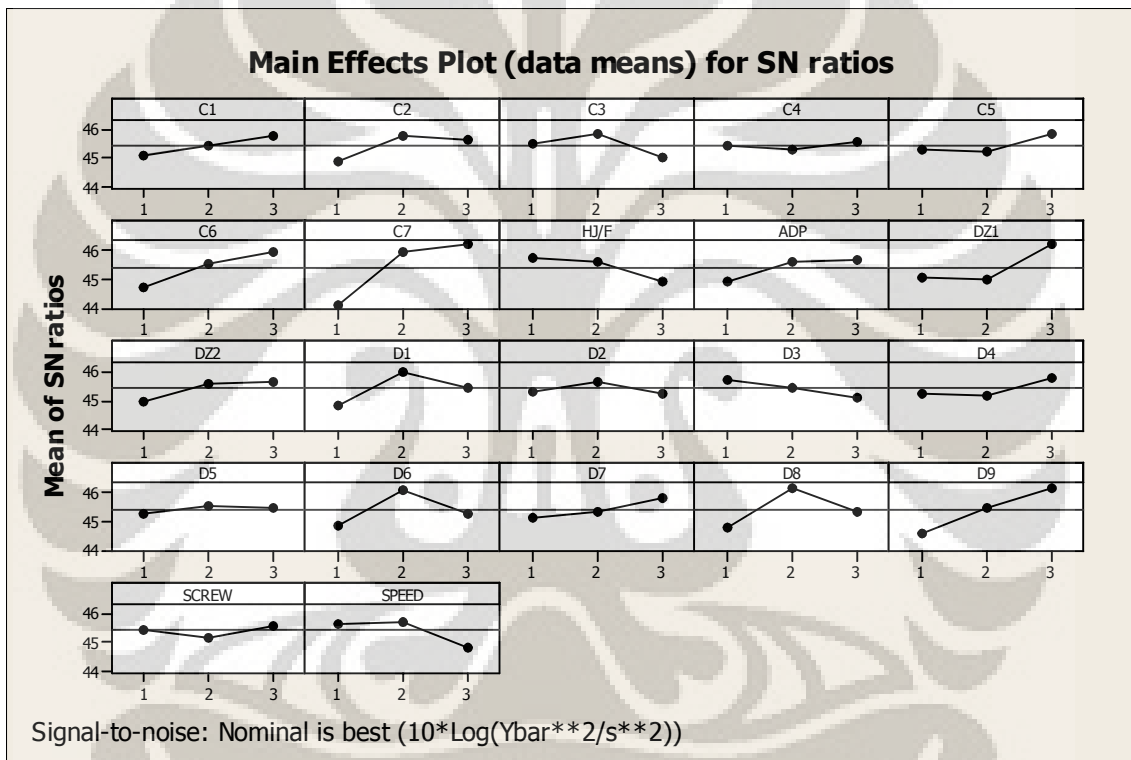
Untuk menggambarkan rata-rata nilai *S/N Ratio* dan *mean*, berikut ini diperlihatkan tabel dan gambar dari keduanya:

Tabel 4.8 Rata-Rata *S/N Ratio* untuk Setiap Parameter Level

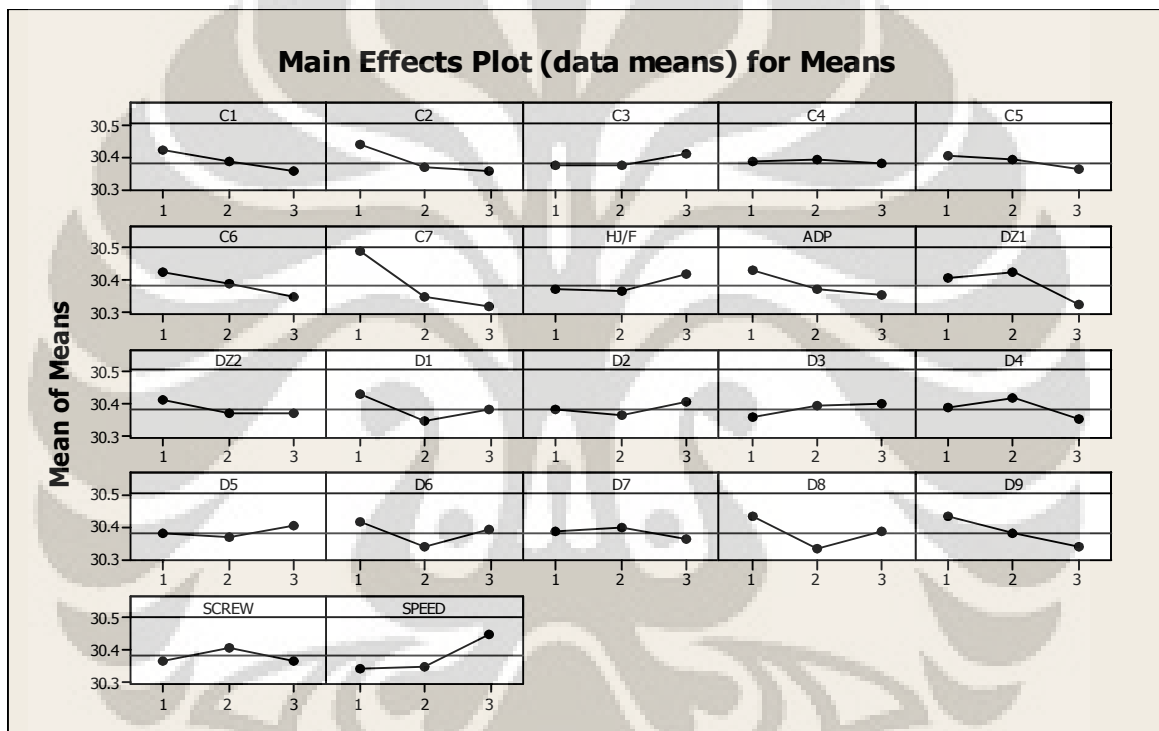
Level	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	HJ/F	ADP	DZ1
1	45.05	44.87	45.49	45.41	45.24	44.71	44.10	45.73	44.95	45.03
2	45.41	45.75	45.78	45.28	45.16	45.56	45.93	45.61	45.59	45.00
3	45.76	45.60	44.96	45.53	45.83	45.95	46.20	44.90	45.68	46.20
Delta	0.71	0.88	0.82	0.25	0.67	1.24	2.10	0.83	0.73	1.20
Rank	14	9	11	21	16	5	1	10	13	6
Level	DZ2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	44.96	44.80	45.33	45.70	45.24	45.27	44.84	45.10	44.79	44.58
2	45.61	45.98	45.65	45.43	45.19	45.52	46.11	45.30	46.12	45.47
3	45.66	45.45	45.25	45.10	45.80	45.43	45.27	45.83	45.31	46.19
Delta	0.70	1.18	0.40	0.60	0.60	0.25	1.27	0.74	1.33	1.61
Rank	15	7	20	18	17	22	4	12	3	2
Level	SCREW	SPEED								
1	45.45	45.68								
2	45.17	45.73								
3	45.61	44.82								
Delta	0.45	0.90								
Rank	19	8								

Tabel 4.9 Rata-Rata Ketebalan untuk Setiap Parameter Level

Level	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	HJ/F	ADP	DZ1
1	30.42	30.44	30.37	30.38	30.40	30.42	30.49	30.37	30.43	30.41
2	30.38	30.36	30.37	30.39	30.39	30.39	30.34	30.36	30.37	30.42
3	30.35	30.35	30.41	30.38	30.36	30.34	30.32	30.42	30.35	30.32
Delta	0.07	0.09	0.03	0.01	0.04	0.08	0.17	0.05	0.07	0.10
Rank	12	6	20	22	18	8	1	13	10	4
Level	DZ2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	30.41	30.43	30.38	30.36	30.39	30.38	30.42	30.39	30.43	30.43
2	30.37	30.34	30.36	30.39	30.42	30.37	30.34	30.40	30.33	30.38
3	30.37	30.38	30.40	30.40	30.35	30.40	30.39	30.36	30.38	30.34
Delta	0.04	0.08	0.04	0.04	0.07	0.03	0.08	0.04	0.10	0.09
Rank	16	7	17	15	11	21	9	19	3	5
Level	SCREW	SPEED								
1	30.37	30.34								
2	30.41	30.35								
3	30.37	30.45								
Delta	0.05	0.11								
Rank	14	2								



Gambar 4.1 Main Effects Plot untuk S/N Ratio



Gambar 4.2 Main Effects Plot untuk Mean

4.5 Analisa *Main Effect Plots*

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan desain setting/penyetelan yang optimal dari proses laminasi. Penentuan setting yang optimal ini dilakukan dengan menentukan nilai level dari setiap faktor yang ada sehingga menghasilkan respon kualitas yang optimal. Nilai level yang dipilih ini dapat meminimalkan variasi yang terjadi serta membuat respon kualitas yang dihasilkan semakin dekat dengan target.

4.5.1 Analisa *Main Effect Plot* untuk *S/N Ratio*

Setiap faktor memiliki tiga level yang diambil berdasarkan nilai standar. Dari gambar 4.1 dapat terlihat kontribusi setiap level terhadap *S/N Ratio* dari faktor yang berkontribusi signifikan.

Berikut ini adalah analisa masing-masing level parameter yang berpengaruh signifikan terhadap nilai *S/N Ratio*:

1. Dengan menyetel suhu silinder ekstruder 6 pada level 3 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (45,95) jika dibandingkan dua level lainnya.
2. Dengan menyetel suhu silinder ekstruder 7 pada level 3 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (46,20) jika dibandingkan dua level lainnya.
3. Dengan menyetel suhu DZ 1 pada level 3 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (46,20) jika dibandingkan dua level lainnya.
4. Dengan menyetel suhu T-Die 1 pada level 2 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (45,98) jika dibandingkan dua level lainnya.
5. Dengan menyetel suhu T-Die 6 pada level 2 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (46,11) jika dibandingkan dua level lainnya.
6. Dengan menyetel suhu T-Die 8 pada level 2 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (46,12) jika dibandingkan dua level lainnya.
7. Dengan menyetel suhu T-Die 9 pada level 3 akan menghasilkan nilai *S/N Ratio* terbesar (46,19) jika dibandingkan dua level lainnya.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa untuk memaksimalkan nilai *S/N Ratio* atau meminimalkan variasi, maka penyetelan dilakukan berdasarkan level-level yang dijelaskan di atas.

Untuk level faktor yang tidak dijelaskan di atas, maka hal itu berarti penyetelan pada level tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *S/N Ratio*. Pertimbangan lain seperti kemudahan, biaya maupun waktu dapat dijadikan dasar untuk aspek ini. Jadi, pemilihan level juga dapat diambil dengan mempertimbangkan alasan teknis dan ekonomis.

4.5.2 Analisa *Main Effect Plot* untuk *Mean*

Berdasarkan table 4.8 dan gambar 4.2 di atas, dapat dianalisa pengaruh level dari setiap faktor terhadap nilai rata-rata ketebalan dalam proses laminasi. Dalam *main effect plot mean* ini, level yang diambil adalah level yang mampu memberikan nilai *mean* mendekati 30 mikron. Dari gambar 4.2 juga jelas terlihat mana level dari setiap faktor yang berpengaruh signifikan maupun tidak.

Berikut ini adalah analisa masing-masing level faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai *mean*:

1. Dengan menyetel suhu silinder ekstruder 2 pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,35) jika dibandingkan dengan dua level lainnya.
2. Dengan menyetel suhu silinder ekstruder 6 pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,34) jika dibandingkan dengan dua level lainnya.
3. Dengan menyetel suhu silinder ekstruder 7 pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,32) jika dibandingkan dengan dua level lainnya.
4. Dengan menyetel suhu Adaptor Silinder Ekstruder (ADP) pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,35) jika dibandingkan dengan dua level lainnya.
5. Dengan menyetel suhu DZ1 pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,32) jika dibandingkan dengan dua level lainnya.
6. Dengan menyetel suhu T-Die 1 pada level 2 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,34) jika dibandingkan dua level lainnya.

7. Dengan menyetel suhu T-Die 6 pada level 2 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,34) jika dibandingkan dua level lainnya.
8. Dengan menyetel suhu T-Die 8 pada level 2 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,33) jika dibandingkan dua level lainnya.
9. Dengan menyetel suhu T-Die 9 pada level 3 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,34) jika dibandingkan dua level lainnya.
10. Dengan menyetel Speed pada level 1 akan menghasilkan nilai *mean* yang lebih dekat dengan target (30,34) jika dibandingkan dua level lainnya.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mendekati nilai *mean* terhadap nilai target, maka penyetelan dilakukan berdasarkan level-level yang dijelaskan di atas.

Untuk level parameter yang tidak dijelaskan di atas, maka hal itu berarti penyetelan pada level tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *mean*. Pertimbangan lain seperti kemudahan, biaya maupun waktu dapat dijadikan dasar untuk aspek ini. Jadi, pemilihan level dapat mempertimbangkan alasan teknis dan ekonomis.

4.5.3 Usulan Desain Penyetelan Faktor

Dari analisa sebelumnya, hasil yang didapatkan untuk menentukan nilai level dari setiap faktor diambil dari nilai level yang mampu mengoptimalkan nilai *S/N Ratio* dan membuat nilai *mean* mendekati target.

Seperti yang sudah dianalisa sebelumnya, kombinasi dari level-level yang signifikan berpengaruh terhadap optimasi nilai *S/N Ratio* maupun *mean* adalah sama. Oleh karena itu, nilai-nilai level dalam faktor ini menjadi lebih mudah ditentukan. Berikut ini adalah usulan desain penyetelan yang dapat diambil:

Tabel 4.10 Hasil Usulan Desain Penyetelan

Desain Usulan		
Faktor	Level	Setting
Suhu T-Die 1 (D1)	2	295
Suhu T-Die 2 (D2)	2	280
Suhu T-Die 3 (D3)	1	260
Suhu T-Die 4 (D4)	1	270
Suhu T-Die 5 (D5)	3	270
Suhu T-Die 6 (D6)	2	275
Suhu T-Die 7 (D7)	3	280
Suhu T-Die 8 (D8)	2	295
Suhu T-Die 9 (D9)	3	300
Suhu Silinder ekstruder 1 (C1)	1	190
Suhu Silinder ekstruder 2 (C2)	3	235
Suhu Silinder ekstruder 3 (C3)	3	260
Suhu Silinder ekstruder 4 (C4)	2	265
Suhu Silinder ekstruder 5 (C5)	2	275
Suhu Silinder ekstruder 6 (C6)	3	290
Suhu Silinder ekstruder 7 (C7)	3	290
Suhu Adaptor Silinder ekstruder (ADP)	3	290
Suhu Joint Silinder ekstruder (HJ/F)	3	290
Suhu DZ 1	3	280
Suhu DZ 2	1	270
<i>Line Speed</i>	1	100
<i>Screw rotary</i>	1	46

Keterangan:

- Parameter yang berkontribusi signifikan terhadap *S/N Ratio* dan *mean*
- Parameter yang berkontribusi signifikan terhadap *mean*
- Parameter yang tidak berkontribusi signifikan

4.5.4 Prediksi Nilai *S/N Ratio*

Setelah desain usulan penyetelan ditentukan, selanjutnya dihitung nilai *S/N Ratio* dalam kondisi ini. Hal tersebut dilakukan sebagai pembuktian bahwa desain yang diusulkan benar-benar desain yang lebih baik dari desain sebelumnya atau desain usulan ini memiliki nilai *S/N Ratio* yang lebih besar dari desain awal/standar.

Nilai prediksi *S/N Ratio* ini diperoleh dengan cara menghitung efek dari level optimal dari setiap faktor yang dapat mengubah rata-rata rasio. Berikut ini adalah rumus dari perhitungan prediksi:

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

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 . Begitu pula untuk faktor-faktor kontrol lainnya. Dengan memasukkan rata-rata nilai *S/N Ratio* untuk level yang optimum seperti tercantum pada tabel 4.9, maka didapat nilai *S/N Ratio* pada kondisi operasional keseluruhan yang optimum, yaitu:

$$S/N \text{ Ratio optimum} = 49,7420 \text{ dB}$$

Dengan cara yang sama, dapat pula dihitung nilai *S/N Ratio* dari desain standar penyetelan (desain sebelum proses optimasi). Berikut ini adalah level dari penyetelan standar:

Tabel 4.11 Desain Standar Penyetelan

Desain Standar		
Faktor	Level	Setting
Suhu T-Die 1	1	190
Suhu T-Die 2	1	200
Suhu T-Die 3	1	241
Suhu T-Die 4	1	260
Suhu T-Die 5	3	280

Tabel 4.11 Desain Standar Penyetelan (Lanjutan)

Suhu T-Die 6	1	280
Suhu T-Die 7	2	285
Suhu T-Die 8	2	285
Suhu T-Die 9	1	280
Suhu Silinder ekstruder 1	2	275
Suhu Silinder ekstruder 2	2	275
Suhu Silinder ekstruder 3	1	290
Suhu Silinder ekstruder 4	3	285
Suhu Silinder ekstruder 5	1	260
Suhu Silinder ekstruder 6	1	270
Suhu Silinder ekstruder 7	1	260
Suhu Adaptor Silinder ekstruder	1	270
Suhu Joint Silinder ekstruder	2	275
Suhu DZ 1	2	295
Suhu DZ 2	2	295
<i>Screw rotary</i>	2	48
<i>Line Speed</i>	1	100

Dalam desain standar ini didapat nilai *S/N Ratio* awal yang lebih kecil dari desain usulan yaitu sebesar 41,9868 dB, atau berbeda 7,7552 dB.

Adanya selisih positif antara *S/N Ratio* optimum dengan *S/N Ratio* mula-mula menandakan bahwa proses dengan desain usulan akan menghasilkan produk yang lebih tidak sensitif terhadap faktor pengganggu dan memiliki variasi lebih kecil daripada desain penyetelan sebelumnya.

4.5.5 Prediksi Nilai Rata-Rata Ketebalan

Untuk karakteristik ketebalan ini, nilai rata-rata ketebalan menjadi penting mengingat target kualitas yang mengharuskan persebaran ketebalan sedapat mungkin mendekati target. Nilai rata-rata ini pun bisa diprediksi dengan menggunakan persamaan yang sama dengan persamaan prediksi *S/N Ratio*, hanya saja nilai \bar{T} dalam persamaan ini menjadi nilai *mean* ketebalan dari keseluruhan eksperimen. Sedangkan nilai \bar{A}_2 adalah rata-rata nilai *mean* untuk faktor A level 2

(kondisi optimum), dan $(\bar{A}_2 - \bar{T})$ merepresentasikan efek dari faktor A level 2 dalam mengubah nilai *mean* dari \bar{T} menjadi \bar{A}_2 .

Dengan memasukkan rata-rata nilai *mean* untuk level yang optimum seperti tercantum pada tabel 4.9, maka didapat nilai *mean* pada kondisi operasional keseluruhan yang optimum, yaitu:

$$\text{Mean optimum} = 30,0025 \text{ mikron}$$

Dengan cara yang sama, dapat pula dihitung nilai *mean* dari desain standar penyetelan (desain sebelum proses optimasi). Dalam desain standar ini didapat nilai *mean* awal yang lebih besar (lebih jauh dari target) dari desain usulan yaitu sebesar 30,6228 mikron, atau berselisih 0,6228 mikron dengan target.

Selisih antara nilai target dengan kondisi optimum lebih kecil jika dibandingkan dengan kondisi standar/awal sebelum dioptimasi yakni hanya 0,0025 mikron. Dapat disimpulkan bahwa dengan desain usulan maka akan didapatkan hasil rata-rata ketebalan yang lebih mendekati target dibandingkan dengan desain penyetelan sebelumnya.

4.5.6 Prediksi Nilai Rata-Rata Ketebalan dengan *Neural Network*

Prediksi nilai rata-rata ketebalan juga dapat dilakukan dengan model jaringan syaraf tiruan yang sudah dibuat sebelumnya. Dengan menggunakan prediksi yang didapat dari model ini maka tidak hanya bisa memprediksi nilai rata-rata secara keseluruhan, namun memungkinkan untuk mendapatkan nilai rata-rata ketebalan dalam tiap kondisi faktor pengganggu. Oleh karena itu, dengan menggunakan prediksi dari model jaringan syaraf tiruan akan didapatkan dua buah nilai rata-rata ketebalan, yakni pada shift 1 dan pada shift 2. Hasil rata-rata ketebalan yang diperoleh dari cara ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Prediksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Rata-Rata Ketebalan (mikron)	
Shift 1	Shift 2
30.2982118	30.29820421

Dari hasil prediksi di atas, diperoleh nilai *mean* sebesar 30.29820801 mikron dengan varian sebesar 0.021888962 mikron. Dua nilai ini menandakan

bahwa desain usulan penyetelan mampu memberikan nilai *mean* yang dekat dengan target (30 mikron) dan memiliki variasi yang kecil (tidak sensitif terhadap faktor gangguan). Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain usulan penyetelan ini dapat diterima sebagai nilai yang optimal terhadap proses laminasi di mesin EC3.

4.6 Analisa Taguchi *Loss Function*

Dalam perspektif Taguchi, biaya kualitas didefinisikan sebagai sebuah fungsi kerugian dari suatu produk yang dialami masyarakat setelah produk dikirimkan. Oleh karena itu, dalam metodenya, Taguchi membuat sebuah fungsi kerugian yang mengukur biaya kualitas yang terjadi ketika produk yang dihasilkan melebar dari target yang ditentukan. Fungsi ini dikenal dengan *Taguchi loss function*.

Dalam perspektif ini, kerugian dilihat dari dua sisi, yakni bagi produsen dan konsumen. Kerugian bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas akibat variasi yang terjadi pada produk. Sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.

Taguchi mendefinisikan *loss function* sebagai deviasi atau sebuah kuantitas proporsional dari target *quality characteristic*. Pada tingkat deviasi nol, kinerja adalah sesuai dengan target, kerugian akan sama dengan nol. Jika Y mewakili deviasi dari nilai target (target value), maka *loss function* $L(Y)$ adalah:

$$L(Y) = k(Y - Y_0)^2 \dots\dots\dots(4.2)$$

Y = *quality characteristic*, seperti dimensi, performance, dll.

Y_0 = target kualitas,

K = konstanta dependen yang tergantung pada struktur biaya dari proses manufaktur dari sebuah organisasi.

Selain itu, dalam metode Taguchi juga dikenal adanya toleransi (Δ) yang merupakan batas nilai yang masih dapat diterima atau masih dalam range spesifikasi atau target, sehingga persamaan (4-1) berubah menjadi:

$$L_0 = k (Y_0 + \Delta - Y_0)^2 \dots\dots\dots(4.3)$$

maka:

$$k = L_0/\Delta^2 \dots\dots\dots(4.4)$$

Fungsi *Loss Function* di atas merepresentasikan loss pada produk tunggal dengan karakteristik produk y dan target nilai m . Untuk produk massal, maka rata-rata *loss* per unit dihitung sebagai:

$$L(y) = [k (y_1 - m)^2 + k (y_2 - m)^2 + k (y_2 - m)^2 \dots + k (y_n - m)^2] / n$$

Dimana n adalah jumlah unit dari sampel yang diberikan. Pada persamaan di atas, faktor k adalah sama, maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai:

$$L(y) = k [(y_1 - m)^2 + (y_2 - m)^2 + (y_2 - m)^2 \dots + (y_n - m)^2] / n$$

Atau dapat dituliskan sebagai

$$L(y) = k (MSD) \dots \dots \dots (4.5)$$

Pada awal penelitian ini, telah dihitung nilai *S/N Ratio* baik dari kondisi awal maupun dalam keadaan setelah dioptimasi. Dari nilai *S/N Ratio* ini maka akan dapat diperoleh nilai MSD (*Mean Square Deviation*).

Dari perhitungan matematis, jika terjadi perubahan nilai *S/N Ratio* maka otomatis nilai MSD pun akan berubah. Perubahan nilai MSD inilah yang akan menyebabkan berubahnya nilai Taguchi *Loss* dari proses yang terjadi. Dalam tabel 4.13 di bawah ini dapat diambil kesimpulan bahwa, setiap peningkatan nilai *S/N Ratio* sebesar tiga poin, maka akan mengurangi Taguchi *Loss* sebesar 50%. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan:

Tabel 4.13 Perhitungan *S/N Ratio* dan Perubahan Taguchi *Loss*

Selisih <i>S/N Ratio</i>	Perbandingan MSD	Pengurangan Taguchi <i>Loss</i>
1	79%	21%
2	63%	37%
3	50%	50%
4	40%	60%
5	32%	68%
6	25%	75%
7	20%	80%
8	16%	84%
9	12.6%	87%
10	10%	90%

Nilai Perbandingan MSD diperoleh dari perhitungan:

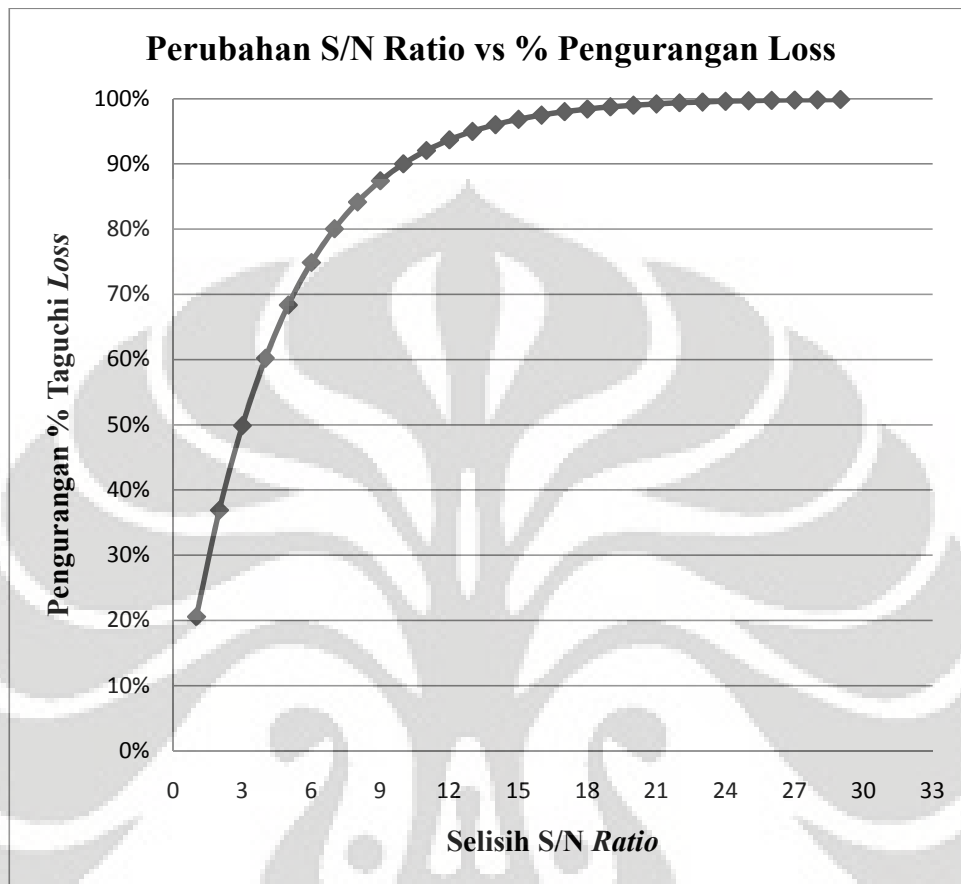
$$S/N Ratio = -10 \log MSD \dots \dots \dots (4.6)$$

$$MSD = 10^{-0,1 \times S/N Ratio} \dots \dots \dots (4.7)$$

Perbandingan MSD awal dan MSD akhir:

$$\text{MSD} = 10^{(-0,1 \times \text{S/N Ratio akhir}) - (-0,1 \times \text{S/N Ratio awal})} \dots\dots\dots (4.8)$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Perubahan S/N Ratio vs Pengurangan Loss

Berikut ini adalah perhitungan biaya kualitas tiap unit yang terjadi sebelum dan sesudah dioptimasi (Irwan Soejanto, 2009, p. 152):

$$\begin{aligned} L &= k \text{MSD}_{\text{Existing}} \times (1 - 0,5^{[(\text{S/N Optimum} - \text{S/N Existing})/3]}) \dots\dots\dots (4.6) \\ &= k \text{MSD}_{\text{Existing}} \times (1 - 0,5^{[(49,742 - 41,987)/3]}) \\ &= k \text{MSD}_{\text{Existing}} \times (1 - 0,5^{2,585066667}) \\ &= k \text{MSD}_{\text{Existing}} \times 0,83 \end{aligned}$$

Jadi, pengurangan kerugian akibat proses yang menyimpang dari target adalah sebesar 83%. Pengurangan ini tergolong besar karena mampu memotong biaya kerugian lebih dari 50%, artinya dengan menggunakan desain usulan, maka akan dicapai nilai kerugian yang lebih rendah dibandingkan dengan desain awal.

BAB 5

KESIMPULAN

Dapat dinyatakan bahwa hasil penelitian ini telah memberikan jawaban atas perumusan masalah dan tujuan penelitian. Hasil akhir dari penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah diperoleh parameter setting yang optimal dengan tujuh faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai *S/N Ratio* dan sepuluh faktor yang berpengaruh signifikan terhadap variasi dan rata-rata ketebalan yang terjadi dalam proses laminasi (dapat dilihat pada tabel 4.7). Desain optimal ini mampu memberikan nilai kualitas yang lebih baik dari desain awal (lihat tabel 4.10). Peningkatan kualitas ini dapat dilihat dengan meningkatnya nilai *S/N Ratio* dan *mean* yang pada desain awal sebesar 41,9868 dB dan 30,6228 mikron menjadi 49,7420 dB dan 30,0025 mikron.
2. Adanya penurunan biaya kerugian (*loss*) yang dihasilkan oleh desain usulan sehingga biaya kerugian yang diakibatkan produk tidak memenuhi target kualitas menurun sebesar 83% dari kondisi awal.

Desain usulan yang diberikan dalam penelitian ini merupakan desain dari model yang didasari oleh data historis eksperimen, dan prediksi peningkatan kualitas yang diberikan dari analisa model ini perlu diuji coba secara aktual. Oleh karena itu dengan melakukan eksperimen aktual di lapangan akan segera dapat dilihat signifikansi secara aktual yang terjadi dalam proses ini.

Selain itu, penelitian ini merupakan penelitian yang masih terfokus pada satu karakteristik kualitas saja, yaitu ketebalan lapisan. Untuk kedepannya, diharapkan penelitian bisa dilakukan dengan memperhitungkan aspek kualitas lainnya seperti berat lapisan (*gramatur*) agar desain yang diusulkan mampu memberikan perbaikan dalam dua atau lebih aspek kualitas.

DAFTAR REFERENSI

- Belavebdram, Nicolo. (1995). *Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Eksperimentation*. New York: Prentice Hall.
- Chen , Chun-Chih & Chuang, Ming-Chuen. (2008). *Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design*. Int. J. Production Economics 114 (2008), 667– 681.
- Ganeshan, R., Kulkarni, S., Boone, T., (2001). *Production economics and process quality: A Taguchi perspective*. International Journal of Production Economics 71, 343–350.
- Krishnamoorthi, K. S. (2006). *A First Course in Quality Engineering*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Kulkarni, S. (2007). *On a multi-product model of lot-sizing with quality costs*. International Journal of Production Economics 71, 1002–1010.
- Ranjit, Roy. (1990). *A Primer On Taguchi Method*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Soejanto, Irwan. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Song, C. Y., et al., ed. (2007). *The use of Taguchi and approximation methods to optimize the laser hybrid welding of a 5052-H32 aluminium alloy plate*. Proc. IMechE Vol. 222 Part B: J. Engineering Manufacture, 1–13.
- Tortum, Ahmet, et al., ed. (2007). *The investigation of model selection criteria in artificial neural networks by the Taguchi method*. Physica A 386 (2007) , 446–468.

LAMPIRAN 1

Data Setting Level dan Faktor Laminasi EC3
Produk: Mamy Poko

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	HJ/F	ADP	DZ1	DZ2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	SCREW	SPEED	SHIFT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	289	256	289	275	286	272	295	300	80	100	2	29	30	30	31	32	31	31	31	30	29	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	289	256	289	275	286	272	295	300	80	100	2	29	30	30	29	31	30	31	30	32	31	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	289	256	289	275	286	272	295	300	80	100	2	31	31	31	31	32	31	31	32	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	289	256	289	275	286	272	295	300	80	100	2	31	30	29	30	31	31	30	30	31	31	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	289	256	289	275	286	272	295	300	80	100	2	31	30	29	31	31	30	30	29	29	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	287	256	286	275	280	272	290	308	52	110	2	31	30	30	29	29	30	30	30	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	287	256	286	275	280	272	290	308	52	110	2	28	29	29	30	30	30	31	29	29	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	287	256	286	275	280	272	290	308	52	110	2	30	29	29	30	30	30	31	29	29	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	287	256	286	275	280	272	290	308	52	110	2	29	31	30	30	29	31	30	31	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	287	256	286	275	280	272	290	308	52	110	2	31	30	30	29	30	30	30	31	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	286	275	265	290	287	270	286	275	280	272	287	308	45	100	2	30	29	31	30	30	30	31	30	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	286	275	265	290	287	270	286	275	280	272	287	308	45	100	2	30	30	31	31	31	32	31	31	31	32	
223	235	245	260	270	280	290	285	286	275	265	290	287	270	286	275	280	272	287	308	45	100	2	30	30	30	30	30	31	31	30	31	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	286	275	265	290	287	270	286	275	280	272	287	308	45	100	2	31	29	30	31	29	31	31	31	30	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	285	270	282	271	281	270	288	305	45	100	1	31	31	30	31	30	30	30	30	30	29	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	285	270	282	271	281	270	288	305	45	100	1	30	31	31	31	30	31	30	32	31	30	
223	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	290	285	270	282	271	281	270	288	305	45	100	1	30	31	31	30	30	30	30	31	30	30	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	52	108	1	30	30	31	31	30	31	31	31	31	32	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	52	108	1	31	30	31	29	30	30	31	31	31	31	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	52	108	1	30	31	31	30	30	31	30	31	30	32	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	52	108	1	30	31	31	30	30	31	30	31	30	32	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	52	108	1	31	31	32	32	30	31	32	32	31	32	
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	48	100	2	30	31	31	31	31	31	31	31	32	31	31
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	48	100	2	32	31	31	31	31	31	31	32	31	31	32
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	48	100	2	31	30	31	31	31	31	31	31	30	31	31
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	48	100	2	30	31	30	31	31	31	31	31	30	31	30
225	235	245	260	270	280	290	285	280	275	265	300	275	257	272	265	265	250	299	312	48	100	2	30	31	31	30	31	31	31	32	31	31	30
224	235	245	260	280	280	290	285	285	280	265	305	295	272	278	260	283	275	309	309	48	100	1	31	31	30	30	31	30	30	30	31	32	
224	235	245	260	280	280	290	285	285	280	265	305	295	272	278	260	283	275	309	309	48	100	1	30	29	30	30	30	30	31	31	30	30	
224	235	245	260	280	280	290	285	285	280	265	305	295	272	278	260	283	275	309	309	48	100	1	31	30	30	31	30	30	31	30	31	30	
224	235	245	260	280	280	290	285	285	280	265	305	295	272	278	260	283	275	309	309	48	100	1	30	31	31	30	30	30	30	32	31	30	
224	235	245	260	280	280	290	285	285	280	265	305	295	272	278	260	283	275	309	309	48	100	1	31	30	31	31	29	30	31	31	32	32	
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	285	267	275	270	277	270	300	302	51	110	2	31	31	32	32	31	32	32	32	32	33	

(Lanjutan)

189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	285	267	275	270	277	270	300	302	51	110	2	31	31	31	30	30	32	32	32	31	30
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	285	267	275	270	277	270	300	302	51	110	2	29	30	31	29	30	31	31	31	32	30
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	285	267	275	270	277	270	300	302	51	110	2	30	30	30	29	30	30	30	30	29	
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	285	267	275	270	277	270	300	302	51	110	2	30	30	30	30	30	30	30	31	30	30
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	280	265	275	275	278	276	302	302	51	110	1	31	31	31	31	32	31	31	31	31	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	280	265	275	275	278	276	302	302	51	110	1	30	31	31	30	31	32	31	32	32	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	280	265	275	275	278	276	302	302	51	110	1	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	280	265	275	275	278	276	302	302	51	110	1	29	30	31	29	30	31	31	31	30	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	280	265	275	275	278	276	302	302	51	110	1	31	31	32	31	31	31	32	31	29	30
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	275	260	275	275	280	270	300	300	52	110	1	29	31	32	31	31	32	31	30	30	31
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	275	260	275	275	280	270	300	300	52	110	1	30	30	30	29	30	30	31	31	29	29
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	275	260	275	275	280	270	300	300	52	110	1	29	30	31	29	30	32	32	32	31	30
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	275	260	275	275	280	270	300	300	52	110	1	27	28	30	29	29	28	29	29	28	27
189	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	290	275	260	275	275	280	270	300	300	52	110	1	30	31	32	31	31	32	32	31	31	32
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	28	31	30	30	31	31	30	31	32	33
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	29	31	31	29	30	30	31	30	30	30
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	29	31	31	31	31	30	30	30	30	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	30	31	31	30	32	32	31	31	30	32
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	29	31	30	30	30	30	30	29	30	31
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	30	31	31	31	31	30	30	30	31	31
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	31	31	30	31	31	31	31	30	28
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	31	32	31	31	31	30	30	31	30
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	30	31	31	31	30	30	31	30	31	30
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	30	31	31	30	30	29	30	31	31
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	30	30	30	29	31	30	31	31	30	29
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	30	29	29	30	30	30	30	30	30
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	29	28	29	30	29	30	30	29	29
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	29	28	29	30	29	30	30	29	29
190	200	240	260	270	280	285	285	280	280	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	30	31	30	30	29	30	30	31	30	30
190	200	240	260	270	280	285	285	280	280	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	31	30	30	31	30	30	31	31	31	31
190	200	240	260	270	280	285	285	280	280	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	30	31	30	29	30	31	31	31	31	31
190	200	240	260	270	280	285	285	280	280	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	28	30	30	29	29	30	30	31	30	29
190	200	240	260	270	280	285	285	280	280	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	29	30	29	29	28	29	30	31	29	28
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	28	31	30	30	31	31	30	31	32	33
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	31	31	31	31	31	30	30	30	30	31

(Lanjutan)

190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	31	31	31	31	31	30	30	30	30	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	30	31	31	30	32	32	31	31	30	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	265	295	282	264	280	275	280	275	300	300	54	100	2	29	31	30	30	30	30	30	31	30	31	
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	30	31	31	31	31	30	30	30	31	31	
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	30	30	30	31	31	32	32	31	30	
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	31	31	30	31	31	31	31	31	31	
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	31	31	32	31	31	31	30	30	31	30	
190	200	240	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	270	305	309	54	110	2	30	31	31	31	30	30	31	30	31	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	30	30	30	29	31	30	31	31	30	29	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	30	29	29	30	30	30	30	30	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	29	28	29	30	29	30	30	29	29	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	282	260	274	260	275	273	305	309	44	100	1	29	29	28	28	29	29	29	28	29	29	
190	200	240	260	270	280	285	285	280	270	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	29	30	29	29	28	29	30	31	29	28	
190	200	240	260	270	280	285	285	280	270	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	28	30	30	29	29	30	30	31	30	29	
190	200	240	260	270	280	285	285	280	270	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	30	31	30	29	30	31	31	31	31	31	
190	200	240	260	270	280	285	285	280	270	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	30	31	30	30	29	30	30	31	30	30	
190	200	240	260	270	280	285	285	280	270	270	290	285	260	270	255	270	270	300	305	44	100	2	30	30	30	31	30	30	31	31	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	44	100	1	29	30	30	31	30	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	44	100	1	29	30	30	31	30	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	44	100	1	30	30	30	30	30	31	30	30	30	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	44	100	1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	29
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	45	100	2	31	31	31	32	32	32	32	32	31	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	45	100	2	28	29	30	30	30	30	30	30	30	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	45	100	2	29	29	29	29	30	31	31	30	31	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	45	100	2	30	31	31	31	30	32	32	32	30	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	285	275	270	290	285	260	274	260	275	274	300	309	45	100	2	29	30	30	30	30	29	28	29	29	30	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	275	270	290	285	273	274	260	275	274	299	307	44	100	1	30	31	31	31	31	32	31	31	30	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	275	270	290	285	273	274	260	275	274	299	307	44	100	1	30	31	30	30	31	31	32	32	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	275	270	290	285	273	274	260	275	274	299	307	44	100	1	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	275	270	290	285	273	274	260	275	274	299	307	44	100	1	30	31	30	31	31	31	31	31	31	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	275	270	290	285	273	274	260	275	274	299	307	44	100	1	31	31	32	31	31	32	31	31	30	31	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	270	260	290	280	255	270	255	270	265	290	300	52	110	1	31	30	32	31	31	31	32	30	31	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	270	260	290	280	255	270	255	270	265	290	300	52	110	1	32	32	33	32	31	32	31	31	32	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	270	260	290	280	255	270	255	270	265	290	300	52	110	1	31	32	32	32	32	32	30	30	30	32	
190	200	241	260	280	280	285	285	280	270	260	290	280	255	270	255	270	265	290	300	52	110	1	32	31	32	32	31	31	31	31	30	31	

(Lanjutan)

190	200	241	260	280	280	285	285	280	270	260	290	280	255	270	255	270	265	290	300	52	110	1	32	31	33	33	32	32	32	32	31	32	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	275	265	295	280	266	280	265	280	280	290	309	44	100	2	30	30	31	31	30	31	31	30	32	32	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	275	265	295	280	266	280	265	280	280	290	309	44	100	2	31	31	32	30	32	32	33	31	32	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	29	29	29	29	30	29	29	29	30	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	30	30	30	31	30	32	31	30	30	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	31	31	31	30	30	30	30	30	30	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	30	30	30	30	29	30	30	30	31	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	30	29	29	30	30	28	29	30	30	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	265	295	290	250	278	260	274	262	287	308	44	100	1	29	30	30	29	30	29	29	31	31	32	
190	200	240	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	256	278	265	275	262	295	308	43	100	1	32	30	31	31	31	31	31	31	31	32	31
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	255	278	265	274	262	295	308	44	100	1	30	30	30	30	29	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	255	278	265	274	262	295	308	44	100	1	31	31	32	32	31	31	31	31	31	32	32
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	255	278	265	274	262	295	308	44	100	1	31	31	32	31	31	31	31	31	31	31	32
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	255	278	265	274	262	295	308	44	100	1	30	29	30	30	30	30	31	31	31	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	290	255	278	265	274	262	295	308	44	100	1	30	29	30	29	30	30	29	30	32	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	288	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	31	31	32	31	31	30	30	32	31	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	288	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	31	30	30	31	30	31	30	31	31	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	288	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	31	30	31	30	30	31	31	31	31	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	285	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	31	32	32	31	30	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	285	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	30	30	30	31	29	31	31	31	30	30	
190	200	241	260	280	285	285	285	285	280	270	295	285	259	278	265	276	266	297	308	43	100	1	31	31	31	31	32	31	31	30	31	32	
190	200	241	260	275	280	285	285	282	280	265	285	267	273	273	260	270	273	295	305	43	100	2	30	30	30	30	30	31	30	29	30	30	
190	200	241	260	275	280	285	285	282	280	265	285	267	273	273	260	270	273	295	305	43	100	2	31	31	30	29	31	29	30	30	31	30	
190	200	241	260	275	280	285	285	282	280	265	285	267	273	273	260	270	273	295	305	43	100	2	31	30	30	31	30	31	30	29	30	31	
190	200	241	260	275	280	285	285	282	280	265	285	267	273	273	260	270	273	295	305	43	100	2	30	29	29	29	31	31	29	29	30	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	265	290	285	267	272	260	270	273	295	305	43	100	2	30	30	31	31	30	30	31	31	29	32	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	265	290	285	267	272	260	270	273	295	305	43	100	2	29	30	30	30	29	30	30	30	31	30	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	265	290	285	267	272	260	270	273	295	305	43	100	2	31	32	32	31	31	31	32	32	31	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	265	290	285	267	272	260	270	273	295	305	43	100	2	30	29	30	31	29	31	31	30	31	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	265	290	285	267	272	260	270	273	295	305	43	100	2	31	30	32	31	31	31	31	31	30	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	286	275	265	270	292	250	260	260	265	256	293	309	46	100	2	31	32	32	31	30	31	31	32	31	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	286	275	265	270	292	250	260	260	265	256	293	309	46	100	2	31	32	32	30	30	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	270	280	285	285	286	275	265	270	292	250	260	260	265	256	293	309	46	100	2	31	32	32	29	30	30	31	30	30	30	
190	200	241	260	270	280	285	285	286	275	265	270	292	250	260	260	265	256	293	309	46	100	2	31	31	31	31	31	30	29	30	29	30	

(Lanjutan)

190	200	241	260	270	280	285	285	286	275	265	270	292	250	260	260	265	256	293	309	46	100	2	30	32	32	31	31	31	32	30	30	31
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	260	290	285	264	268	262	270	265	290	293	42	100	1	32	31	29	30	31	32	31	30	30	32
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	260	290	285	264	268	262	270	265	290	293	42	100	1	30	30	30	30	30	30	31	30	30	31
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	260	290	285	264	268	262	270	265	290	293	42	100	1	31	31	30	30	30	31	31	30	31	30
190	200	241	260	270	280	285	285	280	270	260	290	285	264	268	262	270	265	290	293	42	100	1	30	31	30	31	31	31	31	29	31	30
190	200	241	260	280	280	280	280	280	270	280	290	280	280	270	260	269	265	295	307	49	109	1	29	31	31	30	30	31	32	30	29	30
190	200	241	260	280	280	280	280	280	270	280	290	280	280	270	260	269	265	295	307	49	109	1	30	31	31	30	31	32	32	31	32	31
190	200	241	260	280	280	280	280	280	270	280	290	280	280	270	260	269	265	295	307	49	109	1	30	31	32	31	31	30	31	30	31	32
190	200	241	260	280	280	280	280	280	270	280	290	280	280	270	260	269	265	295	307	49	109	1	31	31	32	32	31	31	31	31	30	32
190	200	241	260	280	280	280	280	280	270	280	290	280	280	270	260	269	265	295	307	49	109	1	31	32	31	31	31	31	32	32	32	33
190	200	241	260	280	288	288	285	280	270	255	298	289	255	263	250	264	263	297	309	45	103	1	31	29	32	31	30	31	31	31	32	32
190	200	241	260	280	288	288	285	280	270	255	298	289	255	263	250	264	263	297	309	45	103	1	31	30	32	31	30	31	31	31	32	32
190	200	241	260	280	288	288	285	280	270	255	298	289	255	263	250	264	263	297	309	45	103	1	29	30	30	30	31	31	31	32	32	32
190	200	241	260	280	288	288	285	280	270	255	298	289	255	263	250	264	263	297	309	45	103	1	30	30	31	30	30	31	32	32	31	31
190	200	241	260	280	288	288	285	280	270	255	298	289	255	263	250	264	263	297	309	45	103	1	29	30	30	30	31	31	31	32	32	32
190	200	241	260	270	288	288	285	270	270	250	298	289	250	263	250	263	262	297	307	43	100	1	29	30	30	31	31	31	31	31	31	31
190	200	241	260	270	288	288	285	270	270	250	298	289	250	263	250	263	262	297	307	43	100	1	30	30	31	30	29	30	30	30	30	31
190	200	241	260	270	288	288	285	270	270	250	298	289	250	263	250	263	262	297	307	43	100	1	31	31	32	31	32	32	30	30	31	32
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	263	265	295	309	43	100	2	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	263	265	295	309	43	100	2	31	30	30	29	30	29	31	30	30	31
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	263	265	295	309	43	100	2	29	30	30	30	30	31	30	30	29	30
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	263	265	295	309	43	100	2	30	30	30	30	29	30	31	30	30	30
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	265	265	295	309	43	100	2	30	31	30	29	30	30	29	30	30	30
190	200	241	260	280	280	280	285	280	270	255	290	289	250	265	250	265	265	295	309	43	100	2	31	30	31	30	31	30	32	31	31	30
190	200	240	260	275	286	288	285	280	265	260	295	295	280	250	250	265	265	290	305	45	100	2	31	32	31	31	31	30	30	31	31	30
190	200	240	260	275	286	288	285	280	265	260	295	295	280	250	250	265	265	290	305	45	100	2	29	30	31	30	30	29	30	30	30	29
190	200	240	260	275	286	288	285	280	265	260	295	295	280	250	250	265	265	290	305	45	100	2	30	30	31	31	31	30	31	30	30	31
190	200	240	260	275	286	288	285	280	265	260	295	295	280	250	250	265	265	290	305	45	100	2	31	30	30	31	31	32	31	31	31	29
190	200	240	260	275	286	288	285	280	265	260	295	295	280	250	250	265	265	290	305	45	100	2	30	31	31	31	30	30	30	30	30	30
190	200	241	260	275	276	288	285	280	265	260	265	298	286	250	260	265	267	290	307	43	100	1	31	31	32	32	31	31	32	31	31	31
190	200	241	260	275	276	288	285	280	265	260	265	298	286	250	260	265	267	290	307	43	100	1	30	30	31	31	31	32	32	30	31	31
190	200	241	260	275	276	288	285	280	265	260	265	298	286	250	260	265	267	290	307	43	100	1	31	32	32	32	31	32	32	32	31	31
190	200	241	260	275	276	288	285	280	265	260	265	298	286	250	260	265	267	290	307	43	100	1	31	32	32	32	31	33	31	31	32	32
190	200	241	260	275	276	288	285	280	265	260	265	298	286	250	260	265	267	290	307	43	100	1	31	32	32	30	32	31	31	31	31	33
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	265	260	265	270	293	305	46	100	2	30	31	31	30	31	31	31	29	30	32

(Lanjutan)

190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	265	260	265	270	293	305	46	100	2	30	32	31	32	31	31	31	32	31	31	31	31	31	31
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	265	260	265	270	293	305	46	100	2	30	31	31	31	32	32	30	30	30	30	31	31	31	
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	265	260	265	270	293	305	46	100	2	30	31	31	30	31	31	30	30	31	32	32	32	32	
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	265	260	265	270	293	305	46	100	2	31	32	32	30	32	32	31	31	31	32	32	31	32	
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	275	250	265	270	293	307	47	100	1	30	30	30	30	30	29	29	29	30	30	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	275	250	265	270	293	307	47	100	1	30	31	32	30	31	29	29	30	29	31	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	275	250	265	270	293	307	47	100	1	30	31	32	30	31	29	29	30	29	31	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	275	250	265	270	293	307	47	100	1	29	31	30	30	31	31	31	30	31	32	32	32		
190	200	241	260	275	280	285	280	280	265	260	298	285	250	275	250	265	270	293	307	47	100	1	33	32	31	31	32	32	31	31	32	32	31	32		
190	200	241	260	275	280	285	285	286	265	260	295	295	251	270	260	270	265	279	305	48	100	1	31	30	30	31	31	32	32	31	32	31	32	31		
190	200	241	260	275	280	285	285	286	265	260	295	295	251	270	260	270	265	279	305	48	100	1	30	31	31	32	31	31	32	32	32	32	32	32		
190	200	241	260	275	280	285	285	286	265	260	295	295	251	270	260	270	265	279	305	48	100	1	32	29	31	31	31	31	32	32	32	32	30	30		
190	200	241	260	275	280	285	285	286	265	260	295	295	251	270	260	270	265	279	305	48	100	1	31	30	30	32	31	32	32	31	31	30	31	30		
190	200	241	260	275	280	285	285	286	265	260	295	295	251	270	260	270	265	279	305	48	100	1	30	30	31	30	31	31	32	32	31	31	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	260	290	295	255	275	278	270	265	290	305	47	100	2	31	31	31	32	32	31	32	31	31	31	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	260	290	295	255	275	278	270	265	290	305	47	100	2	30	31	30	30	31	32	32	31	31	31	31	31		
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	260	290	295	255	275	278	270	265	290	305	47	100	2	30	29	29	30	29	30	31	31	30	31	31			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	260	290	295	255	275	278	270	265	290	305	47	100	2	31	31	31	32	31	32	32	30	32	32	32			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	260	290	295	255	275	278	270	265	290	305	47	100	2	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33			
190	200	220	250	260	270	280	290	280	275	260	285	285	268	272	277	262	260	288	305	47	100	1	31	30	30	32	32	32	32	32	31	31	31			
190	200	220	250	260	270	280	290	280	275	260	285	285	268	272	277	262	260	288	305	47	100	1	30	30	30	30	32	31	31	31	30	31	31			
190	200	220	250	260	270	280	290	280	275	260	285	285	268	272	277	262	260	288	305	47	100	1	31	29	29	30	31	30	31	30	30	31	31			
190	200	220	250	260	270	280	290	280	275	260	285	285	268	272	277	262	260	288	305	47	100	1	31	32	31	31	31	32	32	32	32	32	31			
190	200	220	250	260	270	280	290	280	275	260	285	285	268	272	277	262	260	288	305	47	100	1	31	31	30	30	31	32	31	31	31	31	31			
190	220	245	265	270	275	285	285	280	265	250	290	295	250	270	250	270	260	279	305	48	100	2	30	31	31	31	32	32	31	32	31	30	30			
190	220	245	265	270	275	285	285	280	265	250	290	295	250	270	250	270	260	279	305	48	100	2	30	30	32	30	30	31	32	31	30	30	30			
190	220	245	265	270	275	285	285	280	265	250	290	295	250	270	250	270	260	279	305	48	100	2	30	31	32	32	32	31	32	30	31	32	32			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	250	290	295	251	276	255	270	265	279	305	48	110	2	31	31	31	32	32	31	31	31	30	31	31			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	250	290	295	251	276	255	270	265	279	305	48	110	2	31	31	32	33	32	33	33	33	33	32	31			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	250	290	295	251	276	255	270	265	279	305	48	110	2	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32			
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	250	290	295	251	276	255	270	265	279	305	48	110	2	32	31	32	31	31	32	32	31	32	32				
190	200	241	260	275	280	285	285	280	265	250	290	295	251	276	255	270	265	279	305	48	110	2	30	30	30	31	31	32	32	30	29	30	30			
190	220	260	265	280	280	280	280	280	260	247	295	288	259	265	245	260	250	285	295	49	100	2	32	32	32	32	33	32	32	32	32	34	34			
190	220	260	265	280	280	280	280	280	260	247	295	288	259	265	245	260	250	285	295	49	100	2	31	31	30	30	31	31	32	31	32	32	32			
190	220	260	265	280	280	280	280	280	260	247	295	288	259	265	245	260	250	285	295	49	100	2	31	32	30	31	32	31	31	31	33	33	33			

(Lanjutan)

190	220	260	265	280	280	280	280	280	260	247	295	288	259	265	245	260	250	285	295	49	100	2	34	34	35	34	33	34	35	34	33	33
190	220	260	265	280	280	280	280	280	260	247	295	288	259	265	245	260	250	285	295	49	100	2	32	32	33	32	31	32	33	32	34	32
190	220	260	265	280	280	280	280	280	265	250	290	288	259	265	250	260	255	285	295	54	106	1	31	31	32	32	31	31	32	32	32	32
190	220	260	265	280	280	280	280	280	265	250	290	288	259	265	250	260	255	285	295	54	106	1	32	32	32	33	31	33	32	32	31	33
190	220	260	265	280	280	280	280	280	265	250	290	288	259	265	250	260	255	285	295	54	106	1	32	30	32	32	31	32	32	31	31	30
190	220	260	265	280	280	280	280	280	265	250	290	288	259	265	250	260	255	285	295	54	106	1	31	30	31	30	31	31	32	30	30	31
190	220	260	265	280	280	280	280	280	265	250	290	288	259	265	250	260	255	285	295	54	106	1	31	31	32	31	31	31	31	30	30	32
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	250	265	282	288	295	48	100	1	31	31	32	32	31	31	30	31	31	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	250	265	282	288	295	48	100	1	31	31	31	30	31	31	32	31	31	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	250	265	282	288	295	48	100	1	31	31	31	30	31	31	32	31	31	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	250	265	282	288	295	48	100	1	31	32	31	30	32	32	31	31	31	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	250	265	282	288	295	48	100	1	31	31	31	31	32	32	32	32	31	30
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	253	266	265	292	295	48	100	2	30	32	30	30	31	31	31	30	32	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	253	266	265	292	295	48	100	2	30	30	31	31	31	31	31	31	29	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	253	266	265	292	295	48	100	2	31	31	30	30	30	31	31	30	30	31
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	253	266	265	292	295	48	100	2	28	29	29	29	29	29	29	29	30	30
190	220	260	265	280	285	290	285	280	265	250	290	282	276	269	253	266	265	292	295	48	100	2	30	31	29	29	29	30	30	29	29	30
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	250	290	290	265	276	263	275	261	285	295	48	101	1	31	32	30	31	32	31	31	31	30	30
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	260	290	290	265	280	270	275	275	295	295	48	100	1	31	32	31	30	31	32	32	32	31	30
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	260	290	290	265	280	270	275	275	295	295	48	100	1	31	32	33	31	31	33	33	32	33	34
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	260	290	290	265	280	270	275	275	295	295	48	100	1	31	32	31	31	31	31	30	31	31	32
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	260	290	290	265	280	270	275	275	295	295	48	100	1	31	30	29	29	31	30	31	30	30	29
190	220	250	260	270	275	280	285	280	270	260	290	290	265	280	270	275	275	295	295	48	100	1	31	32	31	31	32	31	31	31	31	32
190	220	250	260	270	275	280	280	275	270	250	285	280	260	270	260	270	255	290	300	48	100	1	31	31	31	31	31	32	32	31	31	31
190	220	250	260	270	275	280	280	275	270	250	285	280	260	270	260	270	255	290	300	48	100	1	31	31	31	30	30	30	32	32	32	33
190	220	250	260	270	275	280	280	275	270	250	285	280	260	270	260	270	255	290	300	48	100	1	30	31	31	30	31	31	32	31	30	32
190	220	250	260	270	275	280	280	275	270	250	285	280	260	270	260	270	255	290	300	48	100	1	31	31	31	30	30	31	32	33	32	32
190	220	250	260	270	275	280	280	275	270	250	285	280	260	270	260	270	255	290	300	48	100	1	33	32	32	33	33	32	33	32	32	32
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	290	294	265	278	273	278	278	298	305	50	100	1	31	31	32	32	31	31	32	31	31	31
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	290	294	265	278	273	278	278	298	305	50	100	1	29	29	29	29	29	29	30	29	32	29
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	290	294	265	278	273	278	278	298	305	50	100	1	30	29	29	30	29	28	30	30	29	29
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	290	294	265	278	273	278	278	298	305	50	100	1	30	31	30	31	30	30	31	31	30	30
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	290	294	265	278	273	278	278	298	305	50	100	1	30	29	29	28	29	29	30	30	29	29
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	298	295	278	278	273	278	270	295	305	46	100	2	31	30	30	29	30	30	31	29	30	30
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	298	295	278	278	273	278	270	295	305	46	100	2	31	30	30	31	30	30	31	30	30	30

(Lanjutan)

190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	298	295	278	278	273	278	270	295	305	46	100	2	30	29	30	29	29	30	30	29	30	30	
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	298	295	278	278	273	278	270	295	305	46	100	2	30	30	30	29	30	31	32	31	31	31	
190	220	250	260	270	280	290	285	285	265	265	298	295	278	278	273	278	270	295	305	46	100	2	30	29	30	30	28	29	30	29	29	29	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	280	280	270	275	270	294	307	52	100	2	30	30	31	30	30	31	30	31	30	30	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	280	280	270	275	270	294	307	52	100	2	30	30	30	29	30	30	30	31	30	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	280	280	270	275	270	294	307	52	100	2	29	31	30	31	32	31	30	31	30	30	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	280	280	270	275	270	294	307	52	100	2	31	30	30	29	30	30	32	31	30	30	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	280	280	270	275	270	294	307	52	100	2	30	31	30	30	31	31	31	31	31	30	30
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	265	298	289	280	280	273	278	270	287	307	46	100	1	30	30	31	31	30	31	30	31	31	30	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	265	298	289	280	280	273	278	270	287	307	46	100	1	30	31	30	30	32	32	31	31	31	30	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	265	298	289	280	280	273	278	270	287	307	46	100	1	31	31	31	31	32	32	32	32	30	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	265	298	289	280	280	273	278	270	287	307	46	100	1	31	30	31	31	31	30	30	29	30	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	265	298	289	280	280	273	278	270	287	307	46	100	1	31	31	31	29	30	31	30	30	31	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	283	278	270	278	273	290	305	49	110	2	30	31	29	29	30	31	30	30	30	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	283	278	270	278	273	290	305	49	110	2	30	30	31	30	30	30	31	30	31	31	
190	220	250	260	270	285	290	285	285	265	260	298	289	283	278	270	278	273	290	305	49	110	2	31	31	31	30	31	32	32	31	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	283	279	268	265	265	299	307	46	100	1	30	29	30	30	30	29	30	30	30	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	283	279	268	265	265	299	307	46	100	1	30	29	30	29	30	30	29	31	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	283	279	268	265	265	299	307	46	100	1	31	30	31	30	30	30	29	30	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	283	279	268	265	265	299	307	46	100	1	31	30	30	29	30	31	30	31	30	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	283	279	268	265	265	299	307	46	100	1	31	31	30	30	31	30	30	30	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	285	275	265	265	265	299	307	48	100	2	30	30	29	30	31	31	30	29	30	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	285	275	265	265	265	299	307	48	100	2	30	31	31	30	29	29	30	30	30	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	285	275	265	265	265	299	307	48	100	2	30	29	30	30	31	31	30	29	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	285	275	265	265	265	299	307	48	100	2	30	30	30	30	30	31	30	30	29	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	298	285	275	265	265	265	299	307	48	100	2	29	31	29	29	30	31	31	29	30	31	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	295	285	275	265	265	265	307	307	42	90	2	30	30	30	30	31	31	32	31	31	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	295	285	275	265	265	265	307	307	42	90	2	31	31	31	31	31	31	32	31	32	32	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	295	285	275	265	265	265	307	307	42	90	2	29	31	29	29	31	32	32	29	29	30	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	295	285	275	265	265	265	307	307	42	90	2	29	30	31	30	31	32	31	31	31	32	
190	230	250	270	280	285	290	285	285	275	270	298	295	285	275	265	265	265	307	307	42	90	2	29	30	30	30	32	32	31	30	30	31	
190	240	250	270	280	285	290	285	285	275	265	298	290	278	273	265	265	265	296	300	40	90	1	29	31	31	30	32	31	30	30	30	31	
190	240	250	270	280	285	290	285	285	275	265	298	290	278	273	265	265	265	296	300	40	90	1	30	31	31	30	31	30	30	31	31	30	
190	240	250	270	280	285	290	285	285	275	265	298	290	278	273	265	265	265	296	300	40	90	1	30	30	31	30	31	31	31	30	29	31	
190	240	250	270	280	285	290	285	285	275	265	298	290	278	273	265	265	265	296	300	40	90	1	29	30	30	31	30	31	31	31	29	30	

(Lanjutan)

190	240	250	270	280	285	290	285	285	275	265	298	290	278	273	265	265	265	296	300	40	90	1	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32	31	31	31
190	240	250	270	280	285	290	285	285	270	260	290	280	270	270	265	265	265	290	304	40	85	2	31	31	31	31	32	31	32	32	30	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	285	270	260	290	280	270	270	265	265	265	290	304	40	85	2	31	31	32	32	33	33	33	32	31	32			
190	240	250	270	280	285	290	285	285	270	260	290	280	270	270	265	265	265	290	304	40	85	2	28	29	31	31	31	31	31	31	31	30	31		
190	240	250	270	280	285	290	285	285	270	260	290	280	270	270	265	265	265	290	304	40	85	2	29	29	30	30	31	31	31	31	31	31	32		
190	240	250	270	280	285	290	285	285	270	260	290	280	270	270	265	265	265	290	304	40	85	2	30	30	31	31	31	32	32	32	32	30			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	266	272	254	270	266	295	309	43	90	2	31	30	31	31	31	32	32	31	31	32			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	266	272	254	270	266	295	309	43	90	2	31	30	31	30	31	32	32	32	31	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	266	272	254	270	266	295	309	43	90	2	30	29	31	30	30	30	29	29	29	30			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	266	272	254	270	266	295	309	43	90	2	31	31	30	30	31	32	31	29	27	28			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	266	272	254	270	266	295	309	43	90	2	31	31	32	32	32	30	30	30	31	33			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	276	254	270	266	295	309	45	96	1	31	30	31	30	31	32	31	30	29	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	276	254	270	266	295	309	45	96	1	31	31	32	31	30	30	30	31	31	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	276	254	270	266	295	309	45	96	1	32	32	31	30	31	31	31	31	31	32	30		
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	276	254	270	266	295	309	45	96	1	34	33	30	33	34	33	33	30	32	32			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	275	251	268	262	295	309	43	90	2	31	30	30	29	29	29	29	30	30	32			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	275	251	268	262	295	309	43	90	2	30	31	32	31	31	30	30	29	30	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	275	251	268	262	295	309	43	90	2	30	31	30	30	29	30	31	30	29	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	272	275	251	268	262	295	309	43	90	2	30	30	31	31	31	31	30	29	30	30			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	276	276	256	268	262	295	309	44	92	1	31	29	30	31	30	30	31	31	30	31			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	276	276	256	268	262	295	309	44	92	1	30	31	30	31	30	30	29	31	31	30			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	276	276	256	268	262	295	309	44	92	1	30	32	31	30	31	31	31	30	30	30			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	276	276	256	268	262	295	309	44	92	1	31	32	32	31	31	32	32	31	30	32			
190	240	250	270	280	285	290	285	280	255	250	285	277	276	276	256	268	262	295	309	44	92	1	34	34	35	34	34	33	34	32	32	34			
190	230	260	270	275	280	285	280	280	260	250	280	275	268	268	260	265	266	280	296	50	100	2	30	31	29	30	31	30	30	31	30	30			
190	230	260	270	275	280	285	280	280	260	250	280	275	268	268	260	265	266	280	296	50	100	2	30	30	29	30	29	31	31	30	30	31			
190	230	260	270	275	280	285	280	280	260	250	280	275	268	268	260	265	266	280	296	50	100	2	29	29	29	30	30	31	30	30	29	30			
190	230	260	270	275	280	285	280	280	260	250	280	275	268	268	260	265	266	280	296	50	100	2	29	30	30	30	31	30	31	31	31	31			
190	230	260	270	275	280	285	280	280	260	250	280	275	268	268	260	265	266	280	296	50	100	2	30	30	29	29	31	30	29	30	31	29			
190	230	240	260	270	280	280	280	280	260	250	290	285	275	255	255	271	280	283	300	40	90	2	30	30	30	31	30	29	30	31	29	30			
190	230	240	260	270	280	280	280	280	260	250	290	285	275	255	255	271	280	283	300	40	90	2	29	31	30	29	30	30	29	30	29	30			
190	230	240	260	270	280	280	280	280	260	250	290	285	275	255	255	271	280	283	300	40	90	2	32	31	32	32	33	33	32	32	31	31			
190	230	240	260	270	280	280	280	280	260	250	290	285	275	255	255	271	280	283	300	40	90	2	29	30	31	30	29	31	31	30	30	30			
190	230	240	260	270	280	280	280	280	260	250	290	285	275	255	255	271	280	283	300	40	90	2	31	30	30	31	31	31	32	31	30	31			
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	295	286	250	255	250	271	265	275	290	46	100	1	31	31	31	31	32	32	31	30	30	30			

(Lanjutan)

190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	295	286	250	255	250	271	265	275	290	46	100	1	32	31	31	30	32	31	31	32	30	30
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	295	286	250	255	250	271	265	275	290	46	100	1	30	31	31	30	31	32	31	31	30	31
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	295	286	250	255	250	271	265	275	290	46	100	1	30	31	31	31	31	30	31	31	31	31
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	295	286	250	255	250	271	265	275	290	46	100	1	30	31	32	30	31	31	32	32	32	31
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	300	290	265	271	250	271	271	295	304	45	100	1	31	30	30	30	30	30	30	31	31	31
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	300	290	265	271	250	271	271	295	304	45	100	1	30	29	30	29	30	30	30	31	30	30
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	300	290	265	271	250	271	271	295	304	45	100	1	30	31	31	30	30	31	31	30	31	30
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	300	290	265	271	250	271	271	295	304	45	100	1	31	29	31	29	30	31	30	31	32	32
190	230	260	265	275	280	285	285	280	270	255	300	290	265	271	250	271	271	295	304	45	100	1	30	30	31	30	30	30	31	30	31	30
190	230	260	265	270	275	280	285	280	270	250	300	280	275	270	260	270	270	295	305	46	100	2	31	32	32	32	31	31	31	31	32	33
190	230	260	265	270	275	280	285	280	270	250	300	280	275	270	260	270	270	295	305	46	100	2	30	30	31	32	32	32	32	31	31	31
190	230	260	265	270	275	280	285	280	270	250	300	280	275	270	260	270	270	295	305	46	100	2	31	31	31	31	32	32	31	32	32	32
190	230	260	265	270	275	280	285	280	270	250	300	280	275	270	260	270	270	295	305	46	100	2	30	31	32	31	29	30	31	32	32	31
190	230	260	265	270	275	280	285	280	270	250	300	280	275	270	260	270	270	295	305	46	100	2	30	31	31	30	30	31	32	31	31	31
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	282	268	267	260	270	280	290	300	52	107	1	30	30	29	29	31	31	31	31	31	30
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	282	268	267	260	270	280	290	300	52	107	1	31	30	31	29	30	30	31	31	31	30
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	282	268	267	260	270	280	290	300	52	107	1	30	30	30	30	31	31	30	30	31	32
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	282	268	267	260	270	280	290	300	52	107	1	31	30	30	31	31	32	30	31	30	30
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	280	270	270	268	270	280	296	305	46	98	1	30	31	30	28	29	30	30	31	30	31
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	280	270	270	268	270	280	296	305	46	98	1	28	30	28	30	29	30	29	30	29	31
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	280	270	270	268	270	280	296	305	46	98	1	30	31	31	30	30	30	30	30	29	31
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	280	270	270	268	270	280	296	305	46	98	1	32	30	32	31	32	31	30	31	32	32
190	230	260	265	275	280	285	285	275	270	260	285	280	270	270	268	270	280	296	305	46	98	1	30	31	31	30	30	30	30	30	29	31