

**PENENTUAN OPTIMAL *SETTING LEVEL* KECEPATAN TIUP
DAN TEKANAN UDARA PADA *SUCKING BLOWING MACHINE*
NOZZLE MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI
(Studi Kasus PT OMRON MANUFACTURING OF INDONESIA)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**ANDIKA BUSTARI
NIM. 1110622001-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENENTUAN OPTIMAL *SETTING LEVEL* KECEPATAN TIUP
DAN TEKANAN UDARA PADA *SUCKING BLOWING MACHINE*
NOZZLE MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI
(Studi Kasus PT OMRON MANUFACTURING OF INDONESIA)**

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana Teknik



Disusun oleh:

ANDIKA BUSTARI
NIM. 1110622001-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. TJUK OERBANDONO, MSc.CSE
NIP. 19670923 199303 1 002

PURNAMI, ST., MT
NIP. 19770707 200812 1 005

LEMBAR PENGESAHAN

**PENENTUAN OPTIMAL *SETTING LEVEL* KECEPATAN TIUP
DAN TEKANAN UDARA PADA *SUCKING BLOWING MACHINE*
NOZZLE MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI
(Studi Kasus PT OMRON MANUFACTURING OF INDONESIA)**

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**ANDIKA BUSTARI
NIM. 1110622001 - 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 25 Juli 2013

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

**Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST.,M.Eng
NIP. 19710310 199802 1 001**

Skripsi II

**Prof.Ir. Sudjito, Ph.D
NIP. 19470330 198002 1 001**

Skripsi III

**Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Semoga segala keselamatan dan keberkahan selalu terlimpah kepada Rasulullah Muhammad SAW, manusia terbaik yang telah memberi keteladanan bagi semua manusia.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki dalam tulisan ini. Namun demikian diharapkan adanya kritikan dan saran dari pembaca sekalian semoga banyak manfaat dan pengetahuan yang dapat diberikan pada pembuatan tugas akhir ini kepada kita semua.

Dengan selesainya tugas akhir ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu menyelesaikan tugas akhir ini terutama kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
3. Bapak Ir.Tjuk Oerbandono, MSc., CSE sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Purnami, ST, MT sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulisan tugas akhir ini.
5. Semua Dosen dan Civitas Akademika Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan dukungannya.
6. Keluarga tercinta : bapak Busroh, mamah Heni, teh Fika dan neng Dinda yang selalu memberikan do'a dan dukungan moril serta materilnya.
7. Rini Suryaningtias yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman SAP angkatan 2011 : Riky, Rendy, Teddy, Bahar dan Ari

9. Bapak Hari Darmawan selaku manajer departemen produksi switch PT.Omron Manufacturing of Indonesia atas bantuannya kepada penulis sehingga penulis dapat melakukan riset pada perusahaan ini.

10. Dena Kurniati selaku pembimbing di PT. Omron Manufacturing of Indonesia (OMI)

Terima kasih sebanyak-banyaknya untuk semua bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT memberi balasan yang lebih baik bagi kita semua. Amin.

Malang, Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| RINGKASAN | ix |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Optimasi Produk | 5 |
| 2.2 Partikel | 6 |
| 2.3 Produk | 7 |
| 2.4 Proses Produksi Switch | 8 |
| 2.5 Mesin Sucking Blowing | 10 |
| 2.6 Desain Eksperimen | 14 |
| 2.6.1 Langkah-Langkah Dalam Desain Eksperimen | 14 |
| 2.6.2 Desain Eksperimen Taguchi | 16 |
| 2.6.3 Perancangan Eksperimen Taguchi | 17 |
| 2.6.4 Klasifikasi Karakteristik Kualitas | 21 |
| 2.6.5 Signal to Noise Ratio (SNR) | 22 |
| 2.6.6 Orthogonal Array (OA) | 22 |
| 2.6.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Desain Eksperimen Taguchi | 24 |
| 2.6.8 Analysis of Variance (ANOVA) | 24 |
| 2.6.9 Interval Kepercayaan | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.10 Eksperimen Konfirmasi | 28 |
| 2.6.11 Pengujian Hipotesis Beda Dua Rata-rata | 28 |
| 2.7 Hipotesa | 29 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 30 |
| 3.1 Metode Penelitian | 30 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian | 30 |
| 3.3 Variabel Penelitian | 30 |
| 3.4 Peralatan Penelitian | 31 |
| 3.5 Prosedur Penelitian | 36 |
| 3.5.1 Tahap Pengumpulan Data | 37 |
| 3.5.2 Metode Pengolahan Data | 38 |
| 3.5.3 Tahap Analisis dan Kesimpulan | 39 |
| 3.6 Diagram Alir Penelitian | 40 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 41 |
| 4.1 Tahap Perencanaan Eksperimen | 41 |
| 4.1.1 Proses Produksi Switch D3V | 41 |
| 4.1.2 Penetapan Karakteristik Kualitas | 42 |
| 4.1.3 Identifikasi dan Penetapan Faktor Berpengaruh | 42 |
| 4.1.4 Penetapan Level Faktor Berpengaruh | 43 |
| 4.1.5 Perhitungan derajat Kebebasan (degree of freedom) | 43 |
| 4.1.6 Penetapan Orthogonal Array | 43 |
| 4.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen | 44 |
| 4.2.1 Pengujian Ukuran partikel Switch D3V Eksperimen Taguchi | 44 |
| 4.3 Tahap Analisa Hasil Eksperimen | 45 |
| 4.3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen | 45 |
| 4.3.1.1 Perhitungan Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi | 45 |
| 4.3.1.2 Perhitungan Anova Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi | 47 |
| 4.3.1.3 Perhitungan Anova Nilai SNR | 52 |
| 4.3.2 Prediksi Kondisi Optimum | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Tahap Verifikasi..... | 59 |
| 4.4.1 Eksperimen Konfirmasi | 59 |
| 4.4.1.1 Pengujian Ukuran Partikel Eksperimen Konfirmasi | 59 |
| 4.4.1.2 Perhitungan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi | 59 |
| 4.4.1.3 Analisis Selang Kepercayaan Kondisi Optimal dan Konfirmasi..... | 60 |
| 4.4.1.4 Pengujian Hipotesis (Perbandingan Kondisi Optimal dan Konfirmasi) | 62 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 65 |
| 5.1 Kesimpulan | 65 |
| 5.2 Saran | 65 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |



DAFTAR GAMBAR

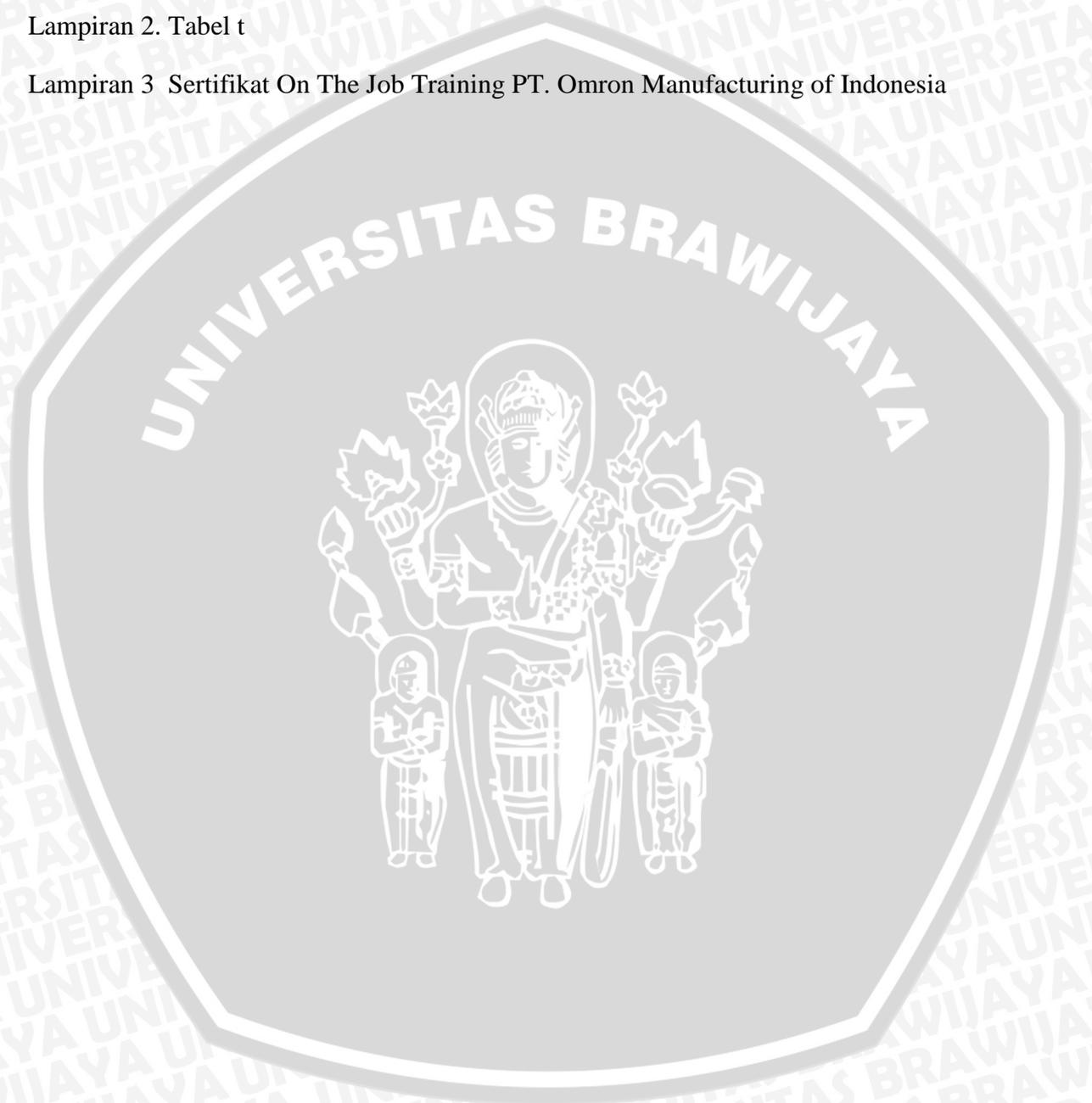
| No | Judul | Halaman |
|-------------|---|---------|
| Gambar 2.1 | Protein pada permukaan contact | 7 |
| Gambar 2.2 | Switch Tipe D3V | 8 |
| Gambar 2.3 | Komponen-komponen Switch | 8 |
| Gambar 2.4 | Sucking Blowing system di switch production | 11 |
| Gambar 2.5 | Separator | 11 |
| Gambar 2.6 | Regulator | 12 |
| Gambar 2.7 | Air Valve | 12 |
| Gambar 2.8 | Filter Union | 12 |
| Gambar 2.9 | Hosing Amano | 13 |
| Gambar 2.10 | Nozzle | 13 |
| Gambar 3.1 | Dimensi Switch | 31 |
| Gambar 3.2 | Mesin sucking blowing | 32 |
| Gambar 3.3 | Anemomaster | 32 |
| Gambar 3.4 | Tabung air | 32 |
| Gambar 3.5 | twezer | 33 |
| Gambar 3.6 | Jarum suntik | 33 |
| Gambar 3.7 | Produc tray | 34 |
| Gambar 3.8 | Tabung filter trap | 34 |
| Gambar 3.9 | Kertas filter trap | 35 |
| Gambar 3.10 | Drying machine | 35 |
| Gambar 3.11 | Scanner | 37 |
| Gambar 4.1 | Produk switch D3V sebelum dan sesudah proses sucking blowing assy I | 42 |
| Gambar 4.2 | Ilustrasi partikel yang terdapat pada bagian dalam switch | 42 |
| Gambar 4.3 | Response Graph Rata-rata Hasil Ekperimen Taguchi | 49 |
| Gambar 4.4 | Grafik Respon SNR Hasil Eksperimen Taguchi | 54 |
| Gambar 4.5 | Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata | 61 |
| Gambar 4.6 | Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk SNR | 61 |

DAFTAR TABEL

| No | Judul | Halaman |
|------------|--|---------|
| Tabel 2.1 | Perbandingan antara <i>Factorial design</i> dengan <i>Taguchi design</i> | 15 |
| Tabel 2.2 | Klasifikasi Karakteristik Kualitas | 21 |
| Tabel 2.3 | Contoh Matrik Orthogonal Array $L_8(2^7)$ | 23 |
| Tabel 2.4 | Orthogonal array standar dari Taguchi | 24 |
| Tabel 2.5 | Tabel Respon Eksperimen Taguchi | 25 |
| Tabel 2.6 | Analysis of Variance (ANOVA) | 26 |
| Tabel 2.7 | Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Eksperimen Taguchi | 30 |
| Tabel 3.1 | Rancangan Ekperimen | 38 |
| Tabel 3.2 | Level Nilai Variabel Bebas | 39 |
| Tabel 4.1 | Penetapan level faktor | 43 |
| Tabel 4.2 | Orthogonal array $L_8(2^3)$ | 44 |
| Tabel 4.3 | Hasil Uji Ukuran Partikel Switch Eksperimen Taguchi | 45 |
| Tabel 4.4 | Perhitungan nilai rata-rata dan SNR eksperimen Taguchi | 47 |
| Tabel 4.5 | Tabel Respon Untuk Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi | 48 |
| Tabel 4.6 | Analysis of Variance Nilai Rata-rata (mean) Eksperimen Taguchi | 51 |
| Tabel 4.7 | Analysis of Variance Nilai Rata-rata (mean) Eksperimen Taguchi Setelah Pooling Up | 52 |
| Tabel 4.8 | Tabel respon untuk nilai SNR Eksperimen Taguchi | 53 |
| Tabel 4.9 | Analysis of Variance Nilai SNR Eksperimen Taguchi | 55 |
| Tabel 4.10 | Ranking pengaruh tiap Faktor | 56 |
| Tabel 4.11 | Hasil Pengujian Optimal Setting Level Ukuran Partikel Produk Switch pada proses sucking blowing assy I | 59 |
| Tabel 4.12 | Kondisi aktual pengujian ukuran partikel pada proses sucking blowing assy I produk switch | 63 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul |
|-------------|---|
| Lampiran 1. | Tabel F |
| Lampiran 2. | Tabel t |
| Lampiran 3 | Sertifikat On The Job Training PT. Omron Manufacturing of Indonesia |



RINGKASAN

Andika Bustari, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, *Penentuan Optimal Setting Level Kecepatan Tiup dan Tekanan Udara Pada Sucking Blowing Machine Nozzle Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi*, Dosen Pembimbing : Tjuk Oerbandono dan Purnami.

Switch merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai *contact* untuk memutuskan dan mengalirkan listrik pada peralatan elektronik, Setiap kontak pada switch memiliki dua keadaan yaitu *closed* dan *open*, *closed* berarti *contact* yang terdapat pada switch telah tersentuh dan listrik dapat dialirkan sedangkan *open* berarti *contact* terpisah dan tidak ada aliran listrik. Mekanisme penggerak dari kedua transisi tersebut dapat berupa saklar dan *push button*.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan optimal setting level untuk meningkatkan kualitas produk switch pada Mesin sucking blowing di PT. Omron Manufacturing of Indonesia (PT. OMI). Dari studi lapangan yang dilakukan didapat faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ukuran partikel pada switch, perusahaan memilih faktor-faktor yang diijinkan untuk dieksperimentasikan. Tiga faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan tiup (27 dan 28 m/s) dan tekanan udara (4,5 dan 5 kgf/cm²) dengan menggunakan jenis nozzle yang berbeda (*fixed nozzle* dan *movement nozzle*). Untuk menentukan kombinasi dan jumlah dari eksperimen digunakan desain eksperimen Taguchi. Dari hasil desain eksperimen Taguchi didapat kombinasi setting level yang optimal yaitu kecepatan tiup 28 m/s, tekanan 5 kgf/cm² dan jenis nozzle berupa *movement nozzle*.

Dengan membandingkan antara prediksi respon dengan eksperimen konfirmasi dan membandingkan dengan kondisi aktual pengujian ukuran partikel berdasarkan setting level perusahaan maka diperoleh penurunan ukuran partikel pada produk switch dari kondisi aktual pengujian ukuran partikel sebesar 1,6µm menjadi 1,15µm.

Kata kunci : *switch*, mesin *sucking blowing*, desain eksperimen Taguchi, ukuran partikel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kegiatan industri sekarang ini semakin berkembang pesat, baik dari segi teknologi maupun dari segi persaingannya. Persaingan yang keras ini, menuntut setiap perusahaan untuk bisa bertahan, yaitu dengan cara meningkatkan kualitasnya dan tentunya berusaha mengurangi biaya dari setiap aktivitas industrinya, sehingga harga jual yang diberikan ke pasar akan semakin rendah. Adanya usaha ini dalam rangka agar industri semakin kompetitif.

Dalam rangka proses pencapaian tujuan perusahaan secara keseluruhan maka seluruh aktifitas produksi yang berlangsung didalamnya harus dapat diarahkan dan dikoordinirkan dalam tercapainya kontinuitas jalannya proses produksi agar nantinya hasil produksi dapat terselesaikan dan terealisasi sesuai dengan kuantitas, kualitas dan waktu yang tepat serta batas-batas biaya yang telah direncanakan sesuai dengan program produksinya.

Perusahaan memiliki sumber daya yang terbatas, sehingga perusahaan membutuhkan solusi untuk mengoptimalkan proses produksi dengan batasan-batasan yang ada untuk memecahkan permasalahan tersebut. Salah satu faktor program perencanaan produksi dalam mencapai tujuan perusahaan adalah dengan mengoptimalkan suatu sistem produksi agar dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

PT. Omron Manufacturing of Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur khususnya untuk menghasilkan *control component*, salah satu produknya berupa switch dengan berbagai macam tipe dan kegunaan. Untuk menghasilkan produk switch yang berkualitas memerlukan beberapa proses dan tahapan, salah satunya adalah dengan menggunakan *sucking blowing machine* untuk mengurangi ukuran partikel yang ada pada komponen switch yang akan di produksi. Pengaturan kecepatan tiup untuk beberapa *nozzle* yang ada pada *sucking blowing machine* dapat berpengaruh terhadap ukuran partikel yang terdapat pada komponen switch sehingga dapat menyebabkan produk yang dihasilkan menjadi tidak maksimal. Dalam satu line produksi switch terdapat beberapa proses *sucking blowing* dengan jenis *nozzle* yang berbeda. Penentuan optimal *setting level* kecepatan tiup dan tekanan udara



dalam satu line produksi digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dari suatu keadaan yang telah ada.

Desain eksperimen dewasa ini mendapat perhatian yang meningkat sebagai alat manajemen dengan mengamati, menilai, membandingkan sifat-sifat penting suatu produk dengan suatu bentuk baku. Berbagai prosedur dalam optimasi karakteristik mutu suatu produk yang banyak melibatkan cara sampling dan prinsip statistika, pengguna utama desain eksperimen tentunya ialah perusahaan industri. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang dapat mendukung kebutuhan tersebut. Salah satunya adalah desain eksperimen Taguchi.

Metode Taguchi adalah suatu metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses (Pramono, 2001: 25).

Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon. Dalam eksperimen ini, variabel respon ukuran partikel dipengaruhi oleh tiga variabel bebas yaitu kecepatan tiup (A), tekanan (B) dan jenis *nozzle* (C). Menggunakan formulasi

$$A_1B_1C_1, A_1B_1C_2, A_1B_2C_1, A_1B_2C_2$$

$$A_2B_1C_1, A_2B_1C_2, A_2B_2C_1, A_2B_2C_2$$

Dengan melakukan eksperimen terhadap faktor-faktor yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan *setting level* faktor yang optimal dari pengaturan kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis *nozzle* sehingga ukuran partikel pada produk dapat diturunkan dan bisa lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalahnya adalah bagaimana memperoleh *setting level* yang optimal dari pengaturan kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis *nozzle* pada *sucking blowing machine nozzle* dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi untuk proses produksi pada produk switch di PT. Omron Manufacturing of Indonesia .

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini agar pembahasan lebih terarah dan tidak terlalu luas, maka perlu adanya suatu batasan-batasan sehingga memudahkan dalam menganalisa atau memecahkan permasalahan yang ada. Adapun batasan-batasan dari permasalahan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada bagian *Switch Departement* dengan type produk D3V yaitu pada mesin *sucking blowing*
2. Penelitian dan analisa pemecahan masalah dilakukan pada sample produk dengan variasi kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis *nozzle*
3. Proses produksi telah diasumsikan telah baku dan memenuhi persyaratan.
4. Metode yang digunakan sebagai alat pemecahan masalah adalah desain eksperimen Taguchi

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

“Memperoleh *setting level* yang optimal dari kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis *nozzle* pada *sucking blowing machine nozzle* pada produk *switch* agar dapat meningkatkan kualitas produk perusahaan dengan desain eksperimen Taguchi ”

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui dan memperdalam pengetahuan mengenai optimasi produksi di PT. Omron Manufacturing of Indonesia
2. Agar dapat meningkatkan mutu dan kualitas produk dari hasil produksi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
3. Menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ukuran partikel produk switch.
4. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam mengambil sebuah keputusan sehingga tercipta proses produksi yang lancar dan dapat memenuhi target yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada dasarnya sistematika penulisan berisi gambaran secara umum mengenai isi dari penulisan skripsi secara berurutan, sehingga dapat terlihat dengan jelas masalah yang sedang dianalisa dalam karya tulis ini.

BAB I PENDAHULUAN

Pembahasan dalam bab ini meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan tentang landasan-landasan teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dan model analisis yang menggambarkan hubungan antara keputusan dan hasil analisis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang rancangan penelitian, sumber data, data-data yang dibutuhkan, metode pengumpulan data, lokasi penelitian serta diagram alir pemecahan masalah.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan data-data diolah, runtutan proses dan hasil akhir yang diperoleh dalam prose pengolahan data. Pembahasan terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat ditarik kesimpulan.

BAB V PENUTUP

Pembahasan dalam bab ini berisi kesimpulan serta saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Optimasi Produk

Optimasi produk diperlukan perusahaan dalam rangka mengoptimalkan sumberdaya yang digunakan agar suatu produksi dapat menghasilkan produk dalam kuantitas dan kualitas yang diharapkan. Optimasi produk adalah penggunaan faktor-faktor produksi yang terbatas seefisien mungkin. Faktor-faktor produksi tersebut adalah modal, mesin, peralatan, bahan baku, bahan pembantu dan tenaga kerja.

Setiap perusahaan akan berusaha mencapai keadaan optimal dengan memaksimalkan keuntungan atau dengan meminimalkan biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi. Perusahaan mengharapkan hasil yang terbaik dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, namun dalam mengatasi permasalahan dengan teknik optimasi jarang menghasilkan suatu solusi yang terbaik. Hal tersebut dikarenakan berbagai kendala yang dihadapi berada diluar jangkauan perusahaan.

Optimasi dapat ditempuh dengan dua cara yaitu maksimisasi dan minimisasi. Maksimisasi adalah optimasi produksi dengan menggunakan atau mengalokasikan input yang sudah tertentu untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal. Sedangkan minimisasi adalah optimasi produksi untuk menghasilkan tingkat output tertentu dengan menggunakan input atau biaya yang paling minimal.

Persoalan optimasi dibagi menjadi dua jenis yaitu tanpa kendala dan dengan kendala. Pada optimasi tanpa kendala, faktor-faktor yang menjadi kendala atau keterbatasan-keterbatasan yang ada terhadap fungsi tujuan diabaikan sehingga dalam menentukan nilai maksimum atau minimum tidak terdapat batasan-batasan terhadap berbagai pilihan alternatif yang tersedia. Sedangkan pada optimasi dengan kendala, faktor-faktor yang menjadi kendala terhadap fungsi tujuan diperhatikan dalam menentukan titik maksimum atau minimum fungsi tujuan (Alfian, 2007).

Optimasi dengan kendala pada dasarnya merupakan persoalan dalam menentukan nilai variabel suatu fungsi menjadi maksimum atau minimum dengan memperhatikan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Keterbatasan-keterbatasan itu meliputi input atau faktor-faktor produksi seperti modal, bahan baku, tenaga kerja dan mesin. Optimasi produksi dengan kendala perlu memperhatikan faktor-faktor yang menjadi kendala pada fungsi tujuan karena kendala menentukan nilai maksimum dan

minimum. Fungsi tujuan merupakan suatu pernyataan matematis yang digunakan untuk mempresentasikan kriteria dalam mengevaluasi solusi suatu masalah. Fungsi tujuan dalam teknik optimasi produksi merupakan unsur yang penting karena akan menentukan kondisi optimal suatu keadaan (Alfian, 2007).

Salah satu metode untuk memecahkan masalah optimasi produksi yang mencakup fungsi tujuan dan kendala adalah desain eksperimen Taguchi. Metode ini adalah suatu teknik perencanaan analitis dengan menggunakan perangkat statistik biasa yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas suatu proses produksi atau produk.

2.2 Partikel

Partikel merupakan material asing yang dapat mengganggu dan menghambat kinerja produk *switch*. Adanya partikel tersebut dapat menyebabkan arus tidak dapat mengalir. Berikut adalah macam-macam material asing (*foreign material*) yang dapat menyebabkan masalah pada produk :

1. *Molding dust*

Molding dust ini merupakan material yang paling sering menyebabkan *CR problem*, sebagian besar claim dan masalah yang terjadi disebabkan oleh *molding dust*.

Molding dust merupakan bahan isolator, biasanya berupa serpihan plastik yang membentuk material parts itu sendiri atau berasal dari peralatan-peralatan yang ada di area *production*.

Jenis-jenis *molding dust* yang paling sering ditemui dalam masalah *CR* diantaranya adalah

- a. *Melamine*
- b. *PBT (Poly Butilene Teteptalat)*
- c. *PPS (Poly Propilene Sulfida)*

2. *Metal dust*

Metal dust merupakan serpihan-serpihan logam yang biasanya ditemui karena adanya pergesekan

Jenis-jenis *metal dust*

- a. Tembaga (Cu)
- b. Perak (Au)
- c. Emas (Au)
- d. Seng (Zn)
- e. Alumunium (Al)

Ketika ada metal dust diantara dua buah permukaan contact maka hal tersebut kemungkinan berefek pada nilai CR yang tinggi atau masalah pada HV

3. *Fiber dust*

Fiber dust merupakan debu yang berasal dari serat-serat kain, kertas

Jenis-jenis fiber dust yang sering menjadi masalah CR :

a. *polyester*

b. *cellulose*

4. *Other dust*

Dust ini merupakan kumpulan dust yang tidak termasuk ke dalam penggolongan ketiga dust diatas, foreign material yang tergolong other dust tersebut adalah material protein atau material yang tidak diketahui jenisnya.



Gambar 2.1 Protein pada permukaan contact

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

2.3 Produk

Produksi utama yang dihasilkan oleh PT. Omron Manufacturing of Indonesia (OMI) adalah komponen-komponen kontrol dan mesin control. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *switch*. *Switch* merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai *contact* untuk memutus dan mengalirkan listrik pada peralatan elektronik, seperti *switch* pada *microwave* untuk pencahayaan. Setiap kontak pada *switch* memiliki dua keadaan yaitu *closed* dan *open*, *closed* berarti *contact* yang terdapat pada *switch* telah tersentuh dan listrik dapat dialirkan sedangkan *open* berarti *contact* terpisah dan tidak ada aliran listrik. Mekanisme penggerak dari kedua transisi tersebut dapat berupa saklar dan *push button*.

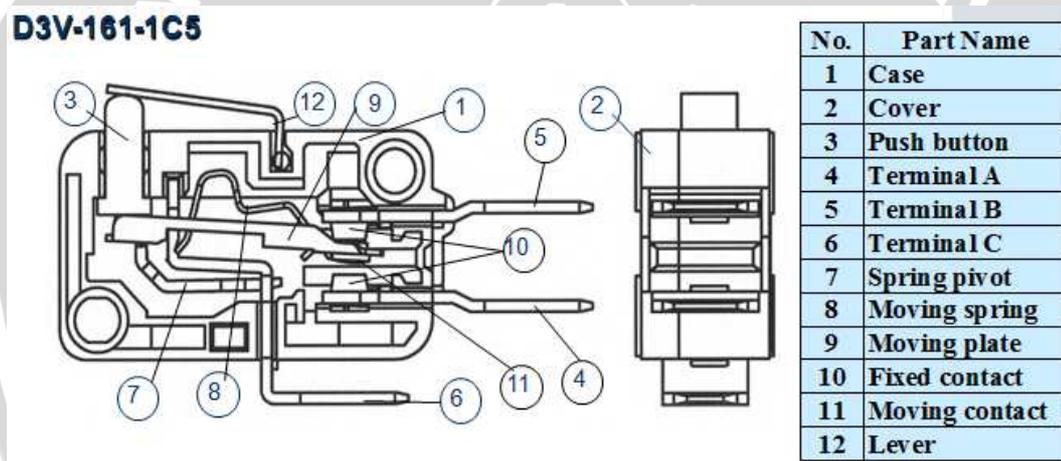


Gambar 2.2 *Switch* Tipe D3V

Sumber : PT. OMI

Di PT. OMI salah satu produk *switch* yang dihasilkan adalah *switch* type D3V..

Berikut adalah komponen-komponen yang terdapat pada *switch* D3V :



Gambar 2.3 Komponen-komponen *Switch*

Sumber : PDSW PT. OMI

Mekanisme pada *switch* ini menggunakan push button sebagai penggerak atau aktuator, dimana push button tersebut menggerakkan *moving plate* untuk mengalirkan arus yang dilanjutkan ke terminal fix, COM, NO dan NC. Sedangkan *spring* berfungsi untuk mengontrol pergerakan ON/OFF dari mekanisme *switch*.

2.4 Proses Produksi *Switch*

Kegiatan produksi di PT. OMI pada dasarnya menggunakan penerapan sifat proses yang terus menerus, dimana material mengalir berurutan melalui beberapa tingkat pengerjaan sampai menjadi produk jadi.

Berikut ini proses produksi yang ada di PT. OMI dalam pembuatan produk switch type D3V:

1. *Case Sucking Blowing*

Merupakan proses paling utama yaitu pembersihan case produk dengan menggunakan mesin sucking blowing. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan debu atau partikel yang terdapat pada case produk.

2. *Terminal Insert dan Pressing*

Merupakan lanjutan dari proses pertama. Pada proses ini case yang telah di *sucking blowing* akan di insert part berupa terminal ke dalam produk dengan cara manual dan menggunakan mesin press untuk di pressing.

3. *Sucking Blowing Assy I*

Setelah terminal insert proses selanjutnya adalah melakukan pembersihan kembali produk dengan mesin *sucking blowing* dari partikel asing yang berasal dari luar atau part dari produk itu sendiri.

4. *Movable Assy, Insert dan Pressing*

Setelah proses Assy pertama selesai selanjutnya adalah melakukan insert komponen *movable* seperti *moving spring*, *plate* dan *contact* secara manual dengan bantuan operator. Setelah semua di insert selanjutnya adalah melakukan proses pressing dengan menggunakan mesin press.

5. *Sucking Blowing Assy II*

Melakukan kembali pembersihan pada produk dengan menggunakan mesin *sucking blowing*

6. *Press Button Insert*

Pada proses ini dilakukan pemasukan button yang akan digunakan untuk produk *switch*.

7. *Internal Switch Checking*

Proses ini bertujuan untuk melakukan pengecekan pada bagian dalam switch untuk mengetahui kekurangan pada karakteristik produk tersebut sudah sesuai dengan spec dan standar pengukuran atau belum.

8. *Push Button Colour Checking*

Pada proses ini dilakukan pengecekan pada warna push button yang digunakan pada produk, pengecekan dilakukan dengan menggunakan sensor apakah push button tersebut berwarna merah atau bukan.

9. *Cover S/B, Insert dan Pressing*

Proses selanjutnya adalah melakukan sucking blowing pada case yang akan dijadikan casing, lalu di insert dan dijadikan satu dengan casing yang sudah ditambahkan part seperti terminal dan push button dengan menggunakan mesin press.

10. *Electrical Inspection (HV dan CR Checking)*

Proses ini dilakukan untuk melakukan pengecekan pada produk apakah sudah teraliri oleh aliran listrik atau belum.

11. *Marking*

Setelah dilakukan electrical inspection proses selanjutnya adalah melakukan marking untuk memberilakn label dari produk yang akan dibuat yaitu D3V.

12. *Drying*

Pada proses ini dilakukan pengeringan label yang telah di marking dengan menggunakan mesin drying.

13. *Appearance Checking*

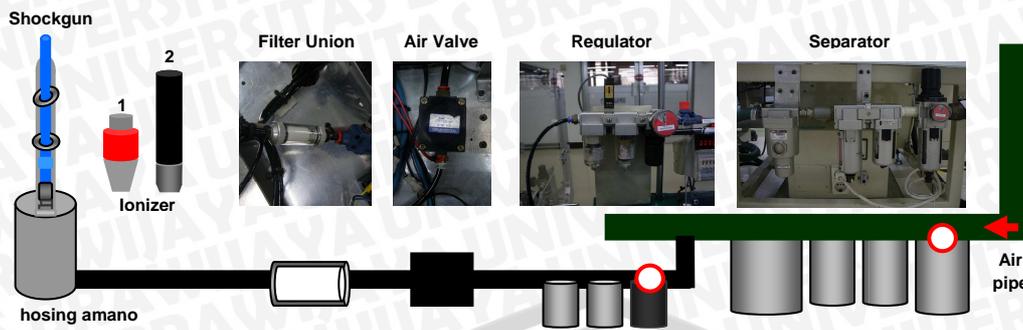
Ini merupakan proses terakhir yang dilakukan dalam perakitan switch yaitu melakukan pengecekan karakteristik switch dengan melakukan seleksi pada produk sebelum di packing

14. *Packing*

Proses terakhir adalah melakukan pengepakan pada produk yang telah selesai dirakit dan telah melewati proses sebelumnya serta sudah sesuai dengan standar produk yang diinginkan.

2.5 **Mesin Sucking Blowing**

Sucking blowing merupakan salah satu mesin yang digunakan dalam proses produksi untuk meminimalisir atau mengurangi partikel yang terdapat pada produk. Sucking adalah proses menyedot partikel yang ada di produk dengan bantuan mesin amano/vacuum dengan spesifikasi minimum kecepatannya 15 m/s sedangkan blowing adalah proses melepaskan partikel yang menempel pada produk dengan meniupkan udara dengan spesifikasi minimum kecepatannya 20 m/s.



Gambar 2.4 Sucking Blowing system di switch production

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

Rangkaian dari mesin *sucking blowing* adalah :

1. Separator

Separator adalah alat yang digunakan untuk mengolah/ memisahkan campuran udara dan pelumas sebelum di buang ke sistem/lingkungan. Pada umumnya separator yang beroperasi memanfaatkan diferensial gravitasi antara pelumas dan udara. Pelumas mempunyai berat jenis lebih ringan dari udara. Oleh karena itu, dengan waktu yang cukup, campuran pelumas dan udara akan terpisah.



Gambar 2.5 Separator

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

2. Regulator

Regulator adalah alat pengatur tekanan yang berfungsi sebagai penyalur dan mengatur serta menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tabung agar aliran gas menjadi konstan.



Gambar 2.6 Regulator

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

3. Air Valve

Air valve adalah sebuah alat untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat sebagian dari jalannya aliran.



Gambar 2.7 Air Valve

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

4. Filter Union

Filter berfungsi sebagai penyaring agar udara yang keluar *sucking blowing* menjadi bersih.



Gambar 2.8 Filter Union

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

5. Hosing Amano

Merupakan suatu alat berbentuk pipa yang berfungsi untuk menghisap debu atau partikel yang ada pada produk.



Gambar 2.9 Hosing Amano

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

6. Nozzle

Nozzle adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengekspansikan fluida sehingga kecepatannya bertambah. Ada dua jenis *nozzle* yang digunakan yaitu *fixed nozzle* dan *movement nozzle*. *Fixed nozzle* merupakan *nozzle* yang arah gerak *nozzle* bergerak hanya pada satu arah. Sedangkan *Movement nozzle* merupakan *nozzle* yang arah gerakan *nozzlenya* bergerak dua arah secara horizontal.



Gambar 2.10 Nozzle

Sumber : *Internal Modul CR knowledge*

Prinsip kerja dari mesin *sucking blowing* adalah sebagai berikut :

Proses *sucking* pada mesin *sucking blowing* ini menggunakan bantuan mesin amino/vacuum, prinsip kerjanya didasarkan pada mesin vacuum itu sendiri yaitu dengan memanfaatkan perbedaan tekanan. Udara bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke

tempat bertekanan rendah. Sedangkan prinsip kerja pada *blowing* yaitu dengan memanfaatkan supply udara dari kompresor untuk menghasilkan udara bertekanan. Untuk menyalurkan udara bertekanan ke seluruh sistem (sirkuit pneumatik) diperlukan unit pelayanan atau service unit yang terdiri dari pemisah (separator), penyaring (filter), katup kran (valve) dan pengatur tekanan (regulator). Service unit ini diperlukan karena udara bertekanan yang dihasilkan harus benar-benar bersih. Tekanan udara operasional yang digunakan antara 3-5 kgf/cm². Selanjutnya udara bertekanan disalurkan dengan bekerjanya solenoid valve pneumatic. Sebelum aliran udara dilanjutkan terdapat filter untuk melakukan penyaringan udara kembali agar partikel yang dihasilkan $\leq 4 \mu\text{m}$, setelah itu udara bertekanan yang masuk akan mengisi tabung pneumatik dan membuat piston bergerak maju dan udara bertekanan tersebut terus mendorong piston sehingga udara bertekanan tersebut akan menghasilkan kecepatan tiup yang keluar dari *nozzle*. Semakin tinggi tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor maka akan semakin tinggi kecepatan tiup yang dikeluarkan dari *nozzle* sehingga gaya dorong untuk menyerap dan mengeluarkan partikel akan semakin tinggi dan hanya menyisakan ukuran partikel kecil di dalam produk yang terdapat pada area yang sulit terjangkau oleh gerakan *nozzle*.

2.6 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan suatu metode statistik yang digunakan sebagai salah satu alat untuk meningkatkan atau melakukan perbaikan kualitas. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variable input suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon) agar dapat dicari *setting variable* input yang dapat mengoptimalkan respon.

2.6.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen :

1. Mengenal Permasalahan

Tahap awal desain eksperimen adalah mengenali permasalahan. Tahap ini merupakan tahap penting sebagai permulaan suatu eksperimen. Dengan melakukan identifikasi permasalahan, diperoleh suatu kesimpulan yang dapat menjawab segala permasalahan. Dari permasalahan yang ada kemudian dibuat suatu pernyataan yang tepat mewakili permasalahan agar memperoleh penyelesaian yang tepat.

2. Memilih Variabel Respon

Tahap kedua adalah menetapkan variable respon. Variable respon adalah variable dependen, yaitu variable yang dipengaruhi oleh level factor atau kombinasi level factor.

3. Menentukan Faktor dan Level

Tahap selanjutnya adalah menentukan factor dan level factor dalam suatu eksperimen. Peneliti harus pula menentukan cara mengendalikan factor dan cara mengukurnya. Tahap ini memerlukan pengetahuan yang lebih mengenai permasalahan yang akan diteliti agar factor dan level yang ditentukan tidak menyimpang jauh dari hasil yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan tiga faktor dengan masing-masing memiliki dua level faktor. Jika A, B, dan C menunjukkan faktor tersebut maka ada 8 percobaan yang dapat dilakukan (Roy,1990:52) :

$$A_1B_1C_1, A_1B_1C_2, A_1B_2C_1, A_1B_2C_2$$

$$A_2B_1C_1, A_2B_1C_2, A_2B_2C_1, A_2B_2C_2$$

4. Memilih Metode Desain Eksperimen

Metode desain eksperimen harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan permasalahan yang ada. Beberapa metode desain eksperimen antara lain desain Faktorial, desain Taguchi, dan permukaan respon. Dalam penelitian ini digunakan metode taguchi.

Tabel 2.1 Perbandingan antara *Factorial design* dengan *Taguchi design*

| FACTORS | LEVEL | TOTAL NUMBER OF EXPERIMENTS | |
|---------|-------|-----------------------------|---------|
| | | FACTORIAL DESIGN | TAGUCHI |
| 2 | 2 | 4 | 4 |
| 4 | 2 | 16 | 8 |
| 7 | 2 | 128 | 8 |
| 15 | 2 | 32.768 | 16 |
| 4 | 2 | 81 | 9 |

Sumber : A primer on the taguchi method (Roy, 1990: 42)

5. Melaksanakan Percobaan

Selama eksperimen dilakukan, proses harus diamati dengan cermat agar eksperimen berjalan sesuai rencana. Sebelum percobaan dilakukan, terlebih dahulu dibuat rancangan percobaan dengan menentukan *Orthogonal array* dan kode level nilai variabel

6. Menganalisa Data

Analisis data merupakan dasar dalam membuat suatu keputusan dan pernyataan yang tepat. Analisis data pada desain eksperimen dilakukan sesuai dengan metode yang dibuat. Salah satu tahap dalam analisis data eksperimen adalah melakukan analisis *Signal to Noise Ratio (SNR)*.

7. Membuat Suatu Keputusan

Setelah analisis data dilakukan, langkah terakhir adalah membuat suatu keputusan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan.

2.6.2 Desain Eksperimen Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ishak, 2002: 10).

Desain Eksperimen Taguchi adalah suatu metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses (Pramono, 2001: 25).

Dalam perbaikan kualitasnya Taguchi pada dasarnya memanfaatkan perangkat statistik biasa, tetapi secara sederhana mereka mendefinisikan sebuah himpunan garis pedoman untuk tampilan eksperimen dan analisis kesimpulan/keputusan. Taguchi melakukan pendekatan secara efektif dalam memperbaiki kualitas produk di Jepang. Baru-baru ini industri barat mulai memperkenalkan metode taguchi yang sederhana tapi dengan pendekatan keefektifan yang tinggi untuk memperbaiki kualitas produk dan proses. Pengendalian kualitas pada metode Taguchi dapat dibagi ke dalam dua tahap yaitu :

Taguchi membedakan tiga desain proses yang terkait dengan proses selama produksi, yaitu: desain sistem, desain parameter dan desain toleransi. Tahap desain sistem membutuhkan pengetahuan mendalam mengenai sistem yang akan dirancang. Desain terkait dengan upaya mengembangkan suatu produk. Tujuan desain parameter adalah menentukan nilai nominal parameter produk atau proses optimal. Desain

toleransi bertujuan menentukan toleransi nilai nominal yang telah ditentukan dalam desain parameter. Dalam hal ini, toleransi diartikan sebagai variasi nilai nominal yang diperbolehkan (Roy, 1990: 10).

Kelebihan metode Taguchi dibandingkan dengan metode desain eksperimen lain, meliputi :

1. Metode Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan percobaan yang melibatkan banyak faktor tetapi jumlah unit percobaan yang diperlukan relatif kecil.
2. Metode Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk lebih konsisten dan kurang sensitif (robust) terhadap variabilitas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (noise).
3. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suatu respond dan kesimpulan mengenai taraf-taraf faktor terbaik yang akan menghasilkan respon yang optimal.

2.6.3 Perancangan Eksperimen Taguchi

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

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
Mendefinisikan dengan jelas permasalahan yang akan dihadapi untuk kemudian dilakukan usaha untuk perbaikan kualitas.
2. Menentukan tujuan penelitian
Mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performansi dari eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan bagaimana parameter-parameter yang diamati akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya, serta peralatan apa saja yang diperlukan untuk mengukur.
4. Identifikasi faktor
Melakukan pendekatan yang sistematis guna menemukan penyebab permasalahan, hindari aktivitas yang meloncat-loncat karena akan menyebabkan perolehan kesimpulan yang salah.

5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor *noise*

Menentukan jenis-jenis faktor yang mempengaruhi karakteristik produk/proses, kemudian dibedakan antara faktor terkendali dan faktor *noise*.

6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor

Berguna untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan dalam pemilihan Orthogonal Array.

Derajat kebebasan (*degrees of freedom*) adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar minimum eksperimen yang akan dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008:52). Bentuk persamaan umum dari derajat kebebasan dalam menentukan jumlah faktor yang akan diamati adalah sebagai berikut :

$$DOF_{exp} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1) \quad (2-1)$$

Derajat kebebasan untuk menghitung jumlah level yang harus diuji atau diadakan pengamatan pada seluruh faktor, bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$DOF_{fl} = (\text{banyaknya level} - 1) \quad (2-2)$$

Persamaan derajat kebebasan untuk mengetahui derajat kebebasan dari sebuah eksperimen atau total derajat kebebasan adalah:

$$\text{Total } DOF_{exp} = (\text{banyaknya faktor})(DOF_{fl}) \quad (2-3)$$

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

7. Memilih *Orthogonal Array*

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

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* haruslah memenuhi pertidaksamaan (Ross,1988. 74):

$$f_{LN} \geq f \text{ yang diperlukan untuk faktor dan interaksi} \quad (2-4)$$

Keterangan :

f = Dof / derajat kebebasan

f_{LN} = Jumlah trial - 1

f yang diperlukan untuk faktor dan interaksi = Jumlah total Dof

Dalam memilih jenis Orthogonal Array harus diperhatikan jumlah faktor yang diamati yaitu :

- a. Jika semua faktor adalah 2 level : pilih jenis OA untuk 2 level faktor
- b. Jika semua faktor adalah 3 level : pilih jenis OA untuk 3 level faktor
- c. Jika beberapa faktor adalah 2 level dan lainnya 3 level : pilih mana yang dominant dan gunakan Dummy Treatment, Metode Kombinasi atau Metode Idle Coloumn (Ross, 1988 : 109-112 & 137-145)
- d. Jika terdapat campuran 2, 3, atau 4 level faktor : lakukan modifikasi OA dengan metode Merging Coloumn (Ross,1988: 101-109)

8. Persiapan dan Pelaksanaan Eksperimen

Sebelum melakukan eksperimen ada tahap persiapan yang dilakukan untuk menentukan jumlah replikasi dan randomisasi percobaan.

a. Jumlah Replikasi

Replikasi diperlukan dengan tujuan sebagai berikut :

- 1) Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.
- 2) Memungkinkan kita untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata dari suatu faktor.

Selain itu, dikemukakan pula bahwa penambahan replikasi akan mengurangi tingkat kesalahan percobaan secara bertahap, namun jumlah replikasi dalam suatu percobaan dibatasi oleh sumber yang ada yaitu waktu, tenaga, biaya, dan fasilitas.

b. Randomisasi

Dalam percobaan, selain faktor-faktor yang diteliti pengaruhnya terhadap suatu variabel, juga terdapat faktor-faktor lain yang tidak dapat dikendalikan atau tidak diinginkan seperti kelelahan operator, naik atau turun daya mesin, dan lain-lain. Hal tersebut dapat mempengaruhi hasil percobaan. Pengaruh faktor-faktor tersebut diperkecil dengan menyebarkan pengaruh selama percobaan melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk :

- 1) Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan.
- 2) Memberikan kesempatan yang sama pada setiap unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama.

Dalam melakukan eksperimen, sejumlah percobaan (trial) disusun untuk meminimalkan kesempatan terjadinya kesalahan dalam menyusun level yang tepat untuk percobaan tersebut.

9. Analisa hasil eksperimen

Dalam menganalisa hasil eksperimen. Taguhi juga menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA), dimana ada hasil perhitungan mengenai jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat rata-rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat *error*.

Hal-hal yang dilakukan dalam analisa hasil eksperimen adalah :

- Perhitungan *Main Effect*

Yang dimaksud dengan *main effect* adalah pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap hasil. Perhitungannya sendiri terbagi menjadi dua metode, yaitu :

- a. Metode *Average* / Metode Standar (Metode Rata-rata)

Perhitungan dengan metode ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap nilai tengah dari hasil yang diharapkan.

- b. Metode S/N Rasio (*Signal to Noise Ratio*)

Perhitungan dengan metode ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor dan interaksi terhadap sebaran dari hasil yang diharapkan.

Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data (paling sedikit dua untuk satu *trial*) ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variansi yang timbul (Ross,1988: 172).

Terdapat beberapa jenis rasio S/N sesuai dengan tipe karakteristik kualitas yaitu *smaller the better*, *nominal is the best*, dan *larger the better*. Rasio S/N yang digunakan untuk mengevaluasi *trial-trial* percobaan tergantung pada tipe karakteristik kualitas yang diamati.

11. Interpretasi hasil

Mengevaluasi faktor-faktor mana yang berpengaruh dan tidak berpengaruh terhadap karakteristik kualitas yang dikehendaki.

12. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

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

13. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal

Setelah kondisi optimal dari eksperimen *orthogonal array* didapat, maka dapat diperkirakan rata-rata proses μ prediksi pada kondisi yang optimal. Hal ini didapat dengan menjumlahkan pengaruh dari ranking faktor yang lebih tinggi.

14. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dimaksudkan bahwa faktor dan level yang dimaksud memberikan hasil seperti yang diharapkan. Untuk menguji apakah hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan, maka harus diuji dengan interval keyakinan. Hasil yang didapat harus berada pada interval keyakinan yang ditentukan (Ishak, 2002: 12-13).

2.6.4 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

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

1. *Nominal the best*

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

2. *Smaller the better*

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

3. *Larger the better*

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

Tabel 2.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

| Karakteristik | Target | Contoh |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Nominal the best</i> | Terpusat pada nilai tertentu | Voltage TV |
| <i>Smaller the better</i> | Sekecil mungkin (nol) | Keausan alat, kekasaran permukaan |
| <i>Larger the better</i> | Sebesar mungkin () | Kekuatan las, keiritan bahan baku |

Sumber: Seojanto (2008)

2.6.5 Signal to Noise Ratio (SNR)

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

Perhitungan SNR yang dilakukan tergantung dari karakteristik kualitas yang dituju. Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas.

Untuk mengevaluasi ketangguhan sistem maka signal to noise ratio (SNR) dapat digunakan dengan rumusan (Rahardjo, 2001:3) :

a. Smaller the better

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2-5)$$

b. Nominal the best

$$\eta = -10 \log_{10} \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (2-6)$$

Dimana μ^2 dan σ^2 didapatkan dari rumus di bawah ini:

$$\mu^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2-7)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2-8)$$

c. Larger the better

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2-9)$$

2.6.6 Orthogonal Array (OA)

Orthogonal array (Matriks Ortoagonal) adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya, Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *orthogonal* karena

setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. *Orthogonal array* merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain (Ishak, 2002: 14).

Dalam melaksanakan desain eksperimen Taguchi untuk penelitian, penentuan OA sangatlah penting dan merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Karena OA merupakan suatu matrik pemetaan dari level masing-masing faktor untuk mempermudah dalam melakukan pengamatan.

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

$$L_a(b^c) \quad (2-10)$$

Keterangan :

a = banyak eksperimen atau baris

b = banyaknya level

c = banyak faktor atau kolom

(Soejanto,2008)

Tabel berikut adalah contoh matrik orthogonal array $L_8(2^7)$ dengan tujuh faktor dan dua level dengan jumlah eksperimen 8 kali.

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

| Eksperimen | $L_8(2^7)$ | | | | | | |
|------------|--------------|---|---|---|---|---|---|
| | Kolom/Faktor | | | | | | |
| | 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 |

Sumber: Soejanto (2008)

Taguchi telah menyusun 18 orthogonal array standar yang dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini

Tabel 2.4 Orthogonal array standar dari Taguchi

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

Sumber: Seojanto (2008)

2.6.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Desain Eksperimen Taguchi

Parameter-parameter yang berpengaruh dalam suatu proses produksi adalah:

- Faktor Sinyal. *Faktor sinyal* adalah parameter yang diatur untuk menentukan nilai respon produk yang diinginkan.
- Faktor *Noise (Uncontrollable Factor)*. Faktor ini termasuk faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh perancang, atau bobotnya dalam lingkungan sulit atau mahal untuk dikendalikan.
- Faktor Kendali (*Controllable Factor*). Faktor ini termasuk parameter yang dapat ditentukan secara bebas oleh perancang dalam nilai terbaik parameter tersebut. Bila nilai tiap faktor terkendali tertentu diubah maka karakteristik mutu dapat pula berubah (Wahjudi, 2001: 71).

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk/proses ke dalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor *noise*. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk/proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor *noise* adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen (Ishak, 2002: 11).

2.6.8 Analysis of Variance (ANOVA)

Analisis variansi atau analysis of variance diperkenalkan pertama kali oleh Sir Ronald Fisher, ahli statistik dari Inggris. Analisa variansi adalah suatu metode yang membagi variansi menjadi sumber variansi yang dapat diidentifikasi dan merupakan

pengumpulan derajat kebebasan dalam eksperimen. Analisis yang dilakukan memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon.

Dalam perhitungan analisis variansi desain eksperimen Taguchi langkah-langkah pengerjaannya (persamaan 2-11 sampai 2-20) sebagai berikut:

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

$$\bar{y} = \frac{\sum x}{n} \quad (2-11)$$

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

$$\bar{Y} = \frac{\sum y}{n} \quad (2-12)$$

3. Membuat tabel respon, perbedaan dapat diketahui dengan cara melakukan pengurangan nilai tertinggi dengan nilai terendah dari tiap-tiap level kemudian diranking dari nilai tertinggi sampai nilai terendah kemudian dimasukkan dalam tabel respon seperti contoh pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.5 Tabel Respon Eksperimen Taguchi

| | A | B | C |
|---------|---|---|---|
| Level 1 | | | |
| Level 2 | | | |
| Selisih | | | |
| Ranking | | | |
| Optimum | | | |

4. Menghitung *the total of sum squares* dengan rumusan sebagai berikut :

$$S_T = \sum y^2 \quad (2-13)$$

5. Menghitung *the sum of squares due to the mean* dengan rumusan sebagai berikut :

$$S_m = n(\bar{y})^2 \quad (2-14)$$

6. Menghitung *the sum of squares due to the factors* dengan rumusan sebagai berikut :

$$S_i = (n_{i1}\bar{1}^2 + n_{i2}\bar{2}^2 + \dots + n_{ij}\bar{j}^2) - S_m \quad (2-15)$$

7. Menghitung *the sum of squares due to the error* dengan rumusan sebagai berikut :

$$S_e = S_T - S_m - (S_A + S_B + \dots + S_i) \quad (2-16)$$

8. Menghitung *mean sum of squares* dengan rumusan sebagai berikut :

$$M_{qi} = \frac{S_{qi}}{v_i} \quad (2-17)$$

9. Menghitung *F-ratio* dengan rumusan sebagai berikut :

$$F_I = \frac{M_{qi}}{S_e} \quad (2-18)$$

10. Menghitung *pure sum of squares* dengan rumusan sebagai berikut :

$$S_i' = S_i - (v_i \times V_e) \quad (2-19)$$

11. Menghitung percent contribution dengan rumusan sebagai berikut :

$$\rho_i = \frac{S_i'}{S_t} \cdot 100\% \quad (2-20)$$

Sumber: (Belavendram,1990)

12. Membuat tabel analisis variansi hasil perhitungan

Tabel 2.6 *Analysis of Variance* (ANOVA)

| Source | Sq | v | Mq | F-ratio | Sq' | rho % | F-Tabel |
|----------|----|---|----|---------|-----|-------|---------|
| faktor A | | | | | | | |
| e | | | | | | | |
| St | | | | | | | |
| Mean | | | | | | | |
| ST | | | | | | | |

Sumber: Belavendram (1990)

Analisis Varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan (ishak, 2002: 15).

2.6.9 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan atau selang kepercayaan adalah interval antara dua nilai statistik dengan tingkat probabilitas tertentu dimana nilai yang sebenarnya dari parameter berada didalamnya. Dalam perancangan kualitas suatu produk interval kepercayaan dibagi menjadi tiga macam ketentuan, yaitu :

1. Interval kepercayaan untuk level faktor untuk menghitung interval kepercayaan dari masing-masing faktor level digunakan rumus :

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n} \right]} \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Sehingga interval kepercayaan untuk masing-masing level faktor dapat dihitung dengan rumus :

$$\overline{XY} - CI \leq \mu_{\overline{XY}} \leq \overline{XY} + CI \quad (2-22)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Dengan,

X = faktor ke-x

Y = level ke-y

- Interval kepercayaan untuk prediksi, sehingga menghitung interval kepercayaan untuk prediksi. Sebagai contoh, apabila dalam suatu eksperimen terdapat tujuh faktor (A,B,C,D,E,F,G) dan faktor B,D,F merupakan faktor yang penting, pada saat kita ingin meminimasi variansi. Faktor level D1, B1 dan F2 digunakan untuk menghitung the predicted process mean maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (D1 - \bar{y}) + (B1 - \bar{y}) + (F2 - \bar{y}) \quad (2-23)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Menghitung interval kepercayaan perkiraan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{neff} \right]} \quad (2-24)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Dengan,

$F_{\alpha, v1, v2}$ = tabel F rasio

α = tingkat kepercayaan (taraf nyata)

$v1$ = derajat bebas untuk rata-rata dan nilainya selalu 1 untuk interval kepercayaan

$v2$ = derajat bebas untuk pooled error variance

V_e = variansi kesalahan gabungan

n = jumlah pengamatan

$$neff = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat dalam perkiraan rata-rata}} \quad (2-25)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Sehingga interval kepercayaan yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

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

Sumber: Belavendram, 1995

- Interval kepercayaan untuk konfirmasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{neff} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2-26)$$

Sumber: Belavendram, 1995

Sehingga interval kepercayaan dapat diperoleh dengan selang sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \quad (2-27)$$

Sumber: Belavendram, 1995

2.6.10 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk membuktikan performansi yang diramalkan yaitu kondisi optimal untuk level faktor-faktor dalam eksperimen. Jika hasil eksperimen konfirmasi membuktikan performansi yang diramalkan, maka kondisi optimal dapat diterapkan dalam proses. Jika sebaliknya, maka desain eksperimen tambahan diperlukan. Jumlah sampel dalam eksperimen konfirmasi yaitu r diambil sejumlah 10 sampel. Keputusan kondisi optimal dapat diterima atau ditolak yaitu membandingkan rata-rata estimasi dan rata-rata hasil eksperimen konfirmasi dengan masing-masing level kepercayaan.

Tabel 2.7 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Eksperimen Taguchi

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

Sumber: Belavendram (1995)

2.6.11 Pengujian Hipotesis Beda Dua Rata-rata

Pengujian hipotesis beda dua rata-rata untuk sampel kecil ($n \leq 30$), uji statistiknya menggunakan distribusi t (Iqbal Hasan, 1999). Pengujian hipotesisnya sebagai berikut:

1. Formulasi Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- $H_0 : \mu_1 > \mu_2$
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$$H_0 : \mu_1 < \mu_2$$

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$$

2. Penentuan nilai α (taraf nyata) dan nilai t tabel (t_α)

Mengambil nilai sesuai kebijakan, kemudian menentukan nilai t_α atau $t_{\alpha/2}$ dari tabel.

3. Kriteria Pengujian

- Untuk $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ dan $H_0 : \mu_1 > \mu_2$, maka

- a. H_0 diterima jika $t_0 \leq t_\alpha$

- b. H_0 ditolak jika $t_0 > t_\alpha$

- Untuk $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ dan $H_0 : \mu_1 < \mu_2$, maka

- a. H_0 diterima jika $t_0 \geq t_\alpha$

- b. H_0 ditolak jika $t_0 < t_\alpha$

- Untuk $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ dan $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$, maka

1. H_0 diterima jika $-t_{\alpha/2} \leq t_0 \leq t_{\alpha/2}$

2. H_0 ditolak jika $t_0 > t_{\alpha/2}$ atau $t_0 < -t_{\alpha/2}$

4. Uji statistik (t_0)

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

(2-28)

Sumber: Iqbal hasan, 1999

5. Kesimpulan

Kesimpulan pengujian merupakan penerimaan atau penolakan H_0

2.7 Hipotesa

Berdasarkan teori yang ada dan penjelasan pada bab sebelumnya bahwa dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi dan batasan-batasan yang ada maka akan diperoleh *optimal setting level* dari faktor-faktor yang berpengaruh yaitu kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis *nozzle* terhadap produk yang dapat meningkatkan karakteristik kualitas yaitu semakin kecil ukuran partikel produk *switch* dan dapat diterapkan pada proses produksi *switch* yang sebenarnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental (true experimental research). Jenis penelitian ini digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan terhadap suatu proses. Pengaruh dari beberapa perlakuan yang berbeda terhadap suatu proses percobaan akan dibandingkan sehingga diperoleh suatu kejadian yang saling berhubungan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2013 – selesai di PT Omron Manufacturing of Indonesia, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variable yang ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- Kecepatan tiup : 27 dan 28 m/s
Nilai minimum : 20 m/s
- Tekanan udara : 4.5 dan 5 Kgf/cm²
Tekanan udara operational yang digunakan dalam produksi antara 3-5 Kgf/cm²
- Jenis nosel yang digunakan adalah *fixed nozzle* dan *movement nozzle*

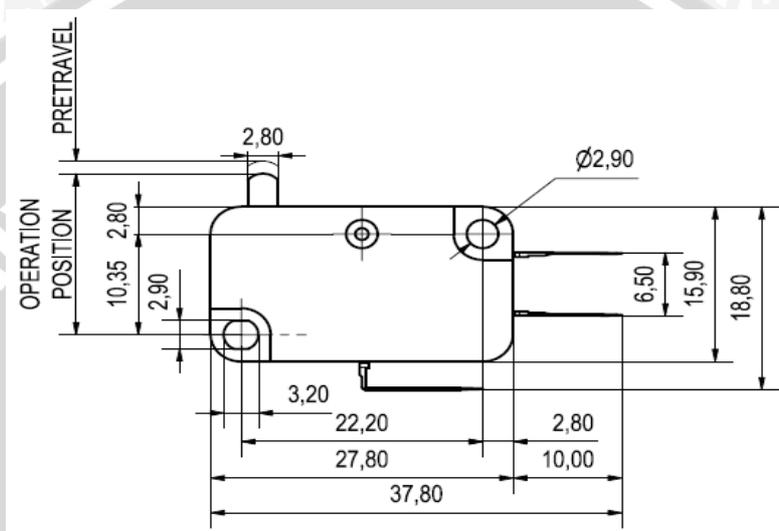
Penentuan nilai pada kecepatan tiup dan tekanan udara yang digunakan pada variabel bebas ini didasarkan pada proses produksi yang telah ada sebelumnya dimana rata-rata kecepatan tiup dan tekanan udara yang digunakan masing-masing 26 m/s dan 3,5 Kgf/cm². Dengan menggunakan *setting level* tersebut didapatkan ukuran partikel rata-rata sebesar 1,6 µm. Sedangkan pada kecepatan tiup dan tekanan udara yang lebih rendah ukuran partikel yang dihasilkan > 1,6 µm. Oleh karena itu nilai yang digunakan pada penelitian ini lebih besar dari *setting level* rata-rata yang telah ada sebelumnya.

Dalam hal ini perusahaan mengizinkan untuk menggunakan dua nilai dari masing-masing variabel untuk dieksperimentasikan.

2. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variable yang nilainya telah ditentukan pada saat penelitian dan dibuat konstan. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah :

- Kecepatan hisap : 18 m/s
- Dimensi produk switch



Gambar 3.1 Dimensi Switch

3. Variabel Respons/Terikat

Variabel respon adalah variable yang nilainya tergantung pada nilai variabel bebas. Variabel respon yang diamati pada penelitian ini adalah :

- Ukuran partikel

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah :

1. Mesin *Sucking Blowing*



Gambar 3.2 Mesin sucking blowing

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

2. Anemomaster

Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan tiup pada blowing.



Gambar 3.3 Anemomaster

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

3. Tabung air

Alat ini berfungsi untuk menampung air yang akan digunakan dalam penelitian



Gambar 3.4 Tabung air

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

4. *Tweezer*

Alat ini berfungsi untuk mengambil kertas filter trap dan untuk melepaskan cover pada produk



Gambar 3.5 *tweezer*

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

5. Jarum Suntik

Digunakan untuk menginject air ke dalam case assy produk sebanyak 3cc



Gambar 3.6 Jarum suntik

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

6. *Filter trap tray stainless*

7. *Product tray*

Digunakan sebagai tempat produk yang akan dijadikan sampel



Gambar 3.7 *Produc tray*

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

8. Tabung *filter trap*

Berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan kertas filter trap



Gambar 3.8 Tabung filter trap

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

9. Kertas *filter trap*

Kertas filter trap berfungsi untuk mengetahui banyaknya partikel setelah dilakukan scan dengan menggunakan scanner.



Gambar 3.9 Kertas filter trap

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

10. *Drying Machine*

Drying Machine berfungsi untuk mengeringkan kertas filter tray



Gambar 3.10 Drying machine

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

11. *Scanner*

Scanner berfungsi untuk melakukan scan terhadap kertas filter tray untuk mengetahui banyaknya jumlah partikel dengan menggunakan software particle counter.



Gambar 3.11 *Scanner*

Sumber : PT. Omron Manufacturing of Indonesia

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mulai
2. Mengidentifikasi Masalah
3. Penentuan tujuan
4. Pengumpulan data
5. Formulasi model dengan menggunakan desain eskperimen Taguchi
6. Solusi model
7. Pengujian eksperimen

Prosedur pengujian eksperimen :

- a. Melakukan pengecekan kecepatan tiup dengan menggunakan anemomaster dan pengecekan tekanan yang terdapat pada regulator.
- b. Setelah melakukan pengecekan pada kecepatan tiup dan tekanan di ambil sampel product yang akan di ukur ukuran partikelnya.
- c. Persiapkan alat-alat kerja (tabung air, twezer, jarum suntik, filter trap tray stainless, product tray, tabung filter trap, kertas filter trap)
- d. Bersihkan peralatan kerja (tabung air, twezer, jarum suntik, filter trap tray stainless, product tray, tabung filter trap) dengan menggunakan air dan lap kanebo.
- e. Gunakan finger coat untuk jari tangan lalu bersihkan dengan menggunakan alkohol dan kim wipes
- f. Buka tabung filter trap bagian atas, lalu pasang/letakkan kertas filter trap di tabung filter trap bagian bawah. Kemudian pasang kembali tabung filter trap. Lepaskan cover/tutup tabung filter trap bagian atas.

- g. Ambil product/initial part yang akan diambil particle datanya pada tray product yang telah dibersihkan.
 - h. Inject bagian dalam saja case assy dengan air hingga memenuhi/rata dengan case sebanyak tiga kali. Gunakan slot button sebagai saluran air, lalu tuang kedalam tabung filter trap.
 - i. Ambil kembali tiga cc air filter menggunakan jarum suntik untuk disuntikkan air ke sisi2 tabung filter trap bagaian atas.
 - j. Pasang kembali cover pada tabung filter trap bagaian atas.
 - k. Putar searah/berlawanan arah jarum jam tabung filter trap agar dust/debu/kotoran terpusat di tengah kertas filter trap.
 - l. Hisap air didalam tabung filter trap dengan menggunakan air sucker.
 - m. Buka tabung filter trap bagian atas, lalu angkat lepaskan kertas filter trap di tabung filter trap bagian bawah ke tray stainless.
 - n. Beri indikasi pada stainless tray process/nama product yang sedang dihitung/diambil particle dustnya.
 - o. Aging stainless tray dengan temperatur 120°C selama 30 s.
 - p. Setelah di aging, pindah kan kertas filter trap pada form particle counter yang terlebih dahulu telah di isi item
 - q. Hitung ukuran particle dengan software particle counter.
8. Pembahasan
 9. Kesimpulan dan saran
 10. Selesai

3.5.1 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan agar data yang dikumpulkan dapat diolah sesuai dengan tujuan yang dicapai. Dan kemudian dianalisa sesuai dengan langkah-langkah dalam penyelesaian masalah agar mendapat hasil yang tepat.

Jenis data yang digunakan ada 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari berbagai dokumen tertulis perusahaan yang berhubungan dengan proses produksi. Data sekunder sebagai data pendukung diperoleh dari pengamatan langsung proses produksi dan wawancara dengan karyawan bagian produksi.

3.5.2 Metode Pengolahan Data

Setelah semua data yang diperlukan didapat, kemudian data-data tersebut diolah sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

Pengolahan data penelitian ini menggunakan Desain Eksperimen Taguchi . Itu dikarenakan Desain Eksperimen Taguchi memiliki keunggulan yaitu dapat mempermudah pencarian wilayah optimum dengan menggunakan perangkat statistik biasa, tetapi secara sederhana mereka mendefinisikan sebuah himpunan garis pedoman untuk tampilan eksperimen dan analisis kesimpulan/keputusan... Selain itu desain eksperimen Taguchi dapat mencari proses optimal yang robust dari suatu sistem dengan memaksimalkan atau meminimumkan suatu respon. Proses robust adalah suatu proses yang kokoh walaupun terdapat faktor-faktor tak terkendali.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen nyata dengan tujuan untuk mendapatkan setting level optimal. Rancangan yang dipilih menggunakan matriks orthogonal array yang sudah dirancang dalam desain eksperimen Taguchi. Pemilihan matriks orthogonal array didasarkan pada jumlah derajat kebebasan faktor dan level yang diteliti. Percobaan akan dilakukan dengan 3 kali replikasi.

Tabel 3.1 Rancangan Ekperimen

| Eksp. No. | Faktor | | | Ukuran Partikel (μm) | | |
|-----------|--------|---|---|-----------------------------------|---------|---------|
| | A | B | C | Hasil 1 | Hasil 2 | Hasil 3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 2 | 1 | 1 | 2 | | | |
| 3 | 1 | 2 | 1 | | | |
| 4 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 5 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 6 | 2 | 1 | 2 | | | |
| 7 | 2 | 2 | 1 | | | |
| 8 | 2 | 2 | 2 | | | |

Berdasarkan tabel 3.1, maka dilakukan rancangan percobaan dengan parameter yang dijadikan variabel penelitian. Pada penelitian ini terdapat dua macam variabel, yaitu variabel bebas dan variabel respon. Parameter yang dijadikan variabel bebas adalah :

- Kecepatan Tiup (A)
- Tekanan Udara (B)
- Jenis Nozzle (C)

Berdasarkan variabel bebas yang digunakan maka ditentukan level dari variabel bebas, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.2.

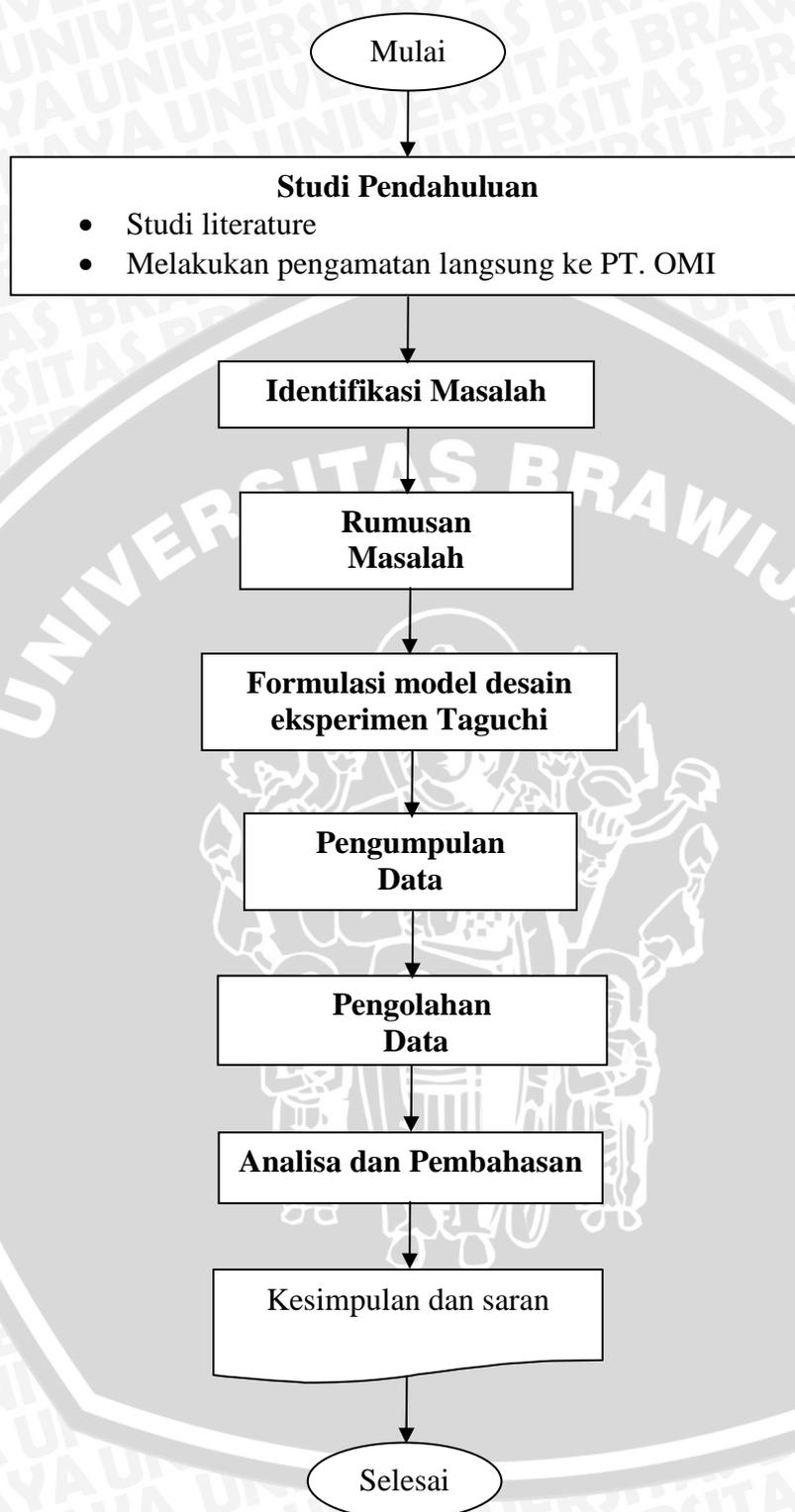
Tabel 3.2 Level Nilai Variabel Bebas

| | Faktor | Level Faktor | |
|---|--------------------------------------|--------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| A | Kecepatan tiup (m/s) | 27 | 28 |
| B | Tekanan udara (kgf/cm ²) | 4,5 | 5 |
| C | Jenis <i>nozzle</i> | fixed | movement |

3.5.3 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Semua variabel bebas seperti kecepatan tiup, tekanan udara dan jenis nozzle yang mempengaruhi variabel respon ukuran partikel akan dicari dengan menghitung mean, *signal to noise ratio* dan analisis varian serta melakukan eksperimen konfirmasi untuk implementasi dari nilai optimal yang di dapat dari hasil perhitungan. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan dan saran sehingga diharapkan menjadi masukan bagi perusahaan serta peneliti lain yang tertarik untuk meneliti bidang penelitian yang sejenis (proses produksi) agar ada penyempurnaan yang kontinyu dan bermafaat.

3.6 Diagram Alir Penelitian



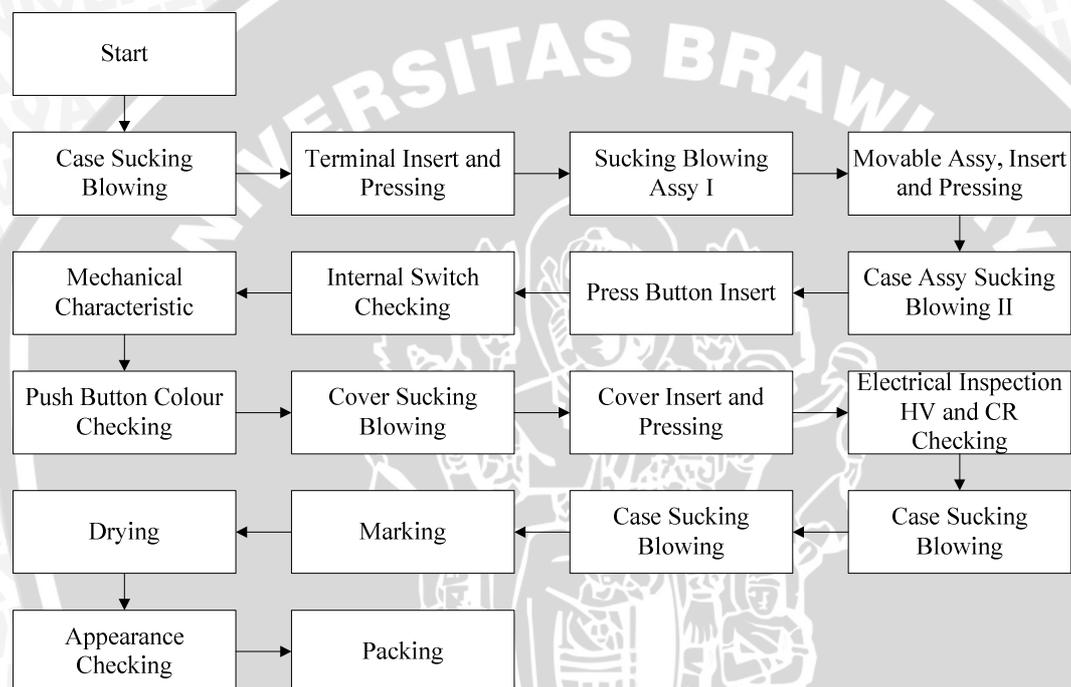
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

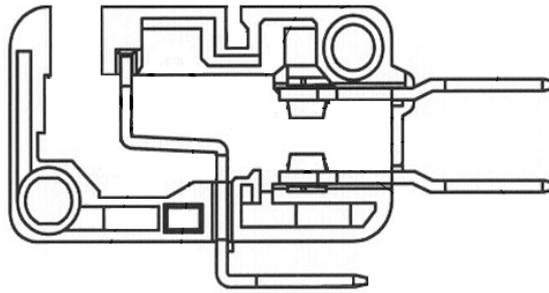
Pada bab ini akan diuraikan proses pengumpulan data dan pengolahan data dalam penelitian serta analisis dan pembahasannya. Pengolahan data yang dilakukan meliputi perhitungan rata-rata (mean), *signal to noise ratio*, analisis variansi (ANOVA) dan eksperimen konfirmasi yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

4.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

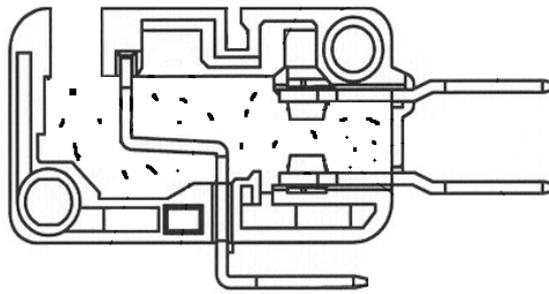
4.1.1 Proses Produksi *Switch D3V*



Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan diproses *sucking blowing assy I* yaitu pada proses setelah *insert* terminal pada produk *switch D3V*. Berikut adalah gambar produk *switch D3V* setelah dilakukan *insert* terminal.



Gambar 4.1 Produk *switch* D3V sebelum dan sesudah proses *sucking blowing assy* I



Gambar 4.2 Ilustrasi partikel yang terdapat pada bagian dalam *switch*

4.1.2 Penetapan Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas *switch* yang dituju adalah *smaller the better* dan karakteristik kualitas yang diamati adalah ukuran partikel yang terdapat pada produk *switch*. Semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan dalam eksperimen semakin baik, sehingga diharapkan penelitian ini menghasilkan *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh untuk dapat memperbaiki kualitas dari produk *switch*.

4.1.3 Identifikasi dan Penetapan Faktor Berpengaruh

Setelah melalui proses diskusi bersama yang dilakukan di bagian produksi *switch* PT. Omron Manufacturing of Indonesia yang bertanggung jawab untuk kualitas produk *switch*, maka ditemukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ukuran partikel pada *switch*. Berdasarkan hasil wawancara dan studi lapangan yang dilakukan bahwa salah satu penyebab karakteristik kualitas dari ukuran partikel produk belum mampu mencapai nilai optimal yang diharapkan. Sehingga dapat ditetapkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari ukuran partikel produk *switch* sebagai berikut :

1. Kecepatan Tiup (m/s)
2. Tekanan Udara (kgf/cm²)
3. Jenis *Nozzle*

4.1.4 Penetapan Level Faktor Berpengaruh

Eksperimen yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dua *setting level* faktor. Pemilihan jumlah level berpengaruh pada hasil penelitian dan biaya yang dibutuhkan. *Setting level* faktor yang digunakan dalam eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Penetapan level faktor

| | Faktor | Level Faktor | |
|---|--------------------------------------|--------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| A | Kecepatan tiup (m/s) | 27 | 28 |
| B | Tekanan udara (kgf/cm ²) | 4,5 | 5 |
| C | Jenis <i>nozzle</i> | fixed | movement |

4.1.5 Perhitungan derajat Kebebasan (degree of freedom)

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

$$\begin{aligned} DOF_{fl} &= (\text{banyaknya level} - 1) \\ &= 2 - 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } DOF_{fl} &= (\text{banyaknya faktor}) \times (DOF_{fl}) \\ &= 3 \times 1 = 3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kebebasan diatas, maka minimum percobaan yang harus dilakukan untuk mengamati 3 faktor yang akan diamati pada penelitian ini adalah sebanyak 3 kali.

4.1.6 Penetapan Orthogonal Array

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* haruslah memenuhi pertidaksamaan (Ross,1988. 74):

$$f_{LN} \geq f \text{ yang diperlukan untuk faktor dan interaksi}$$

Dilihat dari syarat diatas, maka *Orthogonal Array* L_8 merupakan *Orthogonal Array* yang dapat digunakan dalam penelitian ini

Dalam eksperimen ini terdapat tiga faktor terkendali dengan masing-masing dua level dan tidak ada faktor interaksi. Dengan jumlah faktor dan level yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks orthogonal array yaitu 8, sehingga orthogonal array yang sesuai adalah $L_8 (2^3)$. Berikut adalah tabel orthogonal array yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.2 Orthogonal array $L_8 (2^3)$

| Eksp. No. | Faktor | | | Ukuran Partikel (μm) | | |
|-----------|--------|---|---|-----------------------------------|---------|---------|
| | A | B | C | Hasil 1 | Hasil 2 | Hasil 3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 2 | 1 | 1 | 2 | | | |
| 3 | 1 | 2 | 1 | | | |
| 4 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 5 | 2 | 1 | 1 | | | |
| 6 | 2 | 1 | 2 | | | |
| 7 | 2 | 2 | 1 | | | |
| 8 | 2 | 2 | 2 | | | |

Jumlah eksperimen yang dijalankan sesuai orthogonal array $L_8 (2^3)$ adalah 8 kali eksperimen. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam eksperimen serta meningkatkan ketelitian data percobaan. Dalam penelitian ini menggunakan tiga replikasi, penentuan jumlah replikasi mengacu pada rumus (Supranto J, 2000) :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

Keterangan : t = banyaknya percobaan

r = jumlah replikasi

Sehingga jumlah specimen yang dibutuhkan untuk eksperimen Taguchi ini sebanyak 24 kali specimen uji produk *switch*.

4.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

4.2.1 Pengujian Ukuran partikel *Switch* D3V Eksperimen Taguchi

Pengujian ukuran partikel *switch* d3v dilakukan di departemen produksi *switch* PT. Omron Manufacturing of Indonesia pada Februari 2013. Pengujian dilakukan dengan menggunakan anemomaster dan air regulator serta software particle counter

untuk menghitung ukuran partikel produk. Data hasil pengujian ukuran partikel *switch* d3v eksperimen Taguchi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil Uji Ukuran Partikel Switch Eksperimen Taguchi

| Eksp. No. | Faktor | | | Ukuran Partikel (μm) | | |
|-----------|--------|---|---|-----------------------------------|---------|---------|
| | A | B | C | Hasil 1 | Hasil 2 | Hasil 3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2,1 | 1,4 | 2 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1,6 | 1,8 | 1,7 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 1,8 | 2 | 1,7 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1,1 | 0,9 | 1,2 |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,6 | 1,8 |
| 6 | 2 | 1 | 2 | 1,2 | 1,5 | 1,3 |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 0,8 | 1 | 0,9 |

4.3 Tahap Analisis Hasil Eksperimen

4.3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data hasil eksperimen Taguchi diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* untuk data rata-rata eksperimen (mean) dan *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio* (SNR). *analysis of variance* (mean) digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata hasil eksperimen (respon). *analysis of signal to noise ratio* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai variansi.

4.3.1.1 Perhitungan Rata-rata dan SNR Eksperimen Taguchi

Nilai rata-rata eksperimen taguchi digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata, sedangkan SNR untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Berikut ini adalah perhitungan nilai rata-rata dan SNR hasil eksperimen Taguchi.

1. Perhitungan nilai rata-rata eksperimen taguchi

Rumus perhitungan nilai rata-rata sebagai berikut :

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

Keterangan :

μ = nilai rata-rata eksperimen taguchi

y_i = nilai sampel ke- i

n = jumlah sampel

Misal perhitungan rata-rata untuk eksperimen 1, sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1}{2}(2,1 + 1,4 + 2) = 1,833 \mu\text{m}$$

Untuk eksperimen 2 sampai 8 langkah perhitungan yang sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan nilai rata-rata eksperimen Taguchi secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel.

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

Karakteristik kualitas yang diamati dalam penelitian ini adalah ukuran partikel produk *switch*, dimana semakin rendah nilai ukuran partikel semakin baik, sehingga jenis karakteristik kualitas yang digunakan adalah *smaller the better*. Rumus SNR *smaller the better* sebagai berikut :

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

Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen 1, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta &= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{3} (2,1^2 + 1,4^2 + 2^2) \right] \\ &= 5,387 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Hasil eksperimen 2 sampai 8, langkah perhitungan yang digunakan sama dengan perhitungan diatas. Hasil perhitungan SNR selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.4 Perhitungan nilai rata-rata dan SNR eksperimen Taguchi

| Eksp. No. | Faktor | | | Ukuran Partikel (μm) | | | Mean | SNR |
|-----------|--------|---|---|-----------------------------------|---------|---------|-------|-------|
| | A | B | C | Hasil 1 | Hasil 2 | Hasil 3 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2,1 | 1,4 | 2 | 1,833 | 5,387 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 4,619 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 1,8 | 2 | 1,7 | 1,833 | 5,285 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,066 | 0,62 |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,6 | 1,8 | 1,799 | 5,142 |
| 6 | 2 | 1 | 2 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 1,333 | 2,237 |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,266 | 2,078 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 0,8 | 1 | 0,9 | 0,899 | 0,879 |

Nilai rata-rata dan SNR eksperimen taguchi diatas kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (mean) dan *analysis of variance* untuk nilai SNR (*signal to noise ratio*) eksperimen taguchi, tujuannya adalah untuk pertimbangan dalam pemilihan *setting level* optimal, yaitu kondisi dengan nilai target yang tinggi dan variansi yang rendah.

4.3.1.2 Perhitungan Anova Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi

Analysis of variance nilai rata-rata digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon, analisis ini digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi untuk nilai rata-rata sebagai berikut :

1. Menghitung nilai rata-rata seluruh eksperimen

Nilai rata-rata seluruh eksperimen adalah rata-rata dari semua data eksperimen

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

$$\bar{y} = \frac{2,1 + 1,4 + 2 + \dots + 0,9}{24} = 1,466 \mu\text{m}$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor dan membuat tabel respon

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

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

Keterangan :

i= indeks untuk sampel

j =indeks untuk faktor

k =level faktor replikasi sampling

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

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

n_{ijk} = jumlah eksperimen faktor j level k

Perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1, sebagai berikut :

$$\bar{y}_{jk} = \frac{1,833 + 1,7 + 1,833 + 1,066}{4} = 1,608 \mu\text{m}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel

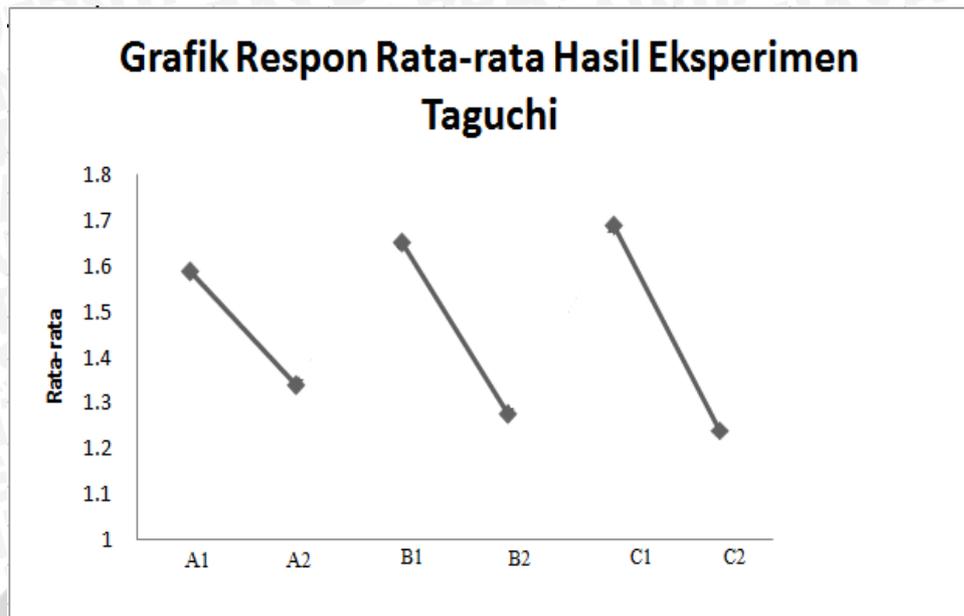
3. Membuat tabel respon untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Response tabel dibuat dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai terkecil. Tujuannya adalah untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon yaitu ukuran partikel produk *switch* D3V. Berikut adalah tabel respon untuk nilai rata-rata level faktor eksperimen Taguchi.

Tabel 4.5 Tabel Respon Untuk Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi

| | A | B | C |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| Level 1 | 1,608 | 1,666 | 1,683 |
| Level 2 | 1,324 | 1,266 | 1,25 |
| Selisih | 0,285 | 0,4 | 0,434 |
| Ranking | 3 | 2 | 1 |
| Optimum | A ₂ | B ₂ | C ₂ |

Berdasarkan tabel respon tersebut dapat dilihat bahwa faktor A level 2 memiliki rata-rata ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan level 1, faktor B level 2 juga mempunyai rata-rata ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan level 1, demikian juga faktor C level 2 memiliki rata-rata ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan level 1.



Gambar 4.3 Response Graph Rata-rata Hasil Ekperimen Taguchi

Berdasarkan grafik respon diatas dapat dilihat bahwa faktor A level 2 memiliki rata-rata ukuran partikel lebih rendah dibandingkan dengan level 1, faktor B level 2 juga mempunyai rata-rata ukuran partikel lebih sedikit dibandingkan dengan level 1 demikian juga untuk faktor C.

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$S_T = \sum y^2$$

$$S_T = 2,1^2 + 1,4^2 + 2^2 + \dots + 0,9^2 = 55,12$$

5. Menghitung *sum of square due to mean*

$$S_m = n\bar{y}^2$$

$$S_m = 24 \times 1,466^2 = 51,58$$

6. Menghitung *sum of squares due to factors*

Misal untuk faktor A

$$S_A = n_{A1}\bar{A1}^2 + n_{A2}\bar{A2}^2 - S_m$$

$$S_A = 12 \times 1,608^2 + 12 \times 1,324^2 - 51,58$$

$$S_A = 0,484$$

Perhitungan nilai sum of squares due to factors B dan C sama dengan perhitungan diatas.

7. Menghitung *sum of squares due to error*

$$S_e = S_T - S_m - S_A - S_B - S_C$$

$$S_e = 55,12 - 51,58 - 0,484 - 0,96 - 1,126$$

$$S_e = 0,97$$

8. Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Misal faktor A:

$$v_A = \text{jumlah level} - 1 = 2 - 1 = 1$$

9. Menghitung *mean sum of squares*

Misal Faktor A

$$M_{qA} = S_{qA}/v_A$$

$$M_{qA} = 0,484/1$$

$$M_{qA} = 0,484$$

10. Menghitung nilai *F-ratio*

Misal untuk faktor A :

$$F_A = M_{qA}/M_{qe}$$

$$F_A = \frac{0,484}{0,0485} = 9,98$$

11. Menghitung *pure sum of squares*

Misal untuk faktor A :

$$S_{qA'} = S_{qA} - (v_A \times M_{qe})$$

$$S_{qA'} = 0,484 - (1 \times 0,0485)$$

$$S_{qA'} = 0,4355$$

12. Menghitung *percent contribution*

Misal untuk faktor A :

$$\rho A = (S_{qA}'/SSt) ,100\%$$

$$\rho A = (0,4355/3,53) , 100 \%$$

$$\rho A = 12,337 \% \%$$

Hasil perhitungan analysis of variance untuk nilai rata-rata (mean) eksperimen Taguchi selengkapnya pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6 *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata (mean) Eksperimen Taguchi

| Source | Sq | v | Mq | F-ratio | Sq' | rho % | F-Tabel |
|--------|-------|----|--------|---------|-------|--------|---------|
| A | 0,484 | 1 | 0,484 | 9,98 | 0,435 | 12,337 | 4,26 |
| B | 0,96 | 1 | 0,96 | 20,757 | 0,913 | 26,157 | 4,26 |
| C | 1,126 | 1 | 1,126 | 24,36 | 1,08 | 30,928 | 4,26 |
| e | 0,97 | 20 | 0,0485 | 1 | | 30,578 | |
| St | 3,53 | 23 | 0,1535 | | | | |
| Mean | 51,58 | 1 | | | | | |
| ST | 55,12 | 24 | | | | | |

Dari tabel ANOVA diatas terlihat bahwa semua faktor yang dipilih secara signifikan mempengaruhi ukuran partikel pada produk ($F\text{-ratio} > F\text{-tabel}$), dimana $F\text{-tabel} = F_{0,05,1,24} = 4,26$. Berdasarkan pada nilai F-Ratio kita bisa urutkan faktor yang paling berpengaruh yaitu faktor, jenis *nozzle*(C), tekanan udara (B). lalu selanjutnya kecepatan tiup (A) urutan rancangan usulan tersebut sama dengan urutan rancangan pada response tabel untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi. Namun demikian, bisa dilihat bahwa faktor A (kecepatan tiup) memiliki pengaruh yang lebih kecil dibandingkan 2 faktor yang lain.

13. *Pooling up of insignificant factor*

Untuk menghindari estimasi yang berlebihan atau kesalahan, maka direkomendasikan untuk menggunakan hanya separuh dari jumlah derajat kebebasan dari orthogonal array. Pada eksperimen ini digunakan orthogonal array $L_8(2^3)$ maka hanya diabil satu atau dua faktor pengaruh utama untuk perkiraan. Karena faktor A (kecepatan tiup) memiliki pengaruh dan kontribusi yang lebih kecil dibandingkan dengan dua faktor yang lain terhadap respon utama yaitu ukuran partikel switch, maka faktor A akan di pooling up. Berikut perhitungan untuk pooling up faktor A

$$\begin{aligned} S(\text{Pooled } e) &= S_e + S_A \\ &= 0,97 + 0,484 \\ &= 1,454 \end{aligned}$$

$$v(\text{pooled } e) = v_e + v_c = 20 + 1 = 21$$

$$M(\text{pooled } e) = S(\text{Pooled } e) / v(\text{pooled } e) = 1,454/21 = 0,0692$$

Hasil perhitungan analysis of variance nilai rata-rata eksperimen setelah pooling up selengkapnya pada tabel 4.7 berikut ini

Tabel 4.7 *Analysis of Variance* Nilai Rata-rata (mean) Eksperimen Taguchi Setelah *Pooling Up*

| Source | Pool | Sq | v | Mq | F-ratio | Sq' | rho % |
|----------|------|-------|----|--------|---------|-------|-------|
| A | Y | 0,484 | | | | | |
| B | | 0,96 | 1 | 0,96 | 13,87 | 0,891 | 25,24 |
| C | | 1,126 | 1 | 1,126 | 16,27 | 1,057 | 29,94 |
| pooled e | | 1,454 | 21 | 0,0692 | 1 | | 44,82 |
| St | | 3,53 | 22 | 0,152 | | | |
| Mean | | | 1 | | | | |
| ST | | 55,12 | 23 | | | | |

Berdasarkan hasil *analysis of variance* untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan dalam meminimalkan penyimpangan terhadap rata-rata hasil eksperimen (f ratio $>$ f tabel), atau dapat dikatakan bahwa faktor-faktor yang memberikan kontribusi paling besar dalam meningkatkan nilai rata-rata eksperimen adalah faktor C (Jenis Nozzle) dan faktor B (Tekanan Udara), namun sebenarnya faktor A (Kecepatan tiup) juga memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap ukuran partikel switch () tetapi nilainya lebih kecil dibandingkan faktor lain.

Dari perhitungan persen kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi error sebesar 44,82 %. Dalam eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya $\leq 50\%$, dengan nilai tersebut berarti hasil eksperimen Taguchi telah memenuhi kriteria sebagai usulan rancangan desain eksperimen.

4.3.1.3 Perhitungan Anova Nilai SNR

Analysis of signal to noise ratio digunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Dalam penelitian ini, karakteristik kualitas yang diamati adalah ukuran partikel produk *switch*, dimana semakin kecil nilainya semakin baik. Sehingga SNR yang digunakan dalam penelitian ini adalah *smaller the better*. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *analysis of variance* (SNR).

1. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{5,387 + 4,619 + 5,285 + \dots - 0,879}{8} = 2,099 \mu\text{m}$$

2. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor

Perhitungan nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

i= indeks untuk sampel

j=indeks untuk faktor

k=level faktor replikasi sampling

$\bar{\eta}_{jk}$ = nilai rata-rata SNR eksperimen faktor j level k

$\bar{\eta}_{ijk}$ = nilai rata-rata SNR eksperimen ke-i untuk faktor j level k

n_{ijk} = jumlah eksperimen faktor j level k

Perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1, sebagai berikut :

$$\bar{\eta}_{jk} = \frac{5,387 + 4,619 + 5,285 + 0,62}{4} = 3,987 \mu\text{m}$$

Perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor dapat dilihat pada tabel 4.8

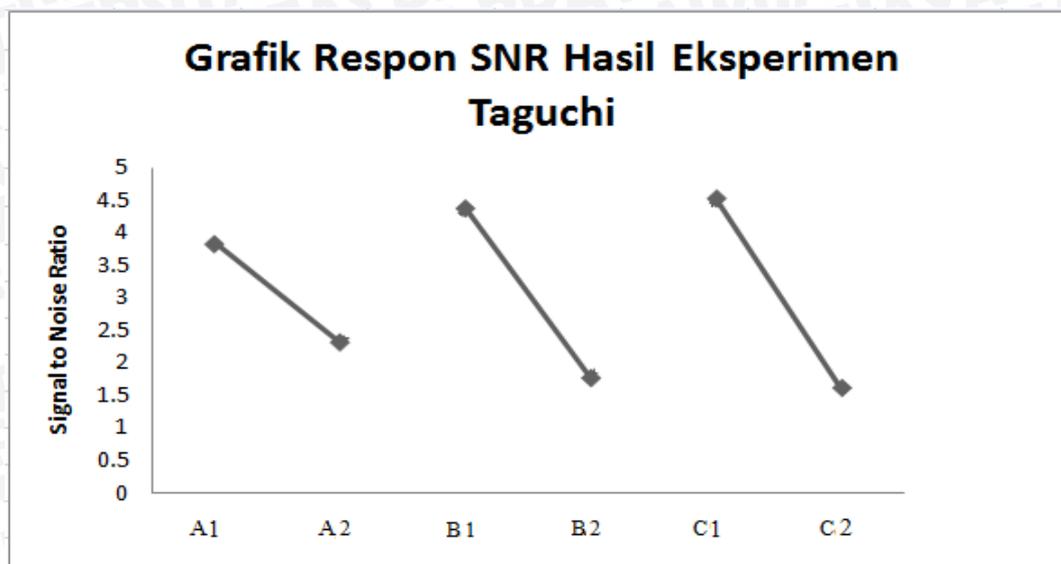
3. Membuat response tabel dan reponse graph untuk nilai rata-rata

Membuat response tabel dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata SNR respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar hingga terkecil.

Tabel 4.8 Tabel respon untuk nilai SNR Eksperimen Taguchi

| | A | B | C |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| Level 1 | 3,978 | 4,421 | 4,473 |
| Level 2 | 2,219 | 1,776 | 1,724 |
| Selisih | 1,759 | 2,645 | 2,748 |
| Ranking | 3 | 2 | 1 |
| Optimum | A ₂ | B ₂ | C ₂ |

Response graph untuk nilai SNR dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.4. Grafik Respon SNR Hasil Eksperimen Taguchi

Pada gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa faktor A level 2 mempunyai nilai SNR lebih kecil dibanding level 1, demikian selanjutnya pada faktor B dan C pada level 2 mempunyai nilai yng lebih kecil dibandingkan level 1.

4. Menghitung nilai total sum of square

$$S_T = 5,387^2 + 4,619^2 + 5,285^2 + \dots - 0,879^2$$

$$S_T = 115,2056$$

5. Menghitung sum of squares due to mean

$$S_m = n \cdot \eta^2$$

$$S_m = 8 \cdot 3,099^2$$

$$S_m = 76,83$$

6. Menghitung sum of squares due to factors

Misal untuk faktor A sebagai berikut :

$$S_A = 4 \times 3,978^2 + 4 \times 2,219^2 - 76,83$$

$$S_A = 6,163$$

$$S(\text{pooled } e) = 10,723$$

7. Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Misal faktor A:

$$v_A = \text{jumlah level} - 1 = 2 - 1 = 1$$

8. Menghitung mean sum of squares

Misal untk Faktor A sebagai berikut :

$$Mq_A = S_A / v_A$$

$$MqA = 6,164/1$$

$$MqA = 6,164$$

9. Menghitung nilai F-ratio

Misal untuk faktor A :

$$F_A = MqA/Mqe$$

$$F_A = \frac{6,164}{1,1345} = 5,433$$

10. Menghitung pure sum of squares

Misal untuk faktor A :

$$SqA' = SqA - (vA \times Mqe)$$

$$SqA' = 6,164 - (1 \times 1,1345)$$

$$SqA' = 5,0295$$

11. Menghitung percent contribution

Misal untuk faktor A :

$$\rho A = (SqA'/SSt) \cdot 100\%$$

$$\rho A = (5,0295/38,376) \cdot 100\%$$

$$\rho A = 13,106\%$$

Hasil perhitungan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (mean) eksperimen Taguchi selengkapnya pada tabel berikut ini.

Tabel 4.9 Analysis of Variance Nilai SNR Eksperimen Taguchi Setelah *Pooling Up*

| Source | Pool | Sq | v | Mq | F-ratio | Sq' | rho % |
|--------|------|----------|---|--------|---------|--------|--------|
| A | Y | 6,164 | 1 | | | | |
| B | | 13,994 | 1 | 13,994 | 11,350 | 12,761 | 33,253 |
| C | | 15,108 | 1 | 15,108 | 12,253 | 13,875 | 36,155 |
| e | | 10,723 | 5 | 2,145 | 1 | | 30,592 |
| St | | 38,376 | 7 | 5,482 | | | |
| Mean | | 76,83 | 1 | | | | |
| ST | | 115,2056 | 8 | | | | |

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perhitungan *signal to noise ratio* (SNR) dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari level faktor yang digunakan dalam eksperimen. Taguchi menyarankan penggunaan SNR sebagai criteria pemilihan level faktor yang dapat meminimumkan *error of variance*, yaitu variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak terkendali. Pemilihan level dari masing-

masing faktor didasarkan pada nilai SNR yang lebih rendah karena nilai SNR lebih rendah dapat meminimalkan variansi, sehingga noise yang dihasilkan lebih kecil.

Berdasarkan perhitungan *analysis of variance* (SNR) di atas terlihat bahwa semua faktor yang dipilih secara signifikan mempengaruhi ukuran partikel pada produk ($F\text{-ratio} > F\text{-tabel}$), dimana $F\text{-tabel} = F_{0,05,1,24} = 4,26$. Dari tabel juga menunjukkan nilai persen kontribusi error sebesar 30,592 %. Hal ini menunjukkan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa persen kontribusi diharapkan nilainya $\leq 50\%$, karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen sudah dilibatkan. Dari perhitungan *analysis of variance* juga menunjukkan bahwa faktor C (jenis *nozzle*) dan faktor B (tekanan) yang memberikan pengaruh lebih signifikan dari pada faktor A (Kecepatan tiup). Urutan rancangan usulan tersebut sama dengan urutan rancangan pada response tabel untuk nilai rata-rata SNR eksperimen Taguchi.

Tabel 4.10 Ranking pengaruh tiap Faktor

| Ranking | Mean | SNR | ANOVA |
|---------|------|-----|-------|
| 1 | C | C | C |
| 2 | B | B | B |
| 3 | A | A | A |

Dari tabel ranking pengaruh tiap faktor terdapat keseragaman rancangan usulan untuk karakteristik kualitas ukuran partikel *switch* yaitu smaller the better. Dari tabel dapat diketahui bahwa rancangan usulan untuk eksperimen Taguchi adalah A_2 , B_2 dan C_2 . Tabel tersebut juga memperlihatkan urutan faktor yang memiliki pengaruh terbesar hingga terkecil terhadap karakteristik kualitas ukuran partikel *switch*, yaitu jenis *nozzle* pada ranking ke-1, tekanan udara (kgf/cm^2) pada ranking ke-2 dan kecepatan tiup (m/s) pada ranking ke-3. Berdasarkan hasil kita mengetahui bahwa faktor jenis *nozzle* dan tekanan udara memiliki pengaruh paling signifikan terhadap karakteristik kualitas ukuran partikel *switch*.

4.3.2 Prediksi Kondisi Optimum

Setelah setting level faktor yang optimal didapat, selanjutnya perlu diketahui nilai prediksi ukuran partikel pada produk switch D3V berdasarkan nilai rata-rata dan SNR yang diharapkan pada kondisi optimum membandingkannya dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hamper

sama atau mendekati, maka bisa disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat dalam eksperimen Taguchi. Tujuan perhitungan selang kepercayaan adalah untuk membuat perkiraan dari level-level faktor prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal sesuai level-level faktor optimal yang didapat.

1. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Nilai rata-rata seluruh data eksperimen adalah $\bar{y} = 1,466$, maka perhitungan respon (ukuran partikel) rata-rata prediksi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} &= \bar{y} + (\overline{B2} - \bar{y}) + (\overline{C2} - \bar{y}) \\ &= \overline{B2} + \overline{C2} - \bar{y} \\ &= 1,266 + 1,25 - 1,466 \\ &= 1,05 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Selang kepercayaan dari rata-rata prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}CI_{mean} &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \\ &= \pm \sqrt{F_{0,05, 1, 26} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \\ &= \pm \sqrt{4,3 \times 0,0692 \times \left[\frac{1}{8} \right]} \\ &= \pm 0,193 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Selang kepercayaan untuk rata-rata proses yang optimal adalah :

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} - CI_{mean} &\leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean} \\ 1,05 - 0,193 &\leq \mu_{predicted} \leq 1,05 + 0,193 \\ 0,857 &\leq \mu_{predicted} \leq 1,243\end{aligned}$$

2. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata SNR eksperimen Taguchi

Nilai rata-rata seluruh data eksperimen adalah $\bar{\eta} = 3,099$, maka perhitungan respon (ukuran partikel) rata-rata SNR prediksi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} &= \bar{\eta} + (\overline{B2} - \bar{\eta}) + (\overline{C2} - \bar{\eta}) \\ &= \overline{B2} + \overline{C2} - \bar{\eta}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,724 + 1,776 - 3,099 \\
 &= 0,401 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

Selang kepercayaan dari SNR prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 CI_{SNR} &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{F_{0,05, 1,5} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{6,61 \times 2,145 \times \left[\frac{1}{2,67} \right]} \\
 &= \pm 2,304 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

Selang kepercayaan untuk SNR proses yang optimal adalah :

$$\begin{aligned}
 \eta_{predicted} - CI_{mean} &\leq \eta_{predicted} \leq \eta_{predicted} + CI_{mean} \\
 0,401 - 2,304 &\leq \eta_{predicted} \leq 0,401 + 2,304 \\
 -1,903 &\leq \eta_{predicted} \leq 2,705
 \end{aligned}$$

Perhitungan selang kepercayaan di atas merupakan selang kepercayaan prediksi, setelah diketahui setting level terbaiknya diharapkan pada eksperimen berikutnya (eksperimen konfirmasi), nilai rata-rata dan SNR berada diantara batas yang telah diprediksi.

4.4 Tahap Verifikasi

4.4.1 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen ini dilakukan untuk mengimplementasikan nilai prediksi *optimal setting level* yang di dapatkan yaitu faktor Kecepatan tiup (28 m/s), tekanan udara (5 kgf/cm²) dan jenis nozzle (movement *nozzle*).

4.4.1.1 Pengujian Ukuran Partikel Eksperimen Konfirmasi

Setelah diketahui hasil prediksinya, eksperimen konfirmasi dilakukan dengan mengimplementasikan optimal setting level yang telah didapat yaitu kecepatan tiup (28 m/s), tekanan udara (5 kgf/cm²) dan jenis nozzle (movement nozzle), tujuannya adalah untuk memeriksa hasil dari eksperimen Taguchi, apabila hasil eksperimen konfirmasi

dan eksperimen Taguchi pada kombinasi level optimalnya cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi syarat dalam eksperimen. Hasil eksperimen konfirmasi dengan setting level optimal eksperimen Taguchi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Optimal Setting Level* Ukuran Partikel Produk Switch pada proses *sucking blowing assy I*

| No | Ukuran Partikel (μm) |
|-----------|-----------------------------------|
| 1 | 0,6 |
| 2 | 1,6 |
| 3 | 1,7 |
| 4 | 0,7 |
| 5 | 0,6 |
| 6 | 1,6 |
| 7 | 0,7 |
| 8 | 1,7 |
| 9 | 1,6 |
| 10 | 0,7 |
| Rata-rata | 1,15 |
| Varians | 0,269 |

4.4.1.2 Perhitungan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

1. Selang Kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi

$$\begin{aligned}
 CI_{mean} &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{4,3 \times 0,0692 \times \left[\frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right]} \\
 &= \pm 0,259 \mu\text{m}
 \end{aligned}$$

Selang Kepercayaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \mu_{conf} - CI_{mean} &\leq \mu_{conf} \leq \mu_{conf} + CI_{mean} \\
 1,15 - 0,259 &\leq \mu_{conf} \leq 1,15 + 0,259 \\
 0,891 &\leq \mu_{conf} \leq 1,409
 \end{aligned}$$

2. Selang Kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi

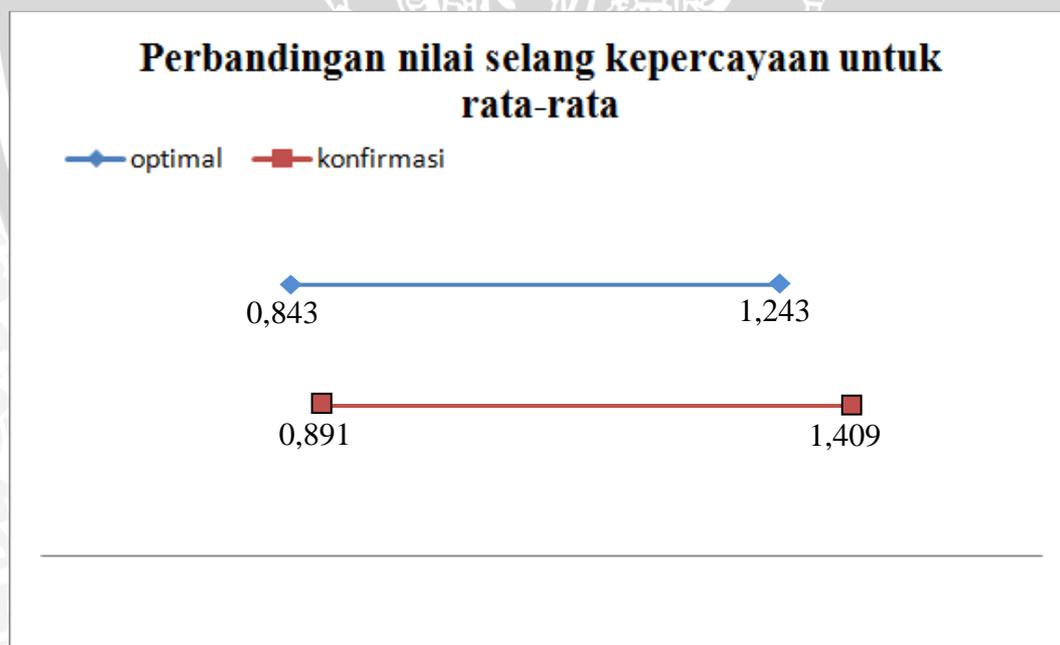
$$\begin{aligned}
 CI_{SNR} &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{6,61 \times 2,145 \times \left[\frac{1}{2,67} + \frac{1}{10} \right]} \\
 &= \pm 2,594 \mu m
 \end{aligned}$$

Selang kepercayaan untuk SNR proses yang optimal adalah :

$$\begin{aligned}
 \eta_{conf} - CI_{mean} &\leq \eta_{conf} \leq \eta_{conf} + CI_{mean} \\
 1,213 - 2,594 &\leq \eta_{conf} \leq 1,213 + 2,594 \\
 -1,381 &\leq \eta_{conf} \leq 3,807
 \end{aligned}$$

4.4.1.3 Analisis Selang Kepercayaan Kondisi Optimal dan Konfirmasi

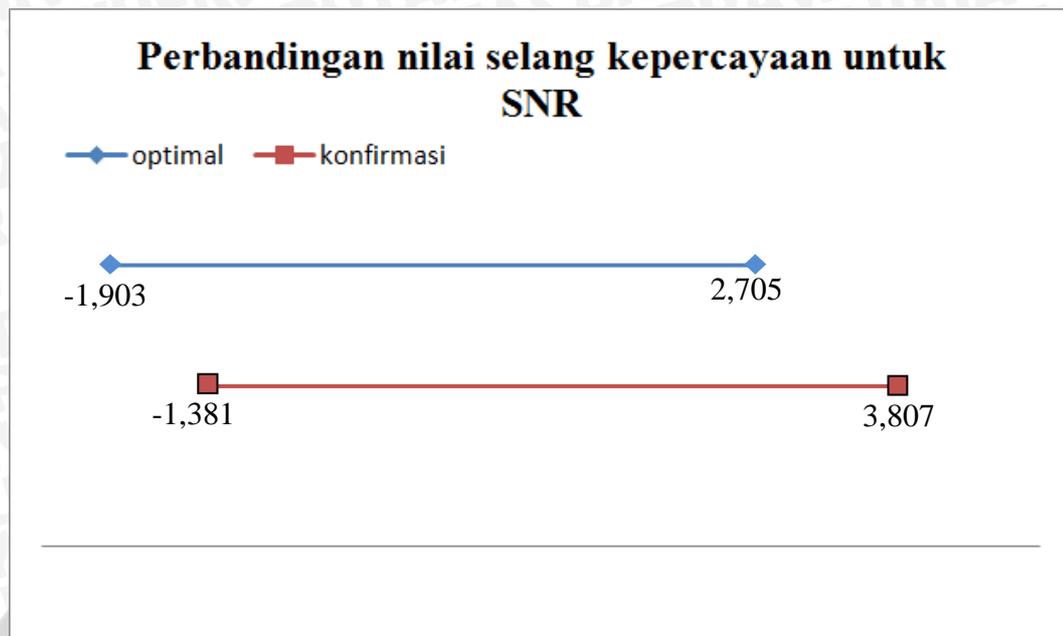
Setelah diperoleh masing-masing nilai dari selang kepercayaan, selanjutnya adalah membuat perbandingan yang digambarkan dalam bentuk grafik. Perbandingan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

Sedangkan perbandingan selang kepercayaan untuk nilai SNR sebagai berikut:



Gambar 4.6 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk SNR

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

4.4.1.4 Pengujian Hipotesis (Perbandingan Kondisi Optimal dan Konfirmasi)

Untuk membandingkan hasil eksperimen konfirmasi dengan prediksi respon, dilakukan uji hipotesa sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dimana:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_{konfirmasi}$$

$$H_0 : \mu_1 \neq \mu_{prediksi} = 1,05$$

Syarat penolakan H_0 adalah $|t_0| > t_{\alpha/2, db}$

$$t_0 = \left| \frac{\bar{y} - \mu_0}{s/\sqrt{n}} \right|$$

$$t_0 = \left| \frac{1,15 - 1,05}{0,519/\sqrt{10}} \right|$$

$$|t_0| = 0,609$$

Untuk $\alpha = 5\%$, dan $db = 2-1 = 1$

$$t_{0,025,1} = 12,71$$

$$|0,609| < t_{\alpha/2,db} (t_0 < t_{\text{tabel}})$$

Dari hasil uji hipotesis diatas menunjukkan hasil eksperimen menerima H_0 dimana diketahui bahwa prediksi respon dan hasil eksperimen tidak terlalu berbeda.

Selain dibandingkan dengan prediksi respon, hasil eksperimen juga dibandingkan dengan kondisi aktual pengujian ukuran partikel berdasarkan setting level perusahaan yaitu kecepatan tiup (26 m/s) dan tekanan udara (3,5 kgf/cm²). Jika hasil eksperimen konfirmasi lebih kecil dibandingkan kondisi ktual maka dapat disimpulkan bahwa rancangan cukup memadai. Kondisi aktual pengujian ukuran partikel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Kondisi aktual pengujian ukuran partikel pada proses *sucking blowing assy*

I produk switch

| No | Ukuran Partikel (µm) |
|-----------|----------------------|
| 1 | 2,3 |
| 2 | 1,3 |
| 3 | 1,4 |
| 4 | 2,2 |
| 5 | 3 |
| 6 | 1,3 |
| 7 | 1,1 |
| 8 | 1,2 |
| 9 | 1 |
| 10 | 1,2 |
| Rata-rata | 1,6 |
| Varians | 0,44 |

Uji hipotesa untuk membandingkan hasil eksperimen kondisi awal dengan hasil prediksi adalah sebagai berikut :

1. Formulasi Hipotesis (satu arah kiri)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 < \mu_2$$

Dimana

$$s_1^2 \neq s_2^2$$

2. α (taraf nyata) dan nilai t_{tabel} (t_{α})

$$\alpha \text{ (taraf nyata)} = 0,05$$

Derajat kebebasan = $10+10-2 = 18$

$t_{\text{tabel}} = t_{\alpha}(n_1+n_2-2) = t_{0,05}(18)$

3. Kriteria Pengujian

Untuk $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ dan $H_0 : \mu_1 < \mu_2$, maka

H_0 diterima jika $t_0 \geq t_{\alpha}$

H_0 ditolak jika $t_0 < t_{\alpha}$

4. Uji statistik (t_0)

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

$$t_0 = \frac{1,6 - 1,15}{\frac{\sqrt{(10 - 1)0,44 + (10 - 1)0,269}}{10 + 10 - 2} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right)}$$

$$t_0 = \frac{0,45}{\frac{\sqrt{1,276}}{18}}$$

$$t_0 = 1,692$$

Karena t_{hitung} (1,519) lebih kecil dari t_{tabel} (1,734) maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel produk switch eksperimen konfirmasi dengan *setting level* optimal yang didapatkan dari eksperimen Taguchi berbeda signifikan terhadap kondisi awal ukuran partikel dari perusahaan.

Dengan melihat hasil uji hipotesis eksperimen konfirmasi baik dengan prediksi maupun kondisi awal perusahaan di dapatkan pengurangan ukuran partikel dari kondisi awal sebesar 1,6 μm menjadi 1,15 μm yang didapat berdasarkan *setting level* optimal eksperimen konfirmasi menggunakan desain eksperimen Taguchi, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jika *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari ukuran partikel *switch* diterapkan pada proses *sucking blowing assy I* yang sebenarnya, maka kualitas produk switch dapat meningkat sesuai yang diharapkan.

Dari analisis menggunakan desain eksperimen Taguchi di dapatkan *optimal setting level* yaitu kecepatan tiup 28 m/s, tekanan udara 5 kgf/cm² dan jenis *nozzle movement*. Nilai dari kecepatan tiup dan tekanan udara merupakan nilai maksimal operasional yang digunakan pada proses *blowing*. Proses *blowing* pada mesin *sucking blowing* memanfaatkan *supply* udara dari kompresor untuk menghasilkan udara bertekanan. Semakin tinggi tekanan udara yang masuk pada *nozzle* maka semakin tinggi

kecepatan tiup yang dikeluarkan oleh *nozzle* sehingga gaya dorong partikel untuk ukuran partikel semakin tinggi. Sedangkan jenis *nozzle movement* merupakan jenis *nozzle* yang mampu bergerak horizontal sehingga mampu menjangkau beberapa bagian *switch* yang sulit dijangkau oleh jenis *fixed nozzle*. Dengan kombinasi seperti ini maka partikel-partikel yang terserap dan terbuang akan semakin banyak sehingga hanya menyisakan ukuran partikel kecil yang terdapat pada area yang sulit terjangkau oleh gerakan *nozzle*.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan melihat hasil perbandingan ukuran partikel produk switch pada proses *sucking blowing assy* pertama antara kondisi aktual perusahaan ($1,6 \mu\text{m}$) dengan penelitian rancangan usulan ($1,15 \mu\text{m}$) maka optimal *setting level* yang diusulkan kepada pihak perusahaan untuk mendapatkan hasil yang paling baik adalah : Kecepatan tiup 28 m/s, tekanan udara 5 kgf/cm^2 dan jenis *nozzle (movement nozzle)*.
- Desain eksperimen Taguchi dapat digunakan untuk menentukan optimal *setting level* dalam meningkatkan kualitas produk switch D3V khususnya pada proses *sucking blowing assy I* sesuai dengan karakteristik yang diinginkan yaitu *smaller the better*.
- Dengan melihat hasil uji hipotesa antara hasil eksperimen konfirmasi baik dengan prediksi maupun dibandingkan dengan kondisi awal perusahaan maka penggunaan desain eksperimen Taguchi dapat meminimalkan tingkat ukuran partikel dari produk switch.

5.2 Saran

Adapun untuk memperbaiki hasil penelitian ini dapat dilakukan percobaan lanjutan yaitu dengan mengatur kembali *setting level* serta menambahkan faktor lain yang masih dapat dikendalikan ke dalam desain eksperimen Taguchi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, 2007. *Penentuan Kapasitas Optimal Produksi CPO Dengan Menggunakan Metode Goal Programming Pada Pabrik Kelapa Sawit (PTPN III) SET Rambutan Sumatera Utara*. Universitas Sumatra Utara
- Belavendram. 1995. *Quality by Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. London: Prentice Hall
- Hartono, M., 2000. *Meningkatkan Mutu Produk Plastik dengan Metode Taguchi*, Jurnal Bistek Politeknik Unibraw. (diakses 8 Mei 2013)
- Hasan Iqbal. 1990. *Pokok-pokok Materi Statistik 2*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Ishak, Aulia. 2002. *Rekayasa Kualitas*. Universitas Sumatra Utara, 2: 124.
- Lochner, Robert H dan Matar, Joseph E.1990. *Designing for Quality: An Introduction to the Best of Taguchi and Western Methods of Statistical Experimental Design*. London: Chapman and Hall
- Mussabikah. 2002. *Variansi Komposisi Bahan Genteng Soka Untuk Mendapatkan Daya Serap Air yang Optimal*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, vol.8. hlm. 59-64.
- Pramono, Yohan. 2001. *Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi*. <http://www.puslit.petra.ac.id>. (diakses 8 Mei 2013)
- Ross, P.J., 1989. *Taguchi Techniques for Quality Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Roy, Ranjit K. 1990. *A Primer on The Taguchy Method*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Roy, Ranjit K. 2001. *Design of Experiments Using the Taguchi Approach : 16 Steps to Product and Process Improvement*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Soejanto, Irwan, 2007. *Rekayasa Kualitas : Eksperimen dengan Teknik Taguchi*. Surabaya: Yayasan Humaniora
- Wahjudi, Didik. 2001. *Optimasi Charging Ampere Aki di P.T. "X"*. (Online): (<http://www.puslit.petra.ac.id>).
- Internal Modul CR Knowledge*, Departemen Switch PT. Omron Manufacturing of Indonesia, 2013.

Lampiran 1 : Tabel F

Table B-2. F Table $F_{.05}(f_1, f_2)$, 95% Confidence

f_1 = Number of degrees of freedom of numerator
 f_2 = Number of degrees of freedom of denominator

| f_1 | f_2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
| 1 | 161.45 | 199.50 | 215.71 | 224.58 | 230.16 | 233.99 | 236.77 | 238.88 | 240.54 | 241.88 | 243.91 | 245.95 | 248.01 | 249.05 | 250.09 | 251.14 | 252.20 | 253.25 | 254.32 |
| 2 | 18.513 | 19.000 | 19.614 | 19.247 | 19.296 | 19.330 | 19.353 | 19.371 | 19.385 | 19.396 | 19.413 | 19.429 | 19.446 | 19.454 | 19.462 | 19.471 | 19.479 | 19.487 | 19.496 |
| 3 | 10.128 | 9.5521 | 9.2766 | 9.1172 | 9.0135 | 8.9406 | 8.8868 | 8.8452 | 8.8123 | 8.7855 | 8.7446 | 8.7029 | 8.6602 | 8.6385 | 8.6166 | 8.5944 | 8.5720 | 8.5494 | 8.5265 |
| 4 | 7.7086 | 6.9443 | 6.5914 | 6.3883 | 6.2560 | 6.1631 | 6.0942 | 6.0410 | 5.9988 | 5.9644 | 5.9117 | 5.8578 | 5.8025 | 5.7744 | 5.7459 | 5.7170 | 5.6878 | 5.6581 | 5.6281 |
| 5 | 6.6079 | 5.7861 | 5.4095 | 5.1922 | 5.0503 | 4.9503 | 4.8759 | 4.8183 | 4.7725 | 4.7351 | 4.6777 | 4.6188 | 4.5581 | 4.5272 | 4.4957 | 4.4638 | 4.4314 | 4.3984 | 4.3650 |
| 6 | 5.9874 | 5.1433 | 4.7571 | 4.5337 | 4.3874 | 4.2830 | 4.2066 | 4.1468 | 4.0990 | 4.0600 | 3.9999 | 3.9381 | 3.8742 | 3.8415 | 3.8082 | 3.7743 | 3.7398 | 3.7047 | 3.6688 |
| 7 | 5.5914 | 4.7374 | 4.3468 | 4.1203 | 3.9715 | 3.8660 | 3.7870 | 3.7257 | 3.6767 | 3.6365 | 3.5747 | 3.5108 | 3.4445 | 3.4105 | 3.3758 | 3.3404 | 3.3043 | 3.2674 | 3.2298 |
| 8 | 5.3177 | 4.4590 | 4.0662 | 3.8378 | 3.6875 | 3.5806 | 3.5005 | 3.4381 | 3.3881 | 3.3472 | 3.2840 | 3.2184 | 3.1503 | 3.1152 | 3.0794 | 3.0428 | 3.0053 | 2.9669 | 2.9276 |
| 9 | 5.1174 | 4.2565 | 3.8626 | 3.6331 | 3.4817 | 3.3738 | 3.2927 | 3.2296 | 3.1789 | 3.1373 | 3.0729 | 3.0061 | 2.9365 | 2.9005 | 2.8637 | 2.8259 | 2.7872 | 2.7475 | 2.7067 |
| 10 | 4.9646 | 4.1028 | 3.7083 | 3.4780 | 3.3258 | 3.2172 | 3.1355 | 3.0717 | 3.0204 | 2.9782 | 2.9130 | 2.8450 | 2.7740 | 2.7372 | 2.6996 | 2.6609 | 2.6211 | 2.5801 | 2.5379 |
| 11 | 4.8443 | 3.9823 | 3.5874 | 3.3567 | 3.2039 | 3.0946 | 3.0123 | 2.9480 | 2.8962 | 2.8536 | 2.7876 | 2.7186 | 2.6464 | 2.6090 | 2.5705 | 2.5309 | 2.4901 | 2.4480 | 2.4045 |
| 12 | 4.7472 | 3.8853 | 3.4903 | 3.2592 | 3.1059 | 2.9961 | 2.9134 | 2.8486 | 2.7964 | 2.7534 | 2.6866 | 2.6169 | 2.5436 | 2.5055 | 2.4663 | 2.4259 | 2.3842 | 2.3410 | 2.2962 |
| 13 | 4.6672 | 3.8056 | 3.4105 | 3.1791 | 3.0254 | 2.9153 | 2.8321 | 2.7669 | 2.7144 | 2.6710 | 2.6037 | 2.5331 | 2.4589 | 2.4202 | 2.3803 | 2.3392 | 2.2966 | 2.2524 | 2.2064 |
| 14 | 4.6001 | 3.7389 | 3.3439 | 3.1122 | 2.9582 | 2.8477 | 2.7642 | 2.6987 | 2.6458 | 2.6021 | 2.5342 | 2.4630 | 2.3879 | 2.3487 | 2.3082 | 2.2664 | 2.2230 | 2.1778 | 2.1307 |
| 15 | 4.5431 | 3.6823 | 3.2874 | 3.0556 | 2.9013 | 2.7905 | 2.7066 | 2.6408 | 2.5876 | 2.5437 | 2.4753 | 2.4035 | 2.3275 | 2.2878 | 2.2468 | 2.2043 | 2.1601 | 2.1141 | 2.0658 |
| 16 | 4.4940 | 3.6337 | 3.2389 | 3.0069 | 2.8524 | 2.7413 | 2.6572 | 2.5911 | 2.5377 | 2.4935 | 2.4247 | 2.3522 | 2.2756 | 2.2354 | 2.1938 | 2.1507 | 2.1058 | 2.0589 | 2.0096 |
| 17 | 4.4513 | 3.5915 | 3.1968 | 2.9647 | 2.8100 | 2.6987 | 2.6143 | 2.5480 | 2.4943 | 2.4499 | 2.3807 | 2.3077 | 2.2304 | 2.1898 | 2.1477 | 2.1040 | 2.0584 | 2.0107 | 1.9604 |
| 18 | 4.4139 | 3.5546 | 3.1599 | 2.9277 | 2.7729 | 2.6613 | 2.5767 | 2.5102 | 2.4563 | 2.4117 | 2.3421 | 2.2686 | 2.1906 | 2.1497 | 2.1071 | 2.0629 | 2.0166 | 1.9681 | 1.9168 |
| 19 | 4.3808 | 3.5219 | 3.1274 | 2.8951 | 2.7401 | 2.6283 | 2.5435 | 2.4768 | 2.4227 | 2.3779 | 2.3080 | 2.2341 | 2.1555 | 2.1141 | 2.0712 | 2.0264 | 1.9796 | 1.9302 | 1.8780 |
| 20 | 4.3513 | 3.4928 | 3.0984 | 2.8661 | 2.7109 | 2.5990 | 2.5140 | 2.4471 | 2.3928 | 2.3479 | 2.2776 | 2.2033 | 2.1242 | 2.0825 | 2.0391 | 1.9938 | 1.9464 | 1.8963 | 1.8432 |
| 21 | 4.3248 | 3.4668 | 3.0725 | 2.8401 | 2.6848 | 2.5727 | 2.4876 | 2.4205 | 2.3661 | 2.3210 | 2.2504 | 2.1757 | 2.0960 | 2.0540 | 2.0102 | 1.9645 | 1.9165 | 1.8657 | 1.8117 |
| 22 | 4.3009 | 3.4434 | 3.0491 | 2.8167 | 2.6613 | 2.5491 | 2.4638 | 2.3965 | 2.3419 | 2.2967 | 2.2258 | 2.1508 | 2.0707 | 2.0283 | 1.9842 | 1.9380 | 1.8895 | 1.8380 | 1.7831 |
| 23 | 4.2793 | 3.4221 | 3.0280 | 2.7955 | 2.6400 | 2.5277 | 2.4422 | 2.3748 | 2.3201 | 2.2747 | 2.2036 | 2.1282 | 2.0476 | 2.0050 | 1.9605 | 1.9139 | 1.8649 | 1.8128 | 1.7570 |
| 24 | 4.2597 | 3.4026 | 3.0088 | 2.7763 | 2.6207 | 2.5082 | 2.4226 | 2.3551 | 2.3002 | 2.2547 | 2.1834 | 2.1077 | 2.0267 | 1.9838 | 1.9390 | 1.8920 | 1.8424 | 1.7897 | 1.7331 |
| 25 | 4.2417 | 3.3852 | 2.9912 | 2.7587 | 2.6030 | 2.4904 | 2.4047 | 2.3371 | 2.2821 | 2.2365 | 2.1649 | 2.0889 | 2.0075 | 1.9643 | 1.9192 | 1.8718 | 1.8217 | 1.7684 | 1.7110 |
| 26 | 4.2252 | 3.3690 | 2.9751 | 2.7426 | 2.5868 | 2.4741 | 2.3883 | 2.3205 | 2.2655 | 2.2197 | 2.1479 | 2.0716 | 1.9898 | 1.9464 | 1.9010 | 1.8533 | 1.8027 | 1.7488 | 1.6906 |
| 27 | 4.2100 | 3.3541 | 2.9604 | 2.7278 | 2.5719 | 2.4591 | 2.3732 | 2.3053 | 2.2501 | 2.2043 | 2.1323 | 2.0558 | 1.9736 | 1.9299 | 1.8842 | 1.8361 | 1.7851 | 1.7307 | 1.6717 |
| 28 | 4.1960 | 3.3404 | 2.9467 | 2.7141 | 2.5581 | 2.4453 | 2.3593 | 2.2913 | 2.2360 | 2.1900 | 2.1179 | 2.0411 | 1.9586 | 1.9147 | 1.8687 | 1.8203 | 1.7689 | 1.7138 | 1.6541 |
| 29 | 4.1830 | 3.3277 | 2.9340 | 2.7014 | 2.5454 | 2.4324 | 2.3463 | 2.2782 | 2.2229 | 2.1768 | 2.1045 | 2.0275 | 1.9446 | 1.9005 | 1.8543 | 1.8055 | 1.7537 | 1.6981 | 1.6377 |
| 30 | 4.1709 | 3.3158 | 2.9223 | 2.6896 | 2.5336 | 2.4205 | 2.3343 | 2.2662 | 2.2107 | 2.1646 | 2.0921 | 2.0148 | 1.9317 | 1.8874 | 1.8409 | 1.7918 | 1.7396 | 1.6835 | 1.6223 |
| 40 | 4.0848 | 3.2317 | 2.8387 | 2.6060 | 2.4495 | 2.3359 | 2.2490 | 2.1802 | 2.1240 | 2.0772 | 2.0035 | 1.9245 | 1.8389 | 1.7929 | 1.7444 | 1.6928 | 1.6373 | 1.5766 | 1.5089 |
| 60 | 4.0012 | 3.1504 | 2.7581 | 2.5252 | 2.3683 | 2.2540 | 2.1665 | 2.0970 | 2.0401 | 1.9926 | 1.9174 | 1.8364 | 1.7480 | 1.7001 | 1.6491 | 1.5943 | 1.5343 | 1.4673 | 1.3893 |
| 120 | 3.9201 | 3.0718 | 2.6802 | 2.4472 | 2.2900 | 2.1750 | 2.0867 | 2.0164 | 1.9588 | 1.9105 | 1.8337 | 1.7505 | 1.6587 | 1.6084 | 1.5543 | 1.4952 | 1.4290 | 1.3519 | 1.2539 |
| ∞ | 3.8415 | 2.9957 | 2.6049 | 2.3719 | 2.2141 | 2.0986 | 2.0096 | 1.9384 | 1.8799 | 1.8307 | 1.7522 | 1.6664 | 1.5705 | 1.5173 | 1.4591 | 1.3940 | 1.3180 | 1.2214 | 1.0900 |



Lampiran 2 : Tabel t

| t Table | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-------------|
| cum. prob | $t_{.50}$ | $t_{.75}$ | $t_{.80}$ | $t_{.85}$ | $t_{.90}$ | $t_{.95}$ | $t_{.975}$ | $t_{.99}$ | $t_{.995}$ | $t_{.998}$ | $t_{.9995}$ |
| one-tail | 0.50 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 | 0.001 | 0.0005 |
| two-tails | 1.00 | 0.50 | 0.40 | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.002 | 0.001 |
| df | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.000 | 1.000 | 1.376 | 1.963 | 3.078 | 6.314 | 12.71 | 31.82 | 63.66 | 318.31 | 636.62 |
| 2 | 0.000 | 0.816 | 1.061 | 1.386 | 1.886 | 2.920 | 4.303 | 6.965 | 9.925 | 22.327 | 31.599 |
| 3 | 0.000 | 0.765 | 0.978 | 1.250 | 1.638 | 2.353 | 3.182 | 4.541 | 5.841 | 10.215 | 12.924 |
| 4 | 0.000 | 0.741 | 0.941 | 1.190 | 1.533 | 2.132 | 2.776 | 3.747 | 4.604 | 7.173 | 8.610 |
| 5 | 0.000 | 0.727 | 0.920 | 1.156 | 1.476 | 2.015 | 2.571 | 3.365 | 4.032 | 5.893 | 6.869 |
| 6 | 0.000 | 0.718 | 0.906 | 1.134 | 1.440 | 1.943 | 2.447 | 3.143 | 3.707 | 5.208 | 5.959 |
| 7 | 0.000 | 0.711 | 0.896 | 1.119 | 1.415 | 1.895 | 2.365 | 2.998 | 3.499 | 4.785 | 5.408 |
| 8 | 0.000 | 0.706 | 0.889 | 1.108 | 1.397 | 1.860 | 2.306 | 2.896 | 3.355 | 4.501 | 5.041 |
| 9 | 0.000 | 0.703 | 0.883 | 1.100 | 1.383 | 1.833 | 2.262 | 2.821 | 3.250 | 4.297 | 4.781 |
| 10 | 0.000 | 0.700 | 0.879 | 1.093 | 1.372 | 1.812 | 2.228 | 2.764 | 3.169 | 4.144 | 4.587 |
| 11 | 0.000 | 0.697 | 0.876 | 1.088 | 1.363 | 1.796 | 2.201 | 2.718 | 3.106 | 4.025 | 4.437 |
| 12 | 0.000 | 0.695 | 0.873 | 1.083 | 1.356 | 1.782 | 2.179 | 2.681 | 3.055 | 3.930 | 4.318 |
| 13 | 0.000 | 0.694 | 0.870 | 1.079 | 1.350 | 1.771 | 2.160 | 2.650 | 3.012 | 3.852 | 4.221 |
| 14 | 0.000 | 0.692 | 0.868 | 1.076 | 1.345 | 1.761 | 2.145 | 2.624 | 2.977 | 3.787 | 4.140 |
| 15 | 0.000 | 0.691 | 0.866 | 1.074 | 1.341 | 1.753 | 2.131 | 2.602 | 2.947 | 3.733 | 4.073 |
| 16 | 0.000 | 0.690 | 0.865 | 1.071 | 1.337 | 1.746 | 2.120 | 2.583 | 2.921 | 3.686 | 4.015 |
| 17 | 0.000 | 0.689 | 0.863 | 1.069 | 1.333 | 1.740 | 2.110 | 2.567 | 2.898 | 3.646 | 3.965 |
| 18 | 0.000 | 0.688 | 0.862 | 1.067 | 1.330 | 1.734 | 2.101 | 2.552 | 2.878 | 3.610 | 3.922 |
| 19 | 0.000 | 0.688 | 0.861 | 1.066 | 1.328 | 1.729 | 2.093 | 2.539 | 2.861 | 3.579 | 3.883 |
| 20 | 0.000 | 0.687 | 0.860 | 1.064 | 1.325 | 1.725 | 2.086 | 2.528 | 2.845 | 3.552 | 3.850 |
| 21 | 0.000 | 0.686 | 0.859 | 1.063 | 1.323 | 1.721 | 2.080 | 2.518 | 2.831 | 3.527 | 3.819 |
| 22 | 0.000 | 0.686 | 0.858 | 1.061 | 1.321 | 1.717 | 2.074 | 2.508 | 2.819 | 3.505 | 3.792 |
| 23 | 0.000 | 0.685 | 0.858 | 1.060 | 1.319 | 1.714 | 2.069 | 2.500 | 2.807 | 3.485 | 3.768 |
| 24 | 0.000 | 0.685 | 0.857 | 1.059 | 1.318 | 1.711 | 2.064 | 2.492 | 2.797 | 3.467 | 3.745 |
| 25 | 0.000 | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.316 | 1.708 | 2.060 | 2.485 | 2.787 | 3.450 | 3.725 |
| 26 | 0.000 | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.315 | 1.706 | 2.056 | 2.479 | 2.779 | 3.435 | 3.707 |
| 27 | 0.000 | 0.684 | 0.855 | 1.057 | 1.314 | 1.703 | 2.052 | 2.473 | 2.771 | 3.421 | 3.690 |
| 28 | 0.000 | 0.683 | 0.855 | 1.056 | 1.313 | 1.701 | 2.048 | 2.467 | 2.763 | 3.408 | 3.674 |
| 29 | 0.000 | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.311 | 1.699 | 2.045 | 2.462 | 2.756 | 3.396 | 3.659 |
| 30 | 0.000 | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.310 | 1.697 | 2.042 | 2.457 | 2.750 | 3.385 | 3.646 |
| 40 | 0.000 | 0.681 | 0.851 | 1.050 | 1.303 | 1.684 | 2.021 | 2.423 | 2.704 | 3.307 | 3.551 |
| 60 | 0.000 | 0.679 | 0.848 | 1.045 | 1.296 | 1.671 | 2.000 | 2.390 | 2.660 | 3.232 | 3.460 |
| 80 | 0.000 | 0.678 | 0.846 | 1.043 | 1.292 | 1.664 | 1.990 | 2.374 | 2.639 | 3.195 | 3.416 |
| 100 | 0.000 | 0.677 | 0.845 | 1.042 | 1.290 | 1.660 | 1.984 | 2.364 | 2.626 | 3.174 | 3.390 |
| 1000 | 0.000 | 0.675 | 0.842 | 1.037 | 1.282 | 1.646 | 1.962 | 2.330 | 2.581 | 3.098 | 3.300 |
| z | 0.000 | 0.674 | 0.842 | 1.036 | 1.282 | 1.645 | 1.960 | 2.326 | 2.576 | 3.090 | 3.291 |
| | 0% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 95% | 98% | 99% | 99.8% | 99.9% |
| | Confidence Level | | | | | | | | | | |

Lampiran 3 : Sertifikat On The Job Training PT. Omron Manufacturing of Indonesia

OMRON

EJIP INDUSTRIAL PARK PLOT 5C
CIKARANG SELATAN, BEKASI 17550
INDONESIA
PHONE: 021 - 897 0111
FAX : 021 - 897 0120

CERTIFICATE

This is to certify that:

Name : ANDIKA BUSTARI
Major : MECHANICAL ENGINEERING
University : BRAWIJAYA UNIVERSITY

Has performed On the Job Training (OJT)
at PT. Omron Manufacturing of Indonesia
From January 17, 2013 until February 16, 2013

Bekasi, April 30, 2013

PT. OMRON MANUFACTURING OF INDONESIA

PT OMRON MANUFACTURING OF INDONESIA

TJAHJADI WIBISONO
Adm. Div. Manager

At work for a better life, a better world for all.