

**PENGATURAN KECEPATAN HISAP DAN KECEPATAN TIUP
SUCKING BLOWING MACHINE UNTUK MENGURANGI JUMLAH
PARTIKEL PADA PRODUK SWITCH TYPE D3V DENGAN
RESPONSE SURFACE METHODS**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**MOCHAMAD RIKY PRAMUDYA
NIM. 115060209111002**

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

**PENGATURAN KECEPATAN HISAP DAN KECEPATAN TIUP
SUCKING BLOWING MACHINE UNTUK MENGURANGI JUMLAH
PARTIKEL PADA PRODUK SWITCH TYPE D3V DENGAN
RESPONSE SURFACE METHODS**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**MOCHAMAD RIKY PRAMUDYA
NIM. 115060209111002**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Tjuk Oerbandono M.Sc., CSE
NIP. 19670923 199303 1 002**

**Prof. Dr. Ir. Pratikto. MMT
NIP. 19461110 198103 1 001**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGATURAN KECEPATAN HISAP DAN KECEPATAN TIUP
SUCKING BLOWING MACHINE UNTUK MENGURANGI JUMLAH
PARTIKEL PADA PRODUK SWITCH TYPE D3V DENGAN
RESPONSE SURFACE METHODS**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:
MOCHAMAD RIKY PRAMUDYA
NIM. 115060209111002

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 panjatkan kepada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridho dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua tercinta, Bapak Sudarsono dan Ibu Ani Sudiarti atas curahan kasih sayang, doa, dan dorongan baik moril maupun materil kepada penulis.
2. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT. sebagai Kepala Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST.,M.Eng sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc,CSE sebagai dosen pembimbing skripsi I yang telah memberikan bimbingan dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT sebagai dosen pembimbing skripsi II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyusun skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met sebagai dosen wali penulis.
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membimbing dan memberikan materi perkuliahan kepada penulis.
8. Seluruh Orang tersayang, Mochamad Satria dan Galuh Putri sebagai adik yang selalu menyemangati serta Tiara Sari Primadara yang selalu berada di samping penulis untuk memberikan dukungan dan doanya kepada penulis.
9. Seluruh rekan-rekan di Universitas Brawijaya, khususnya di Jurusan Teknik Mesin, Teman-teman seperjuangan SAP 2011 Andika, Rendy, Teddy, Ary, dan Bahar yang telah memberikan saran serta kritikan kepada penulis.

10. Seluruh karyawan PT Omron Manufacturing Indonesia, Bapak Hari Darmawan sebagai Manajer Departemen Switch, Bapak Mei Fandoyo dan Ibu Dena Kurniati sebagai pembimbing di lapangan yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.
11. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu selama ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Malang, 14 Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

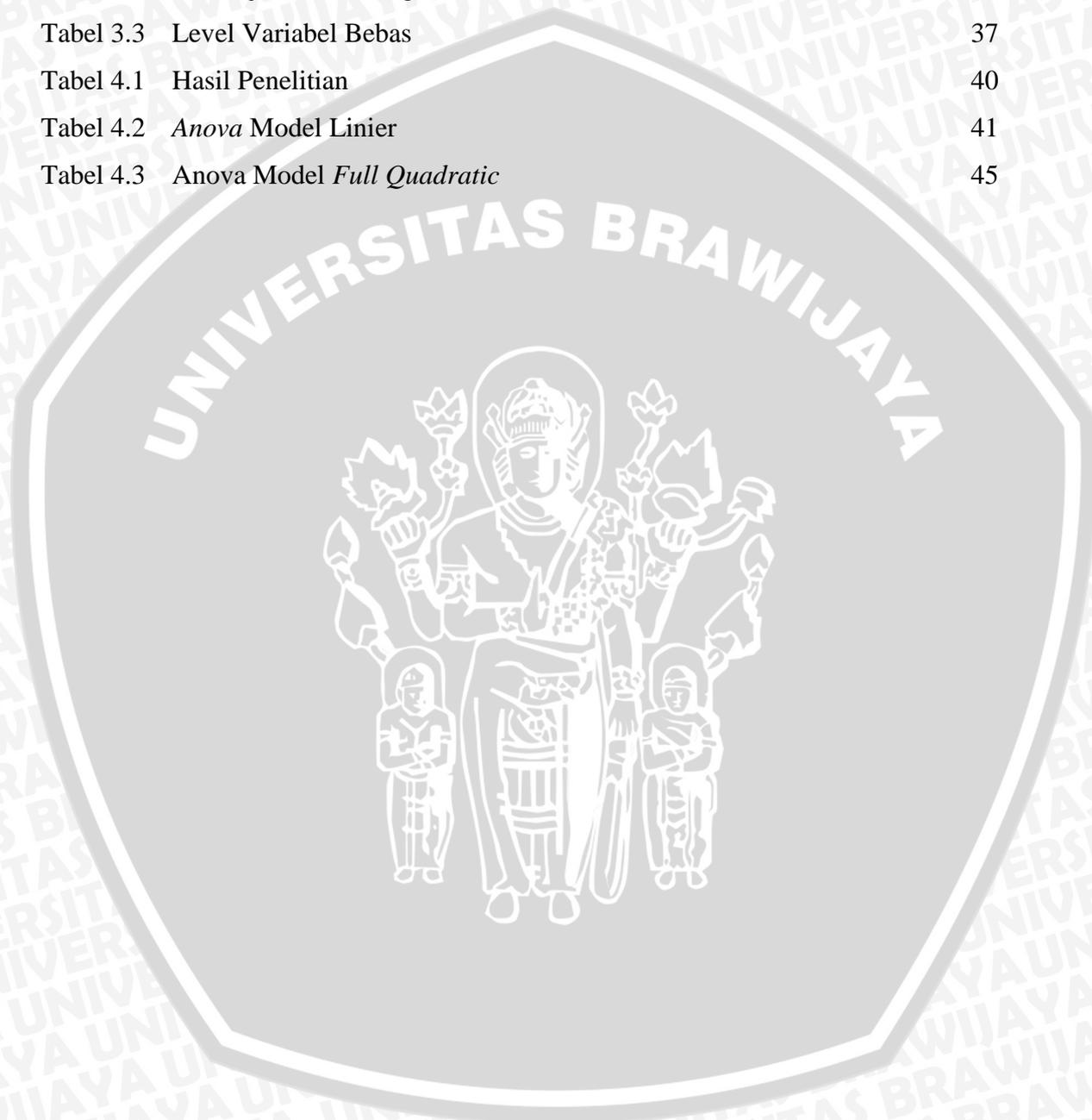
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	2
1. 3 Batasan Masalah	2
1. 4 Tujuan Penelitian	2
1. 5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2. 1 Kecepatan Tiup dan Kecepatan Hisap	4
2.1.1 Kecepatan Tiup	4
2.1.2 Kecepatan Hisap	5
2. 2 <i>Sucking Blowing Machine</i>	7
2. 3 <i>Switch</i>	11
2.3.1 <i>Switch Type D3V</i>	12
2.3.2 Proses Produksi <i>Switch Type D3V</i>	12
2. 4 Partikel	14
2.4.1 Macam-Macam Partikel Pada Produk <i>Switch</i>	14
2.4.2 Penghitung Partikel Padat	14
2.4.3 Metode Pendeteksi Partikel	16
2.4.4 Jenis Dari Penghitung Partikel	17
2. 5 <i>Respond Surface Method</i>	18
2.5.1 Pengenalan <i>Response Surface Method</i>	18
2.5.2 <i>Design Experiment Optimization</i>	20
2.5.3 Karakteristik Permukaan Respon	20
2.5.4 Rancangan Percobaan yang Sesuai untuk Permukaan Respon....	22
2.5.4.1 Rancangan yang Sesuai untuk Model Orde Pertama	25



2.5.4.2 Rancangan yang Sesuai untuk Model Orde Kedua	26
2.5.5 Fungsi <i>Desirability</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Metode Penelitian	31
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	31
3.3 Variabel Penelitian	31
3.4 Peralatan Penelitian	32
3.5 Prosedur Penelitian	34
3.5.1 Tahap Identifikasi Masalah	35
3.5.2 Tahap Pengumpulan Data	35
3.5.3 Metode Pengolahan Data	35
3.5.4 Tahap Analisis Dan Kesimpulan	38
3.6 Diagram Alir Penelitian	39
BAB IV PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil dan Pembahasan	40
4.2 Pembahasan Berdasarkan Optimasi <i>Central Composite Design (CCD)</i>	40
4.2.1 Pengujian Statistik Linier	40
4.2.1.1 Model Empiris	40
4.2.1.2 <i>Contour Plot</i> dan <i>Suface Plot</i> Model Linier	43
4.2.2 Pengujian Statistik <i>Full Quadratic</i>	44
4.2.2.1 Model Empiris	44
4.2.2.2 <i>Contour Plot</i> dan <i>Suface Plot</i> Model <i>Full Quadratic</i> ...	48
4.3 Analisa dengan Pendekatan <i>Desirability Function</i>	49
4.3.1 Model Linier	50
4.3.2 Model <i>Full Quadratic</i>	50
4.4 Pembahasan Variabel Eksperimen	51
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

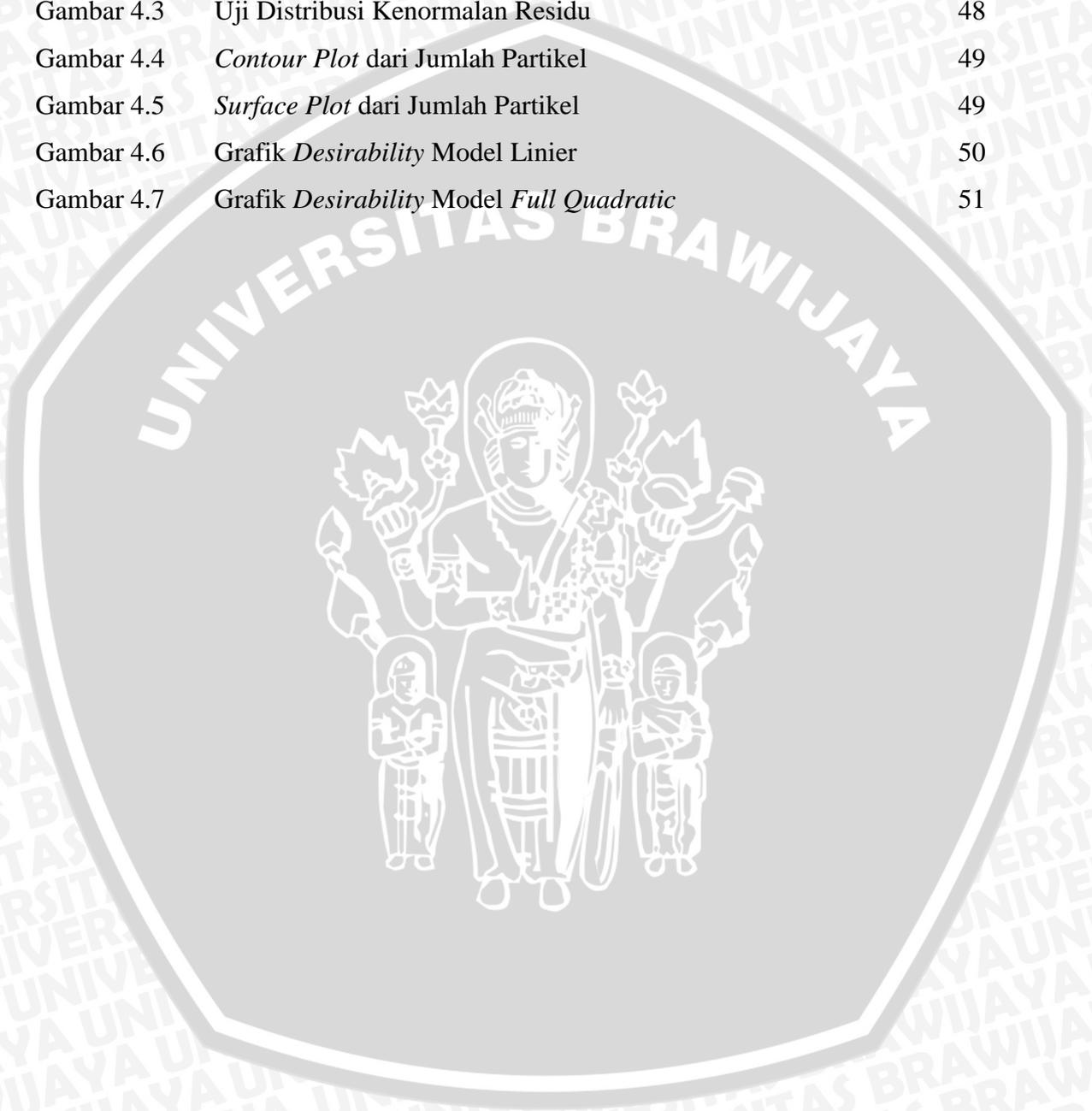
No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Menunjukkan Rancangan Percobaan Orde Pertama	36
Tabel 3.2	Menunjukkan Rancangan Percobaan Orde Kedua Untuk $k=2$	37
Tabel 3.3	Level Variabel Bebas	37
Tabel 4.1	Hasil Penelitian	40
Tabel 4.2	<i>Anova</i> Model Linier	41
Tabel 4.3	<i>Anova</i> Model <i>Full Quadratic</i>	45



DAFTAR GAMBAR

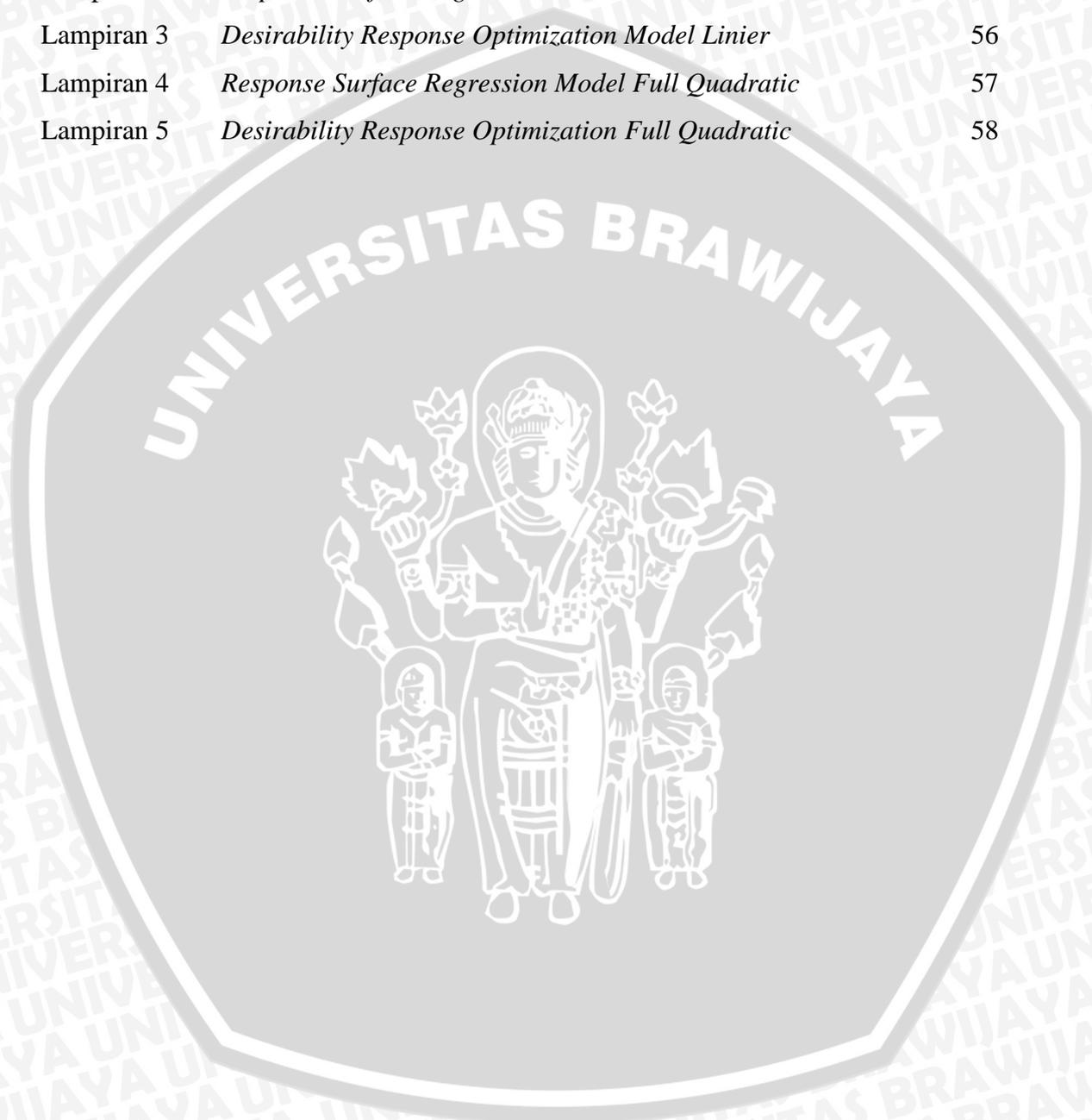
No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bagian-bagian regulator	4
Gambar 2.2	Diagram pengaturan kecepatan tiup pada <i>regulator</i> .	5
Gambar 2.3	Diagram pengaturan kecepatan hisap pada mesin <i>vacuum</i> .	6
Gambar 2.4	Anemometer	6
Gambar 2.5	Sistem dan rangkaian <i>sucking blowing machine</i> .	7
Gambar 2.6	Separator Mesin <i>Sucking Blowing</i>	9
Gambar 2.7	<i>Regulator Sucking Blowing Machine</i>	9
Gambar 2.8	<i>Air valve Sucking Blowing Machine</i> .	9
Gambar 2.9	<i>Filter union Sucking Blowing Machine</i> .	10
Gambar 2.10	<i>Air pipe Sucking Blowing Machine</i> .	10
Gambar 2.11	Mesin <i>Vacumm Sucking Blowing Machine</i> .	11
Gambar 2.12	<i>Nozzle</i> pada <i>Sucking Blowing Machine</i> .	11
Gambar 2.13	Produk <i>Switch Type D3V</i> beserta dimensinya	12
Gambar 2.14	Material asing yang terdapat pada <i>contact switch</i> .	14
Gambar 2.15	Skema <i>Light Blocking Methode</i>	16
Gambar 2.16	Skema <i>The Light Scattering Method</i>	17
Gambar 2.17	Ilustrasi plot permukaan respon	18
Gambar 2.18	Ilustrasi plot kontur <i>Response Surface</i>	19
Gambar 2.19	Ilustrasi permukaan respon maksimum	23
Gambar 2.20	Ilustrasi permukaan respon minimum	24
Gambar 2.21	Ilustrasi permukaan respon pelana	25
Gambar 2.22	Rancangan <i>Simplex</i> untuk 2 dimensi ($k = 2$)	26
Gambar 2.23	Rancangan <i>Simplex</i> 3 dimensi ($k = 3$)	26
Gambar 2.24	Kontur $V[y(x)]$	27
Gambar 2.25	Plot permukaan respon	28
Gambar 2.26	Geometrik CCD 2 faktor	28
Gambar 2.27	Geometrik CCD 3 faktor	29
Gambar 2.28	Rancangan Box-Benhken untuk tiga faktor ($k = 3$)	29
Gambar 3.1	<i>Sucking Blowing Machine</i>	32
Gambar 3.2	<i>Scanner</i>	32
Gambar 3.3	Mikroskop	33

Gambar 3.4	<i>Filter Trap Equipment</i>	33
Gambar 3.5	<i>Anemometer</i>	33
Gambar 4.1	Pengujian Kenormalan Residual	42
Gambar 4.2	<i>Contour Plot</i> dari Jumlah Partikel Pengujian Statistik Model Linier	44
Gambar 4.3	Uji Distribusi Kenormalan Residu	48
Gambar 4.4	<i>Contour Plot</i> dari Jumlah Partikel	49
Gambar 4.5	<i>Surface Plot</i> dari Jumlah Partikel	49
Gambar 4.6	Grafik <i>Desirability</i> Model Linier	50
Gambar 4.7	Grafik <i>Desirability</i> Model <i>Full Quadratic</i>	51



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	<i>Central Composite Design</i>	54
Lampiran 2	<i>Response Surface Regression Model Linier</i>	55
Lampiran 3	<i>Desirability Response Optimization Model Linier</i>	56
Lampiran 4	<i>Response Surface Regression Model Full Quadratic</i>	57
Lampiran 5	<i>Desirability Response Optimization Full Quadratic</i>	58



RINGKASAN

MOCHAMAD RIKY PRAMUDYA, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang, Juli, PENGATURAN KECEPATAN HISAP DAN KECEPATAN TIUP *SUCKING BLOWING MACHINE* UNTUK MENGURANGI JUMLAH PARTIKEL PADA PRODUK *SWITCH TYPE D3V* DENGAN *RESPONSE SURFACE METHOD*, Dosen Pembimbing : Tjuk Oerbandono dan Pratikto.

PT Omron Manufacturing Indonesia merupakan perusahaan yang memproduksi *electronic devices (switch dan relay)*, pengendali terprogram, komponen pengendalian, dan banyak produk lainnya omron. Pada produksi *switch* sering terjadi kerusakan pada fungsi *switch* tersebut. Kerusakannya adalah tidak berfungsinya *switch* dalam menyambungkan atau menghantarkan arus listrik dari satu konduktor ke konduktor yang lain. Masalah tersebut dikarenakan masih terdapat banyak partikel debu yang menghalangi permukaan *contact* dan menyebabkan arus tidak dapat mengalir melalui *contact*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model matematis yang dapat menggambarkan hubungan antara kecepatan hisap dan kecepatan tiup dengan jumlah partikel, sehingga dapat mengetahui variasi kecepatan hisap dan kecepatan tiup yang optimal untuk mendapatkan jumlah partikel paling sedikit pada produk *switch*.

Sucking blowing machine adalah salah satu mesin penting pada proses produksi *switch*. *Sucking blowing machine* berfungsi untuk mengurangi partikel atau kotoran yang ada pada produk *switch*, sehingga kinerja produk tidak terganggu dan dapat mengurangi barang yang reject karena cacat. Oleh karena itu pengaturan kecepatan hisap dan kecepatan tiup yang optimal perlu untuk diketahui. Pendekatan optimasi dilakukan untuk menentukan variabel kombinasi dari kecepatan hisap dan kecepatan tiup untuk mendapatkan jumlah partikel yang paling sedikit pada produk. Dalam penelitian ini metode optimasi yang digunakan adalah *response surface method*. Desain *response surface method* dianggap sangat efisien digunakan pada penelitian ini karena bisa menggunakan minimal hanya dengan dua variabel bebas. Dengan aplikasi dari *response surface method* akan menghasilkan hubungan matematis antara kecepatan hisap dan kecepatan tiup untuk mendapatkan jumlah partikel paling sedikit pada produk. Pada penelitian optimasi pengaturan *sucking blowing machine* ini, variabel kecepatan tiup dilambangkan x_1 dan kecepatan hisap dilambangkan x_2 dengan masing-masing variasi kecepatan tiup 27, 28, 29 m/s, dan kecepatan hisap 17, 18, 19 m/s.

Dari hasil perhitungan dengan *response surface method* diperoleh persamaan empiris $y = 7,000 + 0,854x_1 - 1,030x_2 - 0,438x_1^2 - 0,688x_2^2$ dengan kecepatan tiup dan kecepatan hisap yang optimal berturut-turut adalah 26,6 m/s dan 19,4 m/s. Dengan menggunakan nilai kecepatan tiup dan kecepatan hisap tersebut, jumlah partikel yang terdapat pada produk adalah 2 partikel.

Kata Kunci : Optimasi, *Sucking Blowing Machine*, partikel, *Response surface method*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan perusahaan mempunyai hubungan sangat erat dengan kegiatan produksi. Kegiatan produksi meliputi operasional dan perawatan mesin. Operasional produksi meliputi material, tenaga kerja, dan mesin. Efisiensi proses produksi dilakukan dengan memaksimalkan produksi dan meminimalisasi kendala produksi. Proses maksimalisasi target kerja produk dan minimalisasi kendala produksi sering disebut optimisasi proses produksi.

PT. Omron adalah perusahaan yang memproduksi berbagai macam bentuk peralatan kontrol dan otomatisasi pabrik (*factory automation*). PT Omron menyediakan lebih dari 100.000 produk yang berbeda, termasuk sensor, *switch*, *relay* dan perangkat keselamatan yang membantu lokasi produksi mencapai peningkatan produktivitas. Seluruh produk disesuaikan dengan permintaan konsumen. Proses pembuatannya melalui dua tahapan yaitu pembuatan casing dan proses assembling. Saat proses assembling inilah mesin *sucking blowing* bekerja untuk membersihkan debu yang ada pada casing.

Pada proses pembuatan *switch* sering ditemukan kerusakan seperti tidak berfungsinya terminal switch saat dilakukan uji sampel. Sehingga produk tersebut tidak layak (*reject*) karena tidak memenuhi standar dari produk tersebut. Hal itu menimbulkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan karena banyak material yang terbuang sia-sia dan waktu yang terbuang untuk memproduksi ulang. Material dan waktu yang terbuang tersebut seharusnya dapat menghasilkan produk yang lebih banyak jika tidak terjadi masalah-masalah yang sebenarnya dapat dicegah.

Proses pembuatan *switch* melewati salah satu proses yang menggunakan mesin yang bernama mesin *sucking blowing*. Mesin ini memiliki spesifikasi kecepatan tiup minimal sebesar 20 m/s dan kecepatan hisap minimal sebesar 15 m/s. Pengaturan kecepatan tiup dan kecepatan hisap masih belum ditemukan untuk mengoptimalkan dalam pemakaian *sucking blowing machine*. Oleh karena itu disini kami akan mengangkat permasalahan ini supaya nantinya hasil penelitian kami dapat bermanfaat bagi perusahaan.

Proses *sucking* dan *blowing* sangat penting pada *switch*. Hal tersebut dikarenakan produk seperti *switch* tidak dapat bekerja apabila didalamnya terdapat debu

dalam jumlah banyak yang menghalangi terminal kontak. Oleh karena itu jumlah debu tersebut harus tetap dikontrol dan dihilangkan pada produk.

Tujuan optimasi secara umum adalah mengoptimalkan sumber daya yang digunakan agar suatu produksi dapat menghasilkan produk dalam kuantitas dan kualitas yang diharapkan, sehingga perusahaan dapat mencapai tujuannya.

Berdasarkan uraian diatas, diperlukan suatu cara untuk menentukan besaran-besaran yang akan menjadi titik optimum pada faktor-faktor kuantitatif. Cara yang kami lakukan adalah dengan membuat suatu penelitian dengan variasi kecepatan tiup dan kecepatan hisap untuk mengetahui setting parameter yang optimal pada mesin *sucking blowing*. Diharapkan dengan penelitian ini dapat dihasilkan produk yang berkualitas dan mengurangi jumlah produk yang *reject*. Perbaikan kualitas dan produktivitas akan efektif jika merupakan bagian integral dari siklus pengembangan produk dan proses produksi. *Response Surface Method* dapat digunakan untuk tujuan ini. *Response Surface Method* adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan titik optimum pada setting mesin yang bertujuan untuk mengurangi cacat produk semaksimal mungkin. Diharapkan dengan adanya penerapan hasil penelitian didalam proses produksi *switch* dilantai produksi maka dapat terjadi peningkatan produktivitas pada perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana mendapatkan pengaturan nilai kecepatan hisap dan kecepatan tiup yang optimal pada *sucking blowing machine* untuk mengurangi jumlah partikel pada produk *switch type D3V*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan batasan yaitu

1. Produk yang dianalisa ada *switch* tipe D3V.
2. Kecepatan produksi tidak dibahas.
3. Penelitian dilakukan pada range operasi yang biasa dipakai.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan harga kecepatan hisap dan kecepatan tiup yang optimal pada pengaturan *sucking blowing machine* untuk mengurangi jumlah partikel pada produk *switch type D3V*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan pengaturan *sucking blowing machine* yang optimal.
2. Dapat memberikan masukan pada perusahaan.



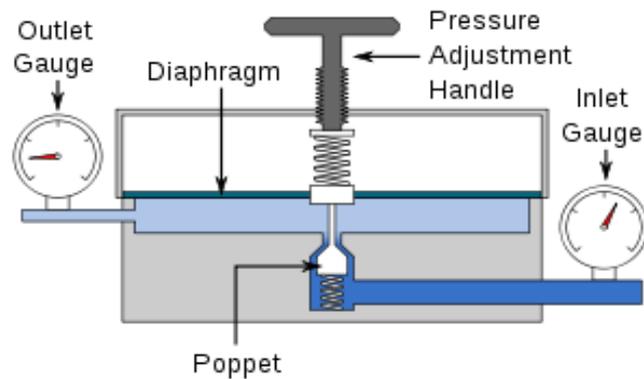
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecepatan Tiup Dan Kecepatan Hisap.

2.1.1 Kecepatan Tiup.

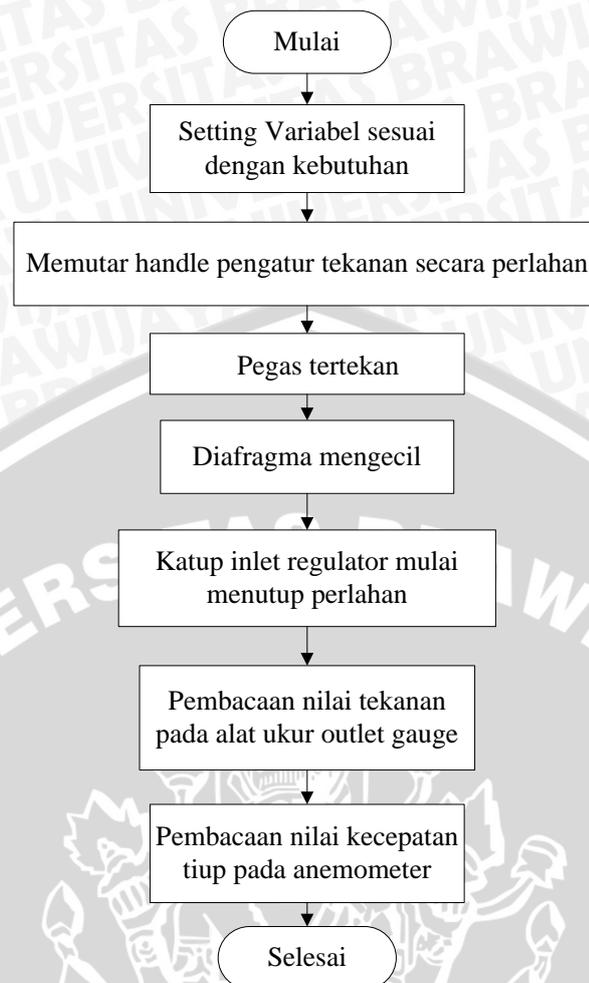
Kecepatan tiup adalah istilah yang digunakan untuk menyebut besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat udara berpindah. Besarnya dinyatakan satuan *meter per second* (m/s). Pada *sucking blowing machine*, udara tiup dibutuhkan untuk meniupkan partikel yang terdapat pada produk sehingga produknya menjadi bersih. Untuk mengatur kecepatan tiup pada mesin *sucking blowing* adalah dengan cara mengatur tekanan pada *regulator*.



Gambar 2.1 Bagian-bagian regulator.

Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT Omron Manufacturing Indonesia

Hal pertama Yang dilakukan apabila ingin mengatur kecepatan tiup pada *sucking blowing machine* adalah dengan cara memutar *handle* pengatur tekanan secara perlahan. Putaran *handle* yang searah jarum jam akan menekan pegas sehingga pegas dapat membuat difragma tertekan dan mengecil. Katup *inlet* menutup secara perlahan laju aliran udara sehingga *volume* gas pada *regulator* menurun dan juga tekanan udara menurun. Untuk membaca nilai tekanan menggunakan *outlet gauge*. Tekanan yang terbaca adalah tekanan udara yang keluar dari regulator. Setelah membaca nilai tekanan, baca nilai kecepatan aliran udara pada anemometer.

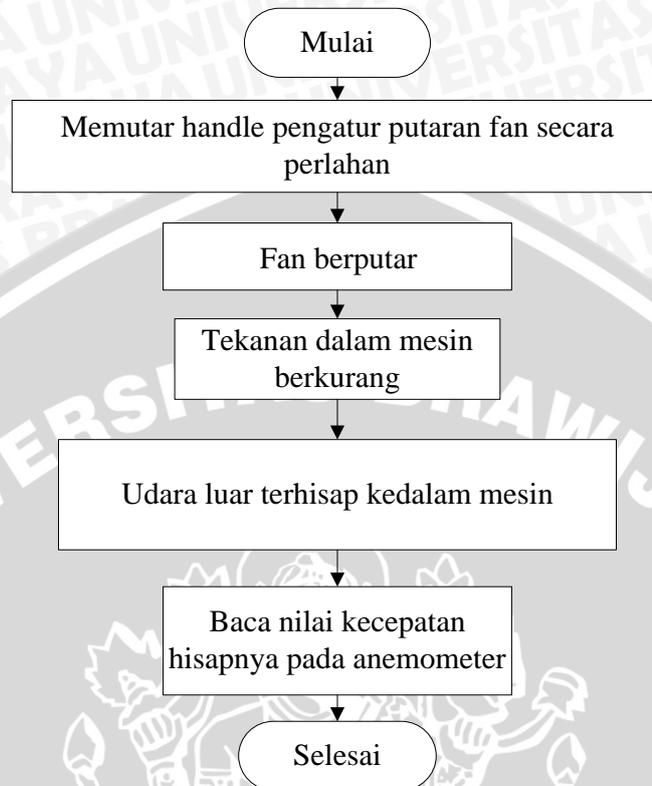


Gambar 2.2 Diagram pengaturan kecepatan tiup pada *regulator*.

2.1.2 Kecepatan Hisap.

Kecepatan hisap adalah istilah yang digunakan untuk menyebut besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat udara bergerak yang diakibatkan karena adanya perbedaan tekanan. Besarnya dinyatakan dalam satuan *meter per second* (m/s). Di dalam *sucking blowing machine* proses hisap berguna untuk menghisap partikel yang terdapat pada produk. Prinsip kerja dari proses sucking ini yaitu dengan memanfaatkan perbedaan tekanan. Pengaturan kecepatan hisap pada mesin *sucking blowing* yaitu dengan cara mengatur kecepatan putar fan yang ada didalam mesin *vacuum*. *Fan* (kipas) berputar, putaran kipas tersebut akan mengurangi tekanan didalam mesin *vacuum* sehingga terjadi ruang hampa. Tekanan yang rendah akan menghisap udara luar kedalam mesin *vacuum* sehingga partikel debu akan ikut terhisap masuk kedalam kantong debu didalam mesin *vacuum*. Debu dan udara yang terhisap melalui penyedot

(intake port) melewati penyaring (filter). Debu ditampung di kantong debu (dust bag) dan udara dibuang dalam keadaan bersih ke atmosfer setelah melewati penyaring.



Gambar 2.3 Diagram pengaturan kecepatan hisap pada mesin *vacuum*.

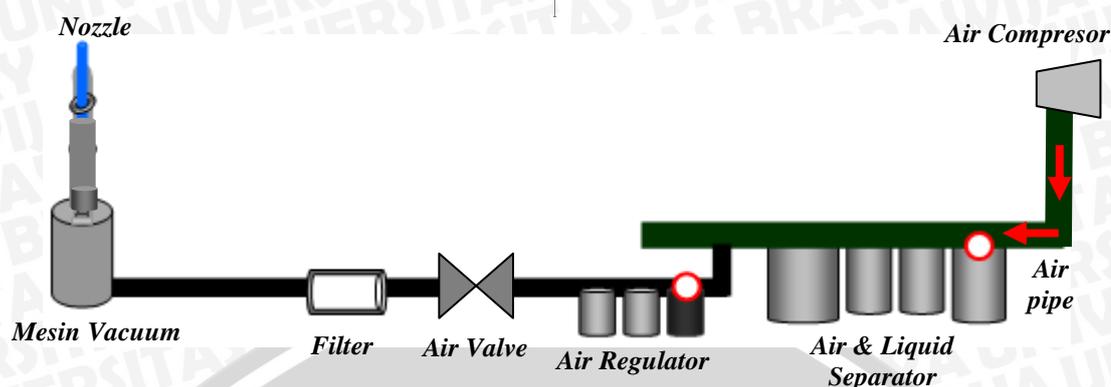
Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan tiup dan kecepatan hisap udara adalah anemometer.



Gambar 2.4 Anemometer

Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

2.2 Sucking Blowing Machine



Gambar 2.5 Sistem dan rangkaian *sucking blowing machine*.
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

Blowing adalah proses melepaskan kotoran (*dust*) yang menempel pada produk dengan meniupkan udara. Spesifikasi minimum kecepatan aliran udara adalah 20 m/s. *Sucking* adalah proses menghisap partikel debu yang terdapat di produk dengan bantuan mesin *vacuum*. Spesifikasi kecepatan hisap udara minimum adalah 15 m/s.

Udara bertekanan yang berasal dari *compressor* dialirkan menggunakan pipa-pipa udara. Udara bertekanan akan melewati *separator*, *separator* berfungsi sebagai alat pemisah fase pada campuran. Fase yang dipisahkan pada *separator* ini berupa dua fase campuran (*air - liquid*). *Separator* digunakan untuk mengantisipasi terjadinya perubahan fase pada udara akibat adanya tekanan pada *compressor*. Setelah melewati *separator*, udara bertekanan melewati *regulator* yang berfungsi sebagai pengatur tekanan serta dapat juga menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tabung supaya aliran gas menjadi konstan. Selanjutnya udara bertekanan melewati *air valve* yang berfungsi sebagai pengatur dan pengendali aliran udara. Selanjutnya melewati *filter* yang berfungsi sebagai penyaring udara. Sehingga udara bertekanan yang akan di tiupkan ke produk nanti udara yang bersih. Selanjutnya udara akan melewati *nozzle* untuk diekspansikan sehingga kecepatannya bertambah saat akan ditiupkan ke produk.

Saat produk masuk kedalam *sucking blowing machine*, produk *switch* di tiup bagian dalamnya oleh udara melalui *nozzle* dengan kecepatan aliran udara yang sudah diatur. Tujuannya adalah untuk melepaskan partikel debu yang menempel pada produk *switch* tersebut. Secara bersamaan, udara yang mengandung partikel debu pada produk dihisap dengan kecepatan hisap udara yang sudah diatur. Tujuannya adalah untuk

mengurangi jumlah partikel debu yang terdapat pada produk. Proses menghisap partikel pada produk dibantu dengan mesin *vacumm*. Prinsip kerja dari proses hisap ini yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan. Tekanan di dalam mesin lebih rendah daripada tekanan di atmosfer, hal itu yang menyebabkan udara luar terhisap kedalam mesin *vacuum* sehingga partikel debu pada produk juga akan ikut terhisap masuk kedalam kantong debu didalam mesin *vacuum*. Partikel debu dan udara yang terhisap melalui saluran penyedot (*intake port*) akan melewati penyaring (*filter*). Partikel debu ditampung di kantong debu (*dust bag*) dan udara dibuang dalam keadaan bersih ke atmosfer setelah melewati penyaring.

Bagian-bagian dari *sucking blowing machine* :

1. *Separator*

Separator adalah suatu alat pemisah campuran. Fase yang dipisahkan pada separator ini dapat berupa dua fase campuran, (*air - liquid*) maupun campuran tiga fase (*air - liquid - solid*). Cara pemisahannya dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut

- a). Menggunakan prinsip *gravity settler*. Prinsipnya yaitu gas yang mengandung partikel dialirkan melalui suatu ruang (*chamber*) dengan kecepatan rendah sehingga memberikan waktu yang cukup bagi partikel untuk mengendap secara gravitasi kebagian bawah yang sudah terdapat pengumpul debu.
- b). Turbulensi aliran atau perubahan arah aliran.
- c). Pemecahan atau tumbukan fluida.

Untuk mendapatkan efisiensi kerja yang stabil dengan kondisi yang bervariasi, separator harus mempunyai komponen pemisah sebagai berikut :

- a). Bagian pemisah pertama, berfungsi untuk memisahkan cairan dari aliran fluida yang masuk dengan cepat. Cairan yang dipisahkan akan berupa tetesan cair dengan ukuran besar.
- b). Bagian pemisah kedua, berfungsi untuk memisahkan tetes cairan kecil dengan prinsip *gravity settler* yaitu aliran dialirkan dengan kecepatan rendah sehingga memberikan waktu yang cukup bagi tetes cairan kecil untuk mengendap secara gravitasi kebagian bawah yang sudah terdapat tempat pengumpulnya.
- c). *Mist extractor*, berfungsi untuk memisahkan tetes cairan berukuran sangat kecil (kabut).
- d). Peralatan kontrol, berfungsi untuk mengontrol kerja separator.



Gambar 2.6 Separator Mesin *Sucking Blowing*
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

2. Regulator

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



Gambar 2.7 *Regulator Sucking Blowing Machine*
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

3. Air Valve (Katup Udara).

Katup udara disini berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan aliran udara yang akan bekerja menggerakkan aktuator, dengan kata lain katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator.



Gambar 2.8 *Air valve Sucking Blowing Machine.*
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

4. Filter

Filter disini berfungsi sebagai penyaring udara yang mengalir dan akan masuk ke mesin *vacuum*. Sehingga yang akan di tiupkan ke produk nanti udara yang bersih.



Gambar 2.9 Filter union Sucking Blowing Machine.

Sumber : Sucking Blowing Machine PT OMI.

5. Air pipe

Pipa udara berfungsi sebagai wadah untuk mengalirkan udara dari kompresor menuju rangkaian *sucking blowing machine* dan kemudian ditiupkan melalui *nozzle* ke produk.



Gambar 2.10 Air pipe Sucking Blowing Machine.

Sumber : Sucking Blowing Machine PT OMI.

6. Mesin Vacuum.

Mesin *vacuum* adalah sebuah mesin yang bekerja dengan prinsip perbedaan tekanan dan berfungsi untuk membantu dalam proses penghisapan partikel pada produk.



Gambar 2.11 Mesin *Vacumm Sucking Blowing Machine*.
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

7. Nozzle.

Nozzle adalah alat untuk mengekspansikan fluida sehingga kecepatannya bertambah. Pada *sucking blowing machine* memiliki beberapa tipe *nozzle* yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.12 *Nozzle* pada *Sucking Blowing Machine*.
Sumber : *Sucking Blowing Machine* PT OMI.

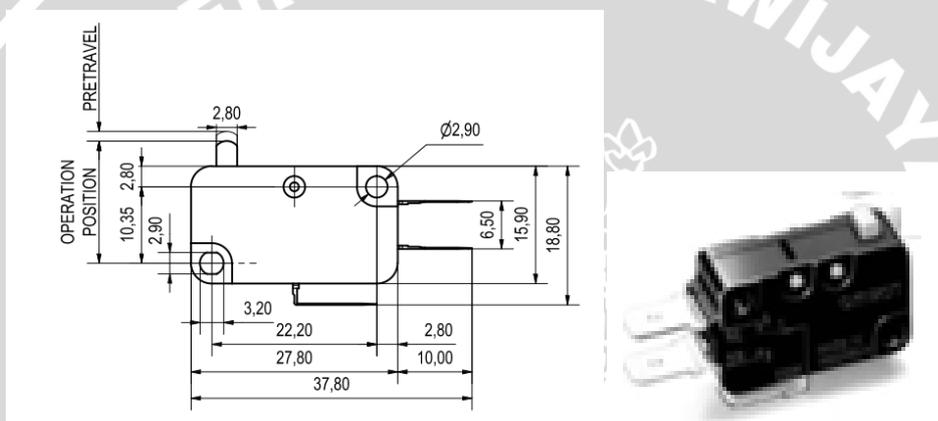
2.3 Switch

Switch adalah komponen listrik yang dapat menghubungkan dan mematahkan sebuah sirkuit listrik serta dapat juga memutus arus atau mengalihkannya dari satu konduktor ke konduktor yang lain. Bentuk *switch* yang paling mudah ditemui adalah pada perangkat elektromekanis yang dioperasikan secara manual dengan satu atau lebih set kontak listrik yang terhubung ke sirkuit eksternal. Setiap *switch* terdapat dua keadaan, keadaan pertama yaitu keadaan tertutup (*normally close*) yang berarti kontak saling bersentuhan dan listrik dapat mengalir di antara mereka, keadaan kedua yaitu keadaan terbuka yang berarti kontak dipisahkan dan listrik tidak dapat mengalir diantaranya (*nonconducting*). Mekanisme penggerak transisi antara dua keadaan

(terbuka atau tertutup) dapat berupa jenis saklar yang diputar "on" atau "off" dan tombol untuk "on" atau "off".

2.3.1 Switch Type D3V

Switch type D3V merupakan salah satu jenis switch dasar yang digunakan untuk aplikasi beban mikro. Biasanya dapat digunakan untuk mengganggu arus ketika pintu dibuka atau ditutup, serta juga digunakan untuk mendeteksi benda ringan. Switch type D3V ini sangat cocok di aplikasi elektronik, mesin komersial, elektronik kantor, mesin pabrik dan aplikasi lainnya. Keunggulan dari produk tipe D3V ini modelnya menggunakan kontak *split* yang dapat memotong arus dengan cepat, dapat mempertahankan operasi, memiliki kapasitas yang tinggi dan cocok pada arus DC.



Gambar 2.13 Produk Switch Type D3V beserta dimensinya
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

2.3.2 Proses Produksi Switch Type D3V

1. Pembuatan Casing Switch Type D3V.

Pembuatan casing dari switch type D3V dengan cara *injection molding*. *Injection molding* adalah metode pembentukan material termoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh *plunger* ke dalam cetakan yang didinginkan oleh air sehingga mengeras.

2. Terminal Insert.

Terminal insert adalah proses assembling dari produk switch type D3V dengan cara memasukan beberapa terminal didalamnya. Dilakukan secara manual dengan bantuan operator.

3. **Terminal Pressing.**

Terminal pressing merupakan prosen penekanan terminal yang sudah dipasangkan didalam *casing switch* sehingga nantinya terminal tersebut akan selalu tepat diposisinya. Dilakukan dengan bantuan mesin *press*.

4. **Push Button Insert.**

Push button insert merupakan proser peletakan proses assembling dari produk D3V dengan cara memasukan tombol kontak didalamnya. Dilakukan secara manual dengan bantuan operator.

5. **Push Button Colour Checking.**

Push Button Colour Checking yaitu proses pemeriksaan warna pada tombol kontak yang telah dipasang agar mencegah terjadinya kesalahan pemasangan yang dilakukan oleh operator.

6. **Sucking Blowing.**

Sucking adalah proses menyedot debu yang ada di produk dengan bantuan mesin *vacuum* dan *blowing* adalah proses melepaskan kotoran (*dust*) yang menempel pada produk dengan meniupkan udara. Diharapkan mesin ini mampu menghilangkan partikel yang dapat mengganggu kinerja *switch*. Proses pada mesin ini adalah sebagai berikut :

- a). Produk yang telah selesai pada proses assembling masuk ke dalam mesin *sucking blowing* untuk dibersihkan dari partikel pada bagian dalamnya.
- b). Produk yang masuk kedalam mesin *sucking blowing* kemudian di tiup bagian dalamnya dengan kecepatan tiup yang telah diatur sebelumnya dan di hisap dengan kecepatan hisap yang telah diatur juga sebelumnya untuk menghilangkan partikel yang ada pada produk.
- c). Produk keluar dan di cek jumlah partikelnya untuk mengetahui apakah produk tersebut sudah memenuhi standar jumlah partikelnya.

7. **Cover Insert.**

Cover insert adalah proses assembling dari produk *switch type* D3V dengan cara memasang cover atau tutup casing produk. Dilakukan secara otomatis dengan bantuan mesin.

8. **Cover Pressing.**

Cover pressing merupakan proses penekanan tutup *casing* yang sudah dipasangkan diatas *casing switch* sehingga nantinya *switch* akan tertutup rapat. Dilakukan dengan bantuan mesin *press*.

9. *Marking.*

Marking adalah proses pemberian tulisan yg isinya berupa merk dagang, tipe produk, dan beberapa spesifikasi produk.

10. *Drying Mark.*

Drying marking adalah proses pemanasan yang berfungsi untuk mengeringkan tulisan yang telah diberikan pada produk dengan bantuan mesin pemanas listrik.

11. *Inspection.*

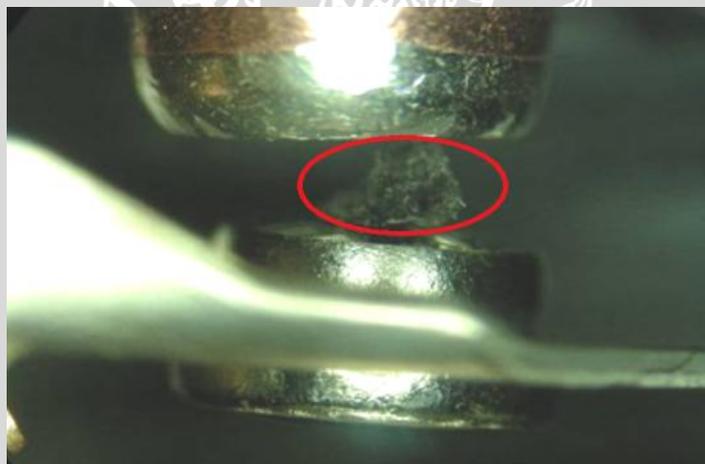
Proses pengecekan produk sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Dilakukan oleh *quality assurance*.

12. *Packing.*

Proses pengepakan produk yang siap untuk didistribusikan.

2.4 Partikel.

Partikel pada produk adalah material asing yang berada pada produk yang keberadaannya mengganggu fungsi kerja dari produk *switch* tersebut. Adanya material asing tersebut pada permukaan *contact* menyebabkan arus tidak dapat mengalir melalui *contact*.



Gambar 2.14 Material asing yang terdapat pada *contact switch*.

Sumber : PT Omron Manufacturing Indonesia

2.4.1 Macam-Macam Partikel yang Menyebabkan Masalah pada Produk *Switch*.

Partikel yang ada pada produk disebut juga material asing yang digolongkan pada kategori berikut ini :

1. *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 produksi. Jenis-jenis *molding dust* yang paling sering ditemui di dalam produk diantaranya adalah :

- a. *PPS (Poly Propilene Sulfida)*
- b. *Nylon*
- c. *Melamine*
- d. *Phenol Resin*
- e. *Polyethylene*

2. *Metal Dust.*

Metal dust merupakan serpihan-serpihan logam yang biasanya ditemui karena adanya gesekan antar logam. Jenis-jenis *metal dust* yang paling sering ditemui di dalam produk diantaranya adalah :

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

3. *Fiber Dust.*

Fiber dust merupakan debu yang berasal dari serat-serat kain dan kertas. Jenis-jenis *fiber dust* yang sering menjadi masalah pada produk adalah :

- a. *Polyester*
- b. *Celullose*

4. *Other Dust.*

Debu jenis ini merupakan kumpulan debu yang tidak termasuk ke dalam penggolongan ketiga debu diatas, partikel yang tergolong *other dust* tersebut adalah material protein atau material yang tidak diketahui jenisnya.

2.4.2 Penghitung Partikel Padat

Penghitung partikel padat adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur partikel kering di berbagai aplikasi industri. Salah satu aplikasi tersebut bisa untuk mendeteksi jumlah dan ukuran partikel yang berasal dari *crusher* batu dalam sebuah

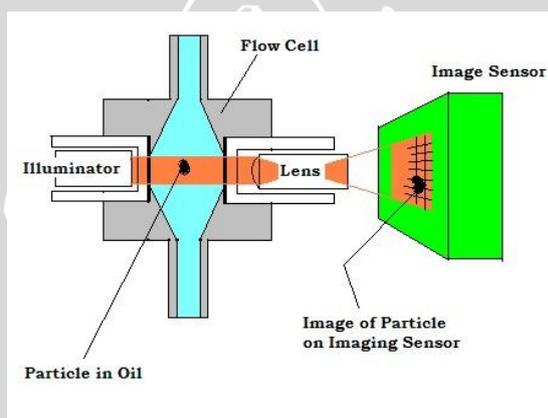
tambang pertambahan. Saringan adalah instrumen standar yang digunakan untuk mengukur ukuran partikel kering.

2.4.3 Metode Pendeteksi Partikel.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur ukuran partikel, dan menghitung jumlah partikel. Metode pemblokiran cahaya, metode penghamburan cahaya, dan metode pencitraan langsung

1. *The Light Blocking Method* (Metode Pemblokiran Cahaya)

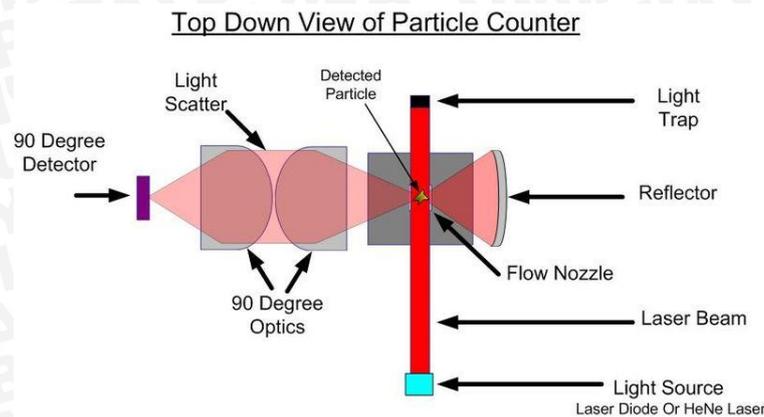
Pemblokiran cahaya merupakan metode penghitung partikel optik yang berguna untuk mendeteksi dan mengetahui ukuran partikel yang lebih besar dari 1 mikrometer dalam ukurannya dan didasarkan pada jumlah blok cahaya partikel ketika melewati daerah deteksi penghitung partikel. Metode ini membutuhkan resolusi tinggi dan pengukuran yang dapat diandalkan.



Gambar 2.15 Skema *Light Blocking Methode*
Sumber: *Anonymous 1*

2. *The Light Scattering Method* (Metode Penghamburan cahaya)

Metode Penghamburan cahaya mampu mendeteksi partikel ukuran yang lebih kecil. Teknik ini didasarkan pada jumlah cahaya yang diarahkan oleh partikel melewati daerah deteksi penghitung partikel. Pengalihan ini disebut sebagai hamburan cahaya. Sensitivitas deteksi metode hamburan cahaya adalah 0,05 mikrometer atau lebih besar. Metode penghamburan cahaya ditentukan untuk *counter* partikel yang biasanya digunakan untuk menghitung bagian terdalam hidrolis dan cairan pelumas. Penghitung partikel yang digunakan di sini untuk mengukur kontaminasi oli hidrolis, dan karena itu memungkinkan pengguna untuk mempertahankan sistem hidrolis, mengurangi kerusakan, memudahkan dalam perawatan, dan memantau kinerja.



Gambar 2.16 Skema *The Light Scattering Method*
Sumber: *Anonymous 1*

3. *Direct imaging Method* (Pencitraan langsung)

Pencitraan langsung adalah teknik yang menggunakan cahaya yang dipancarkan oleh laser sebagai sumber untuk menerangi objek yang dilewati partikel. Metode ini bukan mengukur cahaya yang diblokir oleh partikel melainkan mengukur area partikel seperti fungsi dari mikroskop otomatis. Sebuah dioda laser yang berdenyut akan membekukan gerakan partikel. Cahaya dipancarkan melalui cairan dan kemudian dicitrakan ke kamera elektronik dengan fokus optik makro. Partikel-partikel dalam sampel akan memblokir cahaya dan hasil siluet akan dicitrakan ke *chip* kamera digital.

2.4.4 Jenis Dari Penghitung Partikel

Remote penghitung partikel adalah penghitung partikel kecil yang digunakan untuk memantau lokasi yang tetap. Biasanya di dalam *cleanroom* atau *mini environment* untuk terus memantau tingkat jumlah partikel. Alat ini biasanya terhubung ke jaringan alat penghitung partikel yang lain berupa jenis-jenis sensor untuk memantau kinerja *cleanroom* keseluruhan. Jaringan sensor ini biasanya terhubung ke sistem pemantauan fasilitas, sistem akuisisi data, dan *programmable logic controller*.

Sistem berbasis komputer dapat mengintegrasikan ke dalam *database* yang memiliki kemampuan *e-mail* untuk memberitahukan proses yang terjadi didalam *cleanroom* ketika kondisinya telah melebihi batas yang telah ditentukan lingkungan. Penghitung partikel *remote* dapat memiliki ukuran partikel jangkauan deteksi 0,1-100 mikrometer.

2.5 Respond Surface Method

2.5.1 Pengenalan Response Surface Method

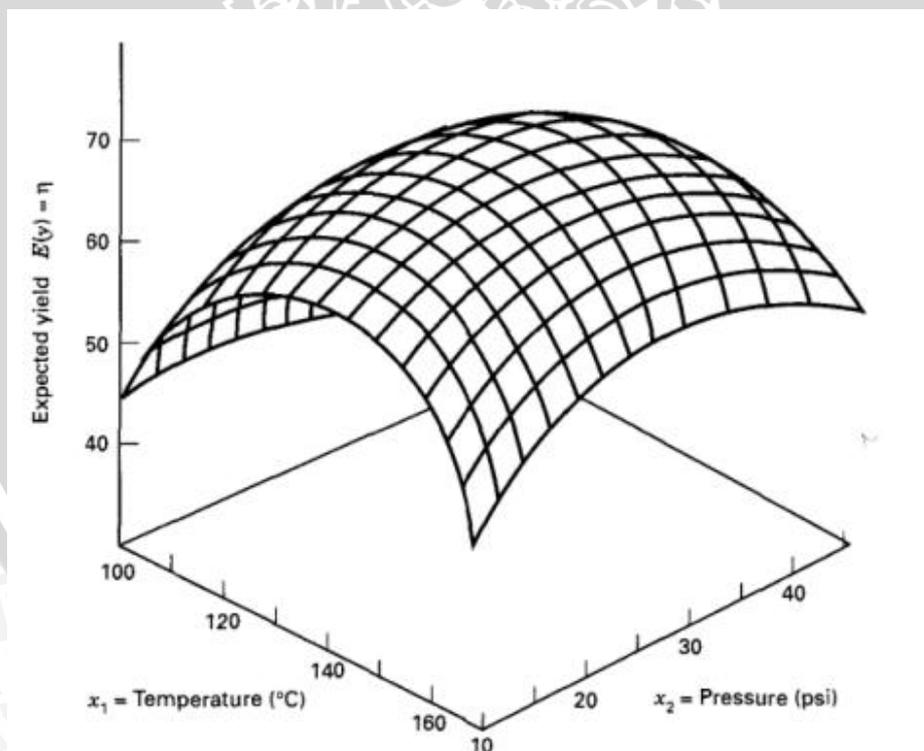
Menurut Montgomery (2001), *Response Surface Method* (RSM) atau Metode Permukaan Respon adalah sekumpulan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan dalam pemodelan analisis yang bertujuan untuk melihat pengaruh beberapa variabel kuantitatif terhadap suatu variabel respon dan untuk mengoptimalkan variabel respon tersebut. Sebagai contoh, akan dicari level-level dari suhu (x_1) dan tekanan (x_2) yang dapat mengoptimalkan suatu hasil produksi (y). Hubungan variabel-variabel tersebut dapat dituliskan dalam sebuah persamaan sebagai berikut :

$$y = f(x_1 + x_2) + \varepsilon \quad (2.1)$$

ε = merupakan *error* pengamatan pada respon y .

Sumber : Montgomery: 427

Pada umumnya, permukaan respon digambarkan dengan sebuah grafik, seperti yang tampak pada Gambar 2.18.

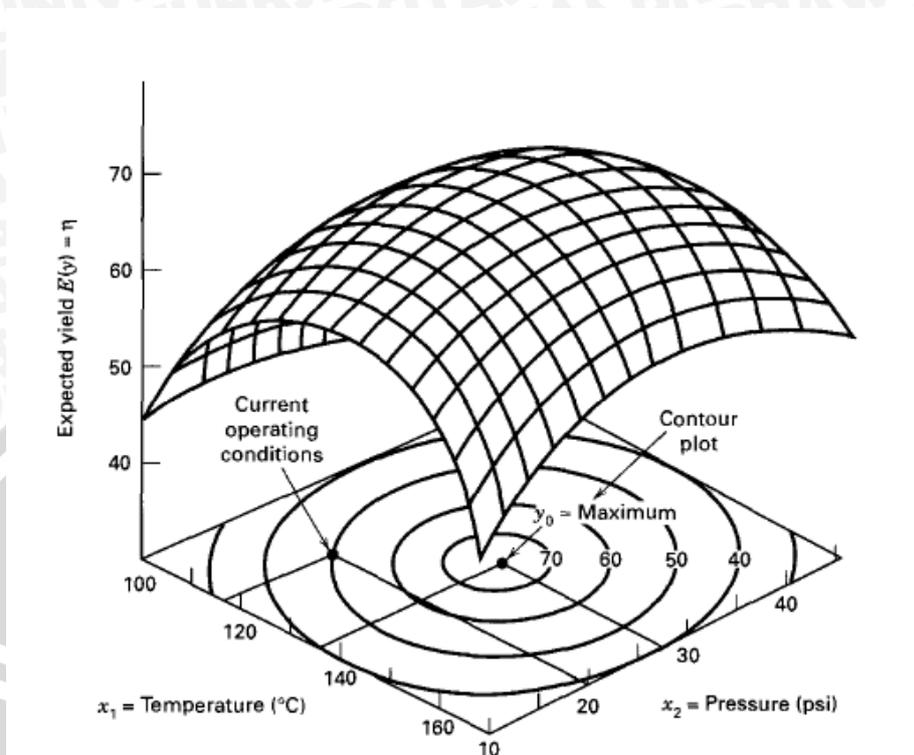


Gambar 2.17 Ilustrasi plot permukaan respon

Sumber : Montgomery :428

Untuk membantu visualisasi bentuk permukaan plot, sering digunakan kontur permukaan respon, seperti yang terlihat pada Gambar 2.18. Pada kontur tersebut, garis

respon yang konstan berada pada permukaan datar ($x_1 + x_2$), sedangkan garis respon yang lain berada pada permukaan lengkung di atasnya.



Gambar 2.18 Ilustrasi plot kontur *Response Surface*

Sumber : Montgomery : 428

Permasalahan umum pada metode permukaan respon adalah bentuk hubungan antara variabel respon dengan variabel independen tidak diketahui. Oleh karena itu, langkah pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari bentuk hubungan antara respon dengan beberapa variabel independen melalui pendekatan yang sesuai. Bentuk hubungan linier merupakan bentuk hubungan yang pertama kali dicobakan karena merupakan bentuk hubungan yang paling sederhana (*low-order polynomial*). Jika ternyata bentuk hubungan antara respon dengan variabel independen adalah fungsi linier, pendekatan fungsinya disebut *first-order model*, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_m x_m \quad (2.2)$$

Sumber : Montgomery : 429

Jika bentuk hubungannya merupakan kuadratik, maka untuk pendekatan fungsinya digunakan derajat polinomial yang lebih tinggi yaitu *second-order model*.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} x_i^2 + \varepsilon \quad (2.3)$$

Sumber : Montgomery : 429

Hampir semua permasalahan dalam metode permukaan respon menggunakan salah satu atau kedua model di atas. Setelah diperoleh bentuk hubungan yang paling sesuai, langkah selanjutnya adalah mengoptimalkan hubungan tersebut. Jika permukaan yang paling sesuai dicari melalui pendekatan yang cukup, maka hasil analisis ini akan mendekati fungsi yang sebenarnya. Secara garis besar, langkah-langkah dalam metode permukaan respon adalah merancang percobaan, membuat model dan melakukan optimisasi.

2.5.2 Design Experiment Optimization

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan jika melakukan analisis menggunakan metode permukaan respon. Hal pertama yang perlu dilihat adalah bentuk persamannya, apakah merupakan fungsi berorde satu atau fungsi berorde dua. Jika ternyata fungsi yang terbentuk berorde dua, selanjutnya yang perlu dilihat adalah sifat percobaan yang akan dilakukan, apakah *sequential* atau *non sequential*. Kedua hal di atas sangat berpengaruh terhadap prosedur perancangan yang akan dibuat. Untuk fungsi yang berorde satu, rancangan percobaannya cukup menggunakan 2^k faktorial, setiap perlakuan memiliki dua level perlakuan. Jika dibandingkan rancangan permukaan respon yang berorde dua, maka rancangan permukaan respon yang berorde satu membutuhkan lebih sedikit unit percobaan, yaitu sebanyak 2^k unit percobaan, k adalah banyaknya faktor perlakuan.

Untuk permukaan respon yang berorde dua, rancangan percobaannya menggunakan *central composite design* (CCD) atau *Box-Behnken design* yang memerlukan jumlah unit percobaan lebih banyak daripada rancangan 2 faktorial (permukaan respon berorde satu).

2.5.3 Karakteristik Permukaan Respon

Misalkan ingin didapatkan nilai x_1, x_2, \dots, x_k yang mengoptimalkan respon yang diprediksikan. Jika nilai-nilai optimal ini ada, maka y pada persamaan (2.2) merupakan himpunan yang beranggotakan x_1, x_2, \dots, x_k sedemikian sehingga turunan parsialnya:

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_1} = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_2} = \dots = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_k} = 0 \quad (2.4)$$

Sumber : Montgomery: 440.

Dalam notasi matriks, persamaan (2.4) dapat dinyatakan sebagai:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + x b + Bx^2 \quad (2.5)$$

Sumber : Montgomery : 440.

Keterangan,

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad B = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11} & \hat{\beta}_1/2 & \dots & \hat{\beta}_1/2 \\ \hat{\beta}_{12}/2 & \hat{\beta}_{22} & \dots & \hat{\beta}_1/2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\beta}_{1k}/2 & \hat{\beta}_{1k}/2 & \dots & \hat{\beta}_{kk} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Sumber : Montgomery : 440

b merupakan vektor koefisien regresi orde pertama, sedangkan B adalah matrik orde kedua berukuran $k \times k$ yang elemen diagonal utamanya merupakan koefisien kuadratik murni β_{ij} dan elemen-elemen segitiga atasnya adalah $\frac{1}{2}$ dari koefisien kuadratik campuran ($\beta_{ij}, i \neq j$).

Turunan dari \hat{y} terhadap vektor x adalah sama dengan 0, sehingga dinyatakan dengan:

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x} = b + 2Bx = 0 \quad (2.7)$$

Sumber : Montgomery : 440.

Solusi dari persamaan diatas, adalah:

$$x = -\frac{1}{2}B^{-1}b \quad (2.8)$$

Sumber : Montgomery : 440.

Substitusi persamaan (2.8) ke persamaan (2.6) diperoleh nilai respon optimal yang diprediksikan terjadi pada titik-titik stasioner, yaitu:

$$\hat{y} = -\frac{1}{2}x_0'b \quad (2.9)$$

Sumber : Montgomery : 440.

Karakteristik permukaan respon digunakan untuk menentukan jenis titik stasioner, apakah maksimum, minimum atau titik pelana. Berikut beberapa ilustrasi untuk titik-titik tersebut beserta plot kontur masing-masing seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.19, 2.20, dan 2.21.

Titik stasioner dapat diidentifikasi dengan mentransformasikan fungsi respon dari titik asal $x (0,0,\dots,0)$ ke titik stasioner x dan sekaligus merotasikan sumbu koordinatnya, sehingga dihasilkan fungsi respon sebagai berikut:

$$\hat{y} = \hat{y}_0 + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + \dots + \lambda_k w_k^2 \quad (2.10)$$

Sumber : Montgomery : 440.

Keterangan :

w_i = Variabel independen baru hasil transformasi

\hat{y}_0 = Harga taksiran y .

λ = Konstanta yang merupakan *eigen value* dari matrik B , $i = 1, 2, \dots, k$

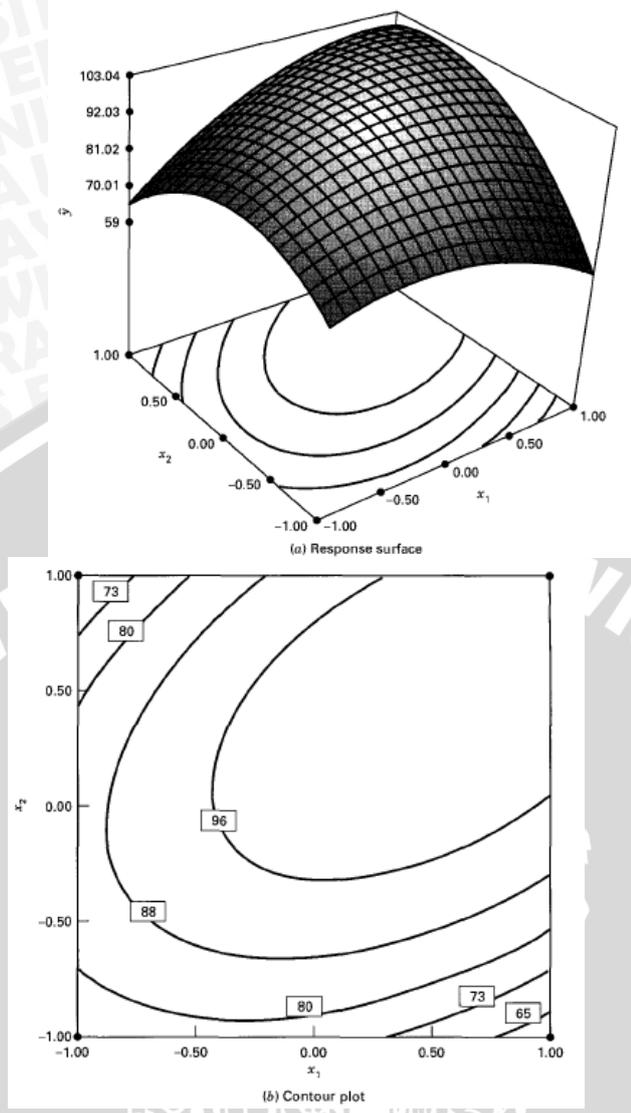
Karakteristik dari permukaan respon ditentukan oleh harga λ_i . Jika nilainya semua positif maka x_0 adalah titik minimum, sedangkan jika semua negatif maka x_0 adalah titik maksimum, jika harganya berbeda tanda diantara harga λ_i , maka x_0 merupakan titik pelana.

2.5.4 Rancangan Percobaan yang Sesuai untuk Permukaan Respon.

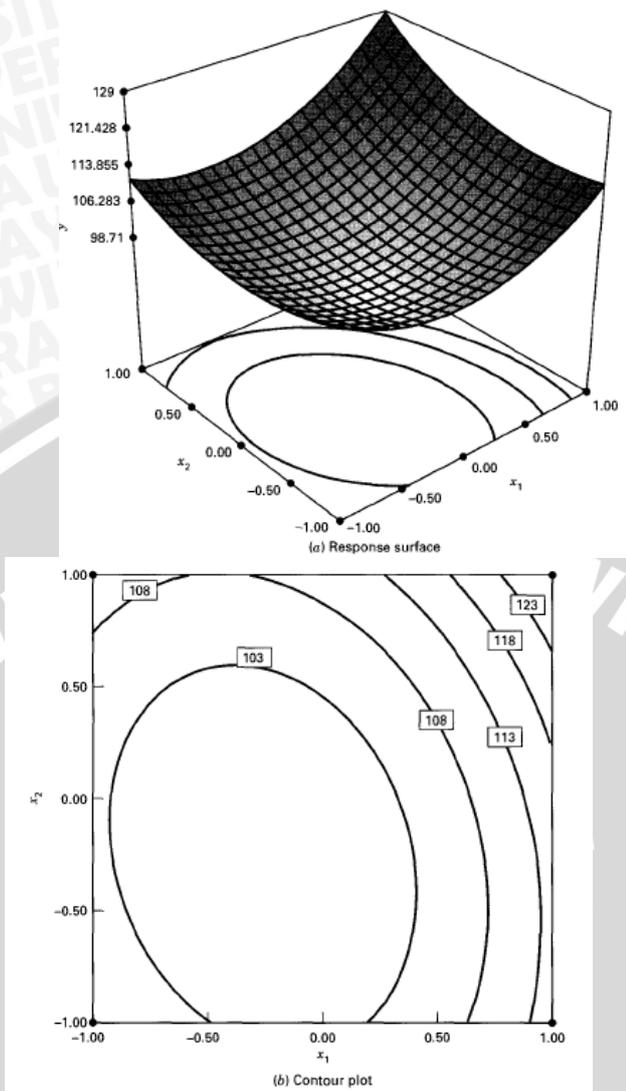
Pemilihan rancangan percobaan yang sesuai beserta analisisnya untuk permukaan respon adalah hal yang sangat penting. Berikut beberapa kriteria dalam pemilihan rancangan percobaan yang sesuai untuk *response surface method* :

- 1). Memberikan gambaran distribusi dan informasi yang jelas berdasarkan data pada seluruh daerah yang difokuskan.
- 2). Mencari model yang memenuhi kelayakan model.
- 3). Membuat blok-blok dalam percobaan.
- 4). Membuat rancangan-rancangan yang mempunyai orde lebih tinggi.
- 5). Memberikan pendugaan *error* dalam rancangan.
- 6). Memberikan pendugaan koefisien model yang tepat.
- 7). Memberikan pendugaan varian yang baik.
- 8). Tidak membutuhkan unit percobaan yang besar.
- 9). Tidak membutuhkan terlalu banyak level dalam variabel independen
- 10). Memberikan kemudahan dalam perhitungan parameter model.

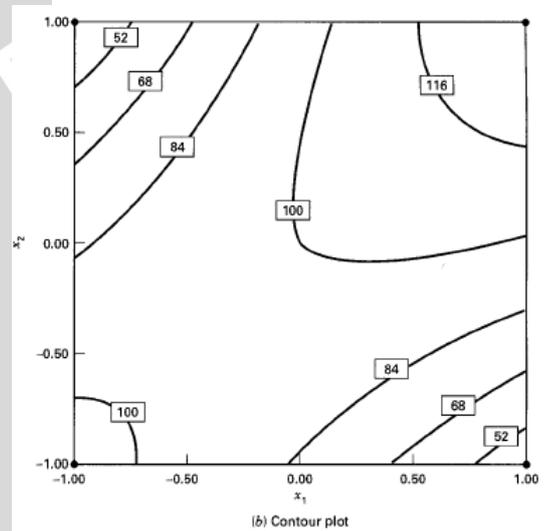
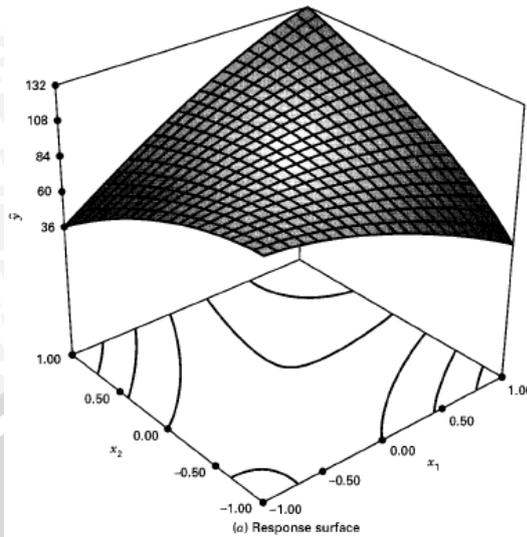
Kadang-kadang, kriteria tersebut saling tidak mendukung, tetapi pemilihan rancangan harus tetap dilakukan sebaik mungkin.



Gambar 2.19 Ilustrasi permukaan respon maksimum
 Sumber : Montgomery : 437



Gambar 2.20 Ilustrasi permukaan respon minimum
 Sumber : Montgomery : 438

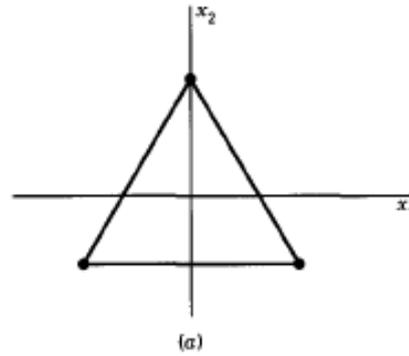


Gambar 2.21 Ilustrasi permukaan respon pelana
 Sumber : Montgomery : 439

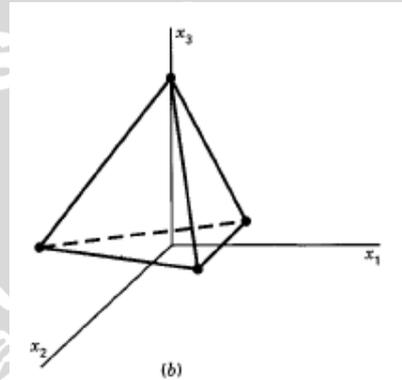
2.5.4.1 Rancangan yang Sesuai untuk Model Orde Pertama

Rancangan percobaan yang sesuai untuk model orde pertama adalah rancangan *orthogonal first-order*. Rancangan faktorial dan fraksional 2^k adalah rancangan yang termasuk dalam rancangan *orthogonal first-order*. Dalam rancangan ini, dibuat kode untuk level-level rendah dan tinggi dalam k faktor, misalnya ± 1 . Di samping kedua rancangan tersebut, ada pula rancangan yang termasuk rancangan *orthogonal first-order*, yaitu rancangan *simplex*. Rancangan ini biasanya digambarkan dalam suatu bangun ruang dengan $k+1$ titik dalam dimensi k . Dengan demikian, untuk $k = 2$, rancangan *simplex* menjadi segitiga sama sisi dan untuk menjadi *tetrahedral* seperti pada gambar berikut:





Gambar 2.22 Rancangan *Simplex* untuk 2 dimensi ($k = 2$)
Sumber : Montgomery : 456



Gambar 2.23 Rancangan *Simplex* 3 dimensi ($k = 3$)
Sumber : Montgomery : 456

2.5.4.2 Rancangan yang Sesuai untuk Model Orde Kedua

Nilai optimum diperoleh dari sebuah model yang memenuhi dan mengandung kurva yang pada umumnya merupakan model orde kedua:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i x_i + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2.11)$$

Sumber : Montgomery, hal 436.

Kelompok rancangan yang paling banyak digunakan untuk model orde kedua ialah CCD atau *central composite design*. Pada umumnya CCD terdiri atas titik faktorial sebanyak 2^k , titik percobaan aksial sebanyak $2k$, dan titik pusat atau *center point*.

Secara praktis, CCD diterapkan melalui percobaan sekuensial. Percobaan tersebut tidak lain merupakan *factorial* 2^k yang telah melalui model orde pertama namun memperlihatkan ketidaksesuaian model (*lack of fit*), kemudian titik-titik aksial ditambahkan ke dalam percobaan untuk memenuhi titik-titik kuadratik dalam model. CCD merupakan rancangan yang sangat sesuai untuk memperoleh model orde kedua.

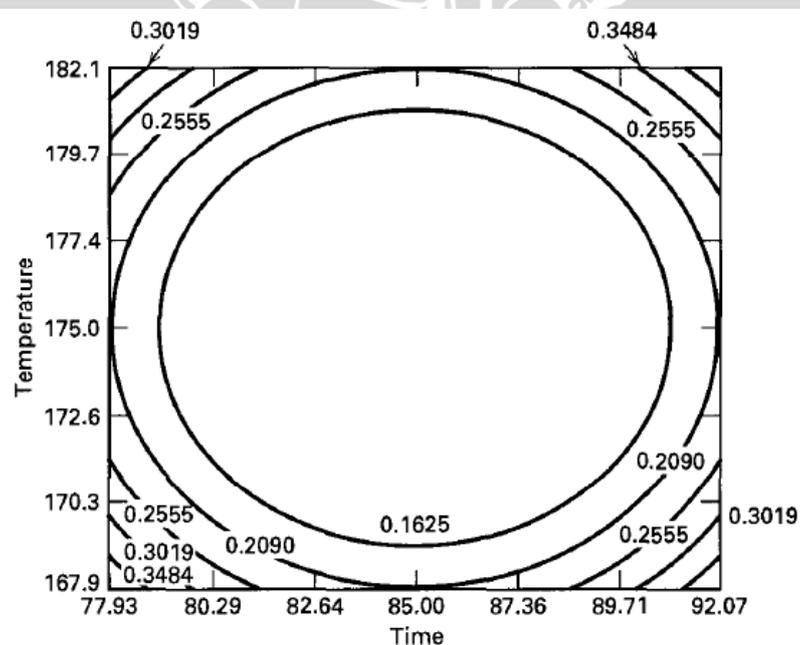
Terdapat dua parameter dalam rancangan ini yang harus diketahui terlebih dahulu oleh peneliti: (1) jarak titik aksial α dari pusat rancangan dan (2) banyak *center point*.

Model orde kedua yang disusun harus memiliki kemampuan untuk menduga daerah di sekitar titik optimum. Dugaan yang diperoleh dari model orde kedua dapat dicapai hanya jika model memiliki varian yang konsisten dan konstan untuk nilai dugaan respon pada titik x tertentu. Persamaan berikut menggambarkan varian dari nilai dugaan respon pada nilai x tertentu:

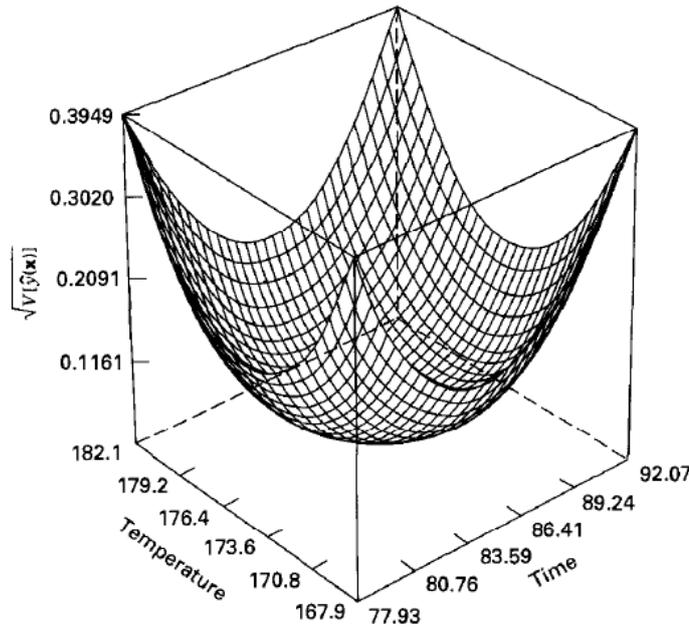
$$V[\hat{y}(x)] = \sigma^2 x^T (X^T X)^{-1} x \quad (2.12)$$

Sumber : Montgomery, hal 457.

Respon surface model orde kedua harus memenuhi rotatabilitas. Hal ini berarti nilai $V[\hat{y}(x)]$ harus sama untuk semua nilai x yang jaraknya sama dari pusat rancangan. Dengan kata lain, varian untuk nilai dugaan respon merupakan nilai konstan yang digambarkan seperti bola. Gambar 2.24 dan 2.25 menunjukkan kontur yang konstan dari $V[\hat{y}(x)]$ pada model orde kedua dengan CCD. Dapat dilihat bahwa standar deviasi nilai dugaan respon yang konstan membentuk kontur yang tepat berbentuk lingkaran. Rancangan yang memiliki sifat ini tidak akan membuat varian \hat{y} berubah meskipun rancangannya dirotasi di sekitar pusatnya, oleh karena itu disebut rancangan yang *rotatable*.



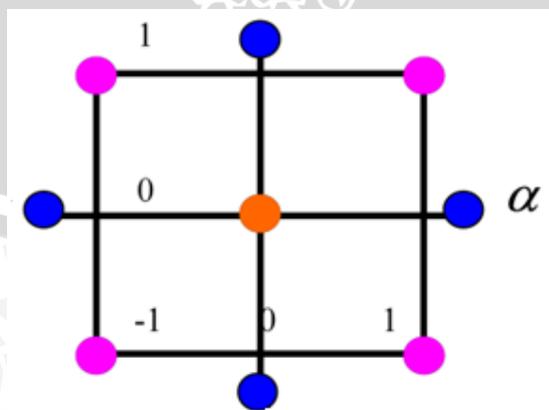
Gambar 2.24 Kontur $V[y(x)]$
Sumber : Montgomery : 458



Gambar 2.25 Plot permukaan respon
 Sumber : Montgomery : 458

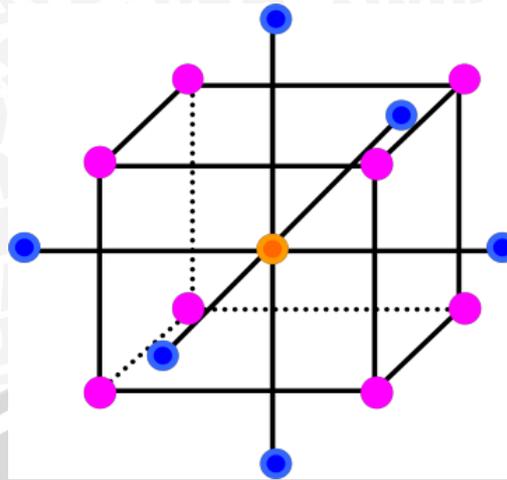
A. Spherical CCD

Rotatabilitas merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan *spherical* CCD. *Spherical* CCD digunakan jika rancangan desain eksperimen berbentuk bola. Bagaimana pun juga, memiliki CCD sferik bukanlah keharusan. *Spherical* CCD dapat didekati dengan menetapkan α dari sudut pandang dugaan varian untuk CCD, sehingga $\alpha = \sqrt{k}$. Rancangan ini disebut rancangan *spherical* CCD atau berbentuk bola, yaitu dengan menetapkan titik-titik faktorial dan aksial di permukaan bola dengan radius k serta *center point* yang direkomendasikan cukup sebanyak tiga sampai lima titik. *Center point* diperlukan dalam mendukung stabilitas varian dari nilai dugaan respon.



Gambar 2.26 Geometrik CCD 2 Faktor
 Sumber : Montgomery : 459

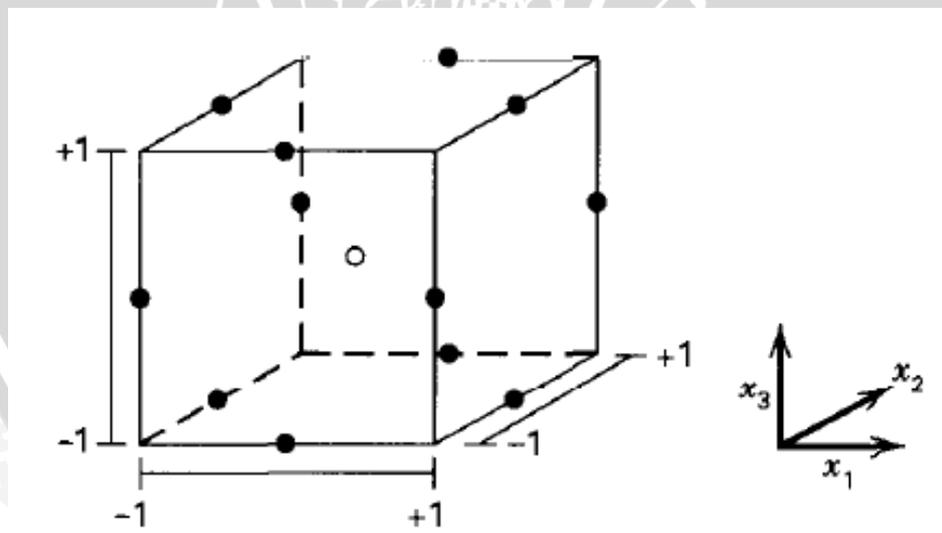




Gambar 2.27 Geometrik CCD 3 Faktor
 Sumber : Montgomery : 459

B. Rancangan Box-Behnken

Box dan Behnken memperkenalkan rancangan tiga tahap untuk menyusun *response surface method*. Rancangan ini dibentuk dengan mengkombinasikan *factorial* 2^k dengan rancangan kelompok tidak lengkap (*incomplete blocking*). Hasil rancangan umumnya sangat efisien dalam kaitannya dengan menentukan banyaknya percobaan yang harus dilakukan serta rancangan ini memenuhi rotatabilitas atau paling tidak hampir rotatabilitas.



Gambar 2.28 Rancangan Box-Behnken untuk tiga faktor ($k = 3$)
 Sumber : Montgomery : 459

C. Rancangan Permukaan Respon dengan Blok.

Seringkali sebuah rancangan permukaan respon perlu melibatkan *blocking* atau pengelompokan dalam rancangannya untuk menghilangkan variabel-variabel pengganggu. Hal ini biasanya terjadi jika model orde kedua diperoleh secara sekuensial



dari rancangan untuk model orde pertama. Ada kemungkinan adanya perbedaan waktu dalam melakukan percobaan untuk percobaan-percobaan untuk model orde pertama dan model orde kedua.

2.5.5 Fungsi *Desirability*

Menurut Montgomery, fungsi *desirability* merupakan suatu transformasi dari geometri respon ke nilai nol sampai satu. Respon-respon yang berada dalam batas yang ditentukan bernilai nol sampai dengan satu ($0 < d_i \leq 1$) dan yang berada diluar batas spesifikasi diberi nilai nol ($d_i = 0$), yang kemudian disebut sebagai fungsi *individual desirability* (d_i). kemudian fungsi *individual desirability* digabung dengan rata-rata geometri yang hasilnya disebut fungsi *composite atau overall desirability* D yang ditunjukkan persamaan 2.3.

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_i)^{1/k} \quad (2.13)$$

Sumber : Montgomery: 458.

k menyatakan banyaknya respon. Jika ada sembarang respon berada diluar batas spesifikasi $d_i = 0$, maka fungsi *overall desirability* nilainya nol ($D = 0$).

Langkah-langkah optimalisasi dengan fungsi *desirability* adalah sebagai berikut

1. Merancang dan melakukan percobaan.
2. Membuat *individual desirability* untuk setiap respon yang terbentuk.
3. menggabungkan fungsi *individual desirability* menjadi fungsi *overall desirability* kemudian dimaksimalkan.

Dalam fungsi *desirability* diperlukan pengaturan bobot fungsi *individual desirability*. Bobot mendefinisikan bentuk dari fungsi *desirability* untuk setiap respon. Bobot dipilih untuk menekankan atau melonggarkan targetnya (Montgomery).

1. Untuk $0 < r < 1$, memberikan penekanan yang kurang pada targetnya. Semakin besar nilai *desirability* semakin jauh nilai dari target.
2. Untuk $r = 1$, Memberikan nilai kepentingan yang sama pada target dan nilai batas-batasnya. Nilai *desirability* dari suatu respon bertambah secara linier.
3. Untuk $r > 1$, memberikan penekanan yang lebih pada targetnya. Suatu respon harus sangat dekat dengan target agar memiliki nilai *desirability* yang tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.7 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode historis dan studi analitik. Metode historis digunakan untuk menggambarkan sesuatu yang sudah berlangsung pada saat penelitian dan untuk menguraikan sifat-sifat atau karakteristik dari suatu keadaan. Studi analisis digunakan untuk mengolah data yang didapat dari suatu perusahaan.

3.8 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Omron Manufacturing Indonesia (OMI). Khususnya di departemen *switch* pada *sucking blowing machine*. Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2013 hingga pengambilan data selesai.

3.9 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variable dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel respon, dan variabel terkontrol.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi nilai dari variabel terikat, besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari objek penelitian. Nilai dari variabel bebas yang diambil dalam penelitian ini adalah berdasarkan pada rentang nilai yang digunakan saat pengoperasian mesin dilapangan. Sehingga diharapkan nantinya akan mendapatkan nilai yang optimal dari kecepatan hisap dan kecepatan tiup yang telah digunakan oleh perusahaan selama ini dilapangan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- Kecepatan Hisap : 17 m/s, 18 m/s, 19 m/s
- Kecepatan tiup : 27 m/s, 28m/s, 29 m/s.

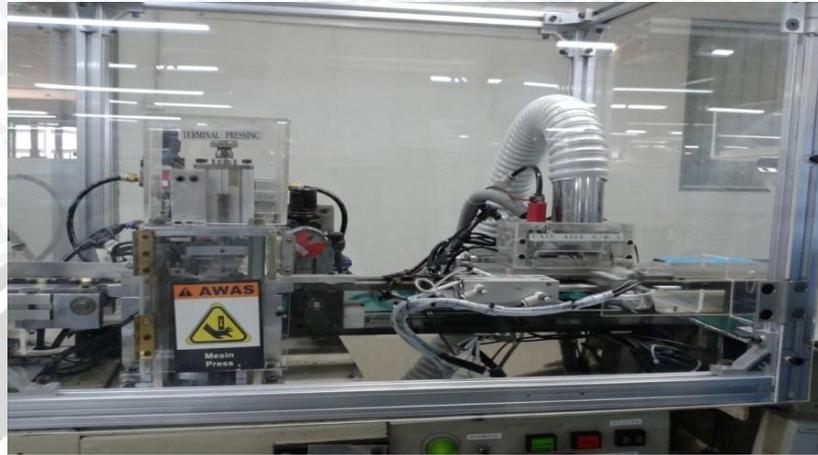
2. Variabel Respon

Variabel respon adalah variabel dependen, yaitu variabel yang dipengaruhi oleh level faktor atau kombinasi faktor. Variabel respon dari penelitian ini adalah jumlah partikel yang terdapat pada produk.

3.10 Peralatan Penelitian

1. *Sucking Blowing Machine*

Mesin yang digunakan untuk menghilangkan partikel debu pada produk *switch* seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Sucking Blowing Machine*
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

2. *Scanner*

Alat yang digunakan untuk melihat dan menghitung jumlah partikel secara otomatis dengan bantuan *software Particle Counter* seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Scanner*
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

3. *Mikroskop*

Alat yang digunakan untuk melihat dan menghitung jumlah partikel secara manual seperti ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mikroskop
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

4. *Filter Trap Equipment*

Alat yang digunakan untuk menangkap partikel yang ada pada produk *switch* sehingga nantinya partikel tersebut dapat terdeteksi seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Filter Trap Equipment*
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

5. *Anemometer*

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara pada *Sucking Blowing Machine*.



Gambar 3.5 *Anemomaster*
Sumber : PT. Omron Manufacturing Indonesia

3. 11 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mulai
2. Mengidentifikasi masalah
3. Penentuan tujuan
4. Pengumpulan data
5. Formulasi model dengan menggunakan *Respond Surface Method*.
6. Solusi Model
7. Pengujian eksperimen.

Prosedur pengujian eksperimen :

- a) Persiapkan alat-alat kerja (tabung air, *tweezer*, jarum suntik, *filter trap tray stainless*, *product tray*, tabung *filter trap*, kertas *filter trap*).
- b) Bersihkan peralatan kerja (tabung air, *tweezer*, jarum suntik, *filter trap tray stainless*, *product tray*, tabung *filter trap*) dgn menggunakan air dan lap kanebo.
- c) Gunakan *finger coat* untuk jari tangan lalu bersihkan dengan menggunakan alkohol dan *kim wipes*.
- d) 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.
- e) Ambil *product/initial part* yang akan diambil *particle* datanya pada *tray product* yang telah dibersihkan.
- f) *Inject* bagian dalam saja *case assy* dengan air hingga memenuhi atau rata dengan *case* sebanyak tiga kali. Gunakan slot button sebagai saluran air, lalu tuang kedalam tabung *filter trap*.
- g) Ambil kembali tiga cc air *filter* menggunakan jarum suntik untuk disuntikkan air ke sisi2 tabung *filter trap* bagaian atas.
- h) Pasang kembali cover pada tabung *filter trap* bagaian atas.
- i) Putar searah/berlawanan arah jarum jam tabung *filter trap* agar *dust*/debu/kotoran terpusat di tengah kertas *filter trap*.
- j) Hisap air didalam tabung *filter trap* dengan menggunakan *air sucker*.
- k) Buka tabung *filter trap* bagian atas, lalu angkat lepaskan kertas *filter trap* di tabung *filter trap* bagian bawah ke *tray stainless*.
- l) Beri indikasi pada *stainless tray process*/nama produk yang sedang dihitung/diambil *particle dust*.

- m) Panaskan *stainless tray* dengan temperatur 120°C selama 30 detik.
- n) Setelah di panaskan, pindahkan kertas *filter trap* pada *form particle counter* yang terlebih dahulu telah di isi item pointnya. Lalu solasi/selotip (ukuran 2") kertas *filter trap* tsb.
- o) Hitung jumlah *particle* yang berukuran $> 47\mu\text{m}$ dengan *software particle counter*.

- 8. Pembahasan
- 9. Kesimpulan dan saran
- 10. Selesai

Flowchart dari prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar

3.5.1 Tahap Identifikasi Masalah

Agar faktor yang akan dirancang dan dibangun nantinya dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang kita inginkan, maka sebelum penelitian dilakukan perancangan sistem. Pertama kita lakukan identifikasi masalah terhadap masalah optimasi yang ada pada PT.Omron Manufacturing Indonesia. Identifikasi masalah ini dilakukan dengan mengetahui jenis dan sumber data, menentukan metode pengolahan data, serta membuat perumusan model *Response Surface Method* (RSM) dari data-data yang diperoleh. Dengan melakukan identifikasi masalah ini diharapkan faktor ini nantinya dapat faktor solusi yang terbaik untuk permasalahan optimasi pada PT. Omron Manufacturing Indonesia. Adapun data yang diperoleh dari PT. Omron Manufacturing Indonesia adalah data historis periode.

3.5.2 Tahap Pengumpulan Data

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. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ada 2 yaitu kecepatan hisap dan kecepatan tiup.

3.5.3 Metode pengolahan data

Pengolahan data penelitian ini menggunakan *Response Surface Method* (RSM) . Itu dikarenakan *response surface method* memiliki keunggulan yaitu dapat mempermudah pencarian wilayah optimum. Bila tidak menggunakan metode tersebut, harus dilakukan eksperimen berulang-ulang, dimana eksperimen tersebut membutuhkan biaya dan waktu yang banyak sehingga tidak efektif dan tidak efisien. Selain itu *response surface method* 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.

Untuk mendapatkan model empiris orde pertama dan orde kedua dilakukan rancangan percobaan faktorial 2^k ditambah dengan pengamatan beberapa kali di titik pusat dan titik-titik di sumbu aksialnya dengan $\alpha = 2^{k/4}$ dalam bentuk *Central Composite Design* (CCD).

Eksperimen orde pertama dilakukan dengan melakukan 6 pengamatan yang terdiri dari 4 pengamatan pada kombinasi level dan 2 perlakuan untuk pengamatan pada titik pusat dengan hasil pengamatan ditunjukkan dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1 Menunjukkan Rancangan Percobaan Orde Pertama.

Level Faktor		Respon
Kecepatan Hisap (m/s)	Kecepatan Tiup (m/s)	Jumlah Partikel
-1	-1	
-1	1	
1	-1	
1	1	
0	0	
0	0	

Rancangan faktorial 2^k CCD digunakan untuk percobaan yang terdiri dari k faktorial dengan masing-masing faktor mempunyai level rendah (diberi kode -1), level tinggi (diberi kode +1), level tengah (diberi kode 0), dan level sumbu aksial (diberi kode $-\alpha$ dan $+\alpha$). Untuk $k=2$ nilai $\alpha = 1,414$. Tabel 3.1 menunjukkan rancangan percobaan orde kedua untuk $k=2$ dengan CCD.

Tabel 3.2 Menunjukkan Rancangan Percobaan Orde Kedua Untuk $k=2$.

No	x_1	x_2
1	-1	-1
2	-1	1
3	1	-1
4	1	1
5	-1.414	0
6	1.414	0
7	0	-1.414
8	0	1.414
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0

Berdasarkan tabel 3.1, maka dilakukan rancangan percobaan CCD 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 :

1. Kecepatan Tiup (x_1)
2. Kecepatan Hisap (x_2)

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

Tabel 3.3 Level Variabel Bebas

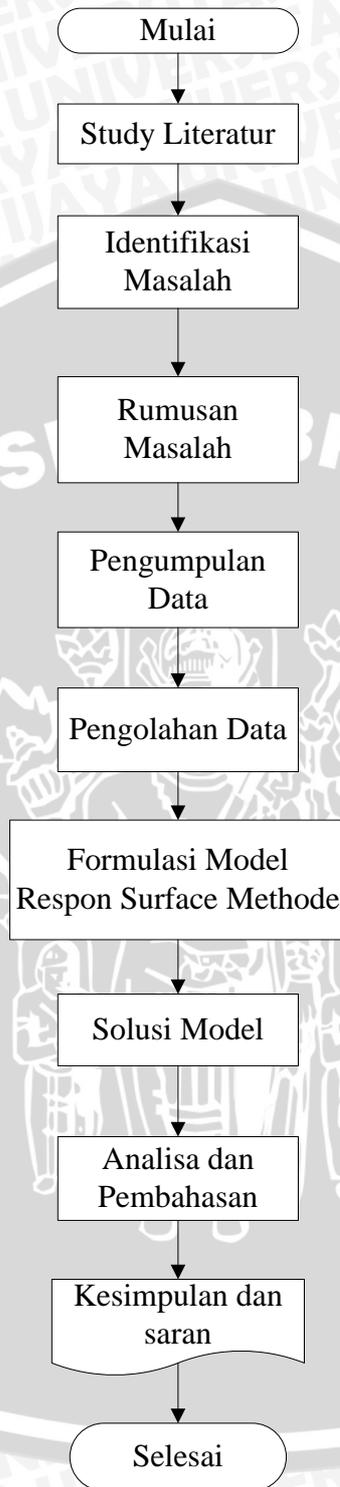
Nama Variabel	Kecepatan Hisap (m/s)	Kecepatan Tiup (m/s)
Level Rendah	17	27
Level Tengah	18	28
Level Tinggi	19	29

3.5.4 Tahap analisis dan kesimpulan

Semua variabel tersebut seperti kecepatan hisap dan kecepatan tiup akan dicari dengan *respon surface method central composite design* untuk mengambil kesimpulan dan saran berdasarkan hasil perhitungan tersebut 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. 12 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.5 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan rancangan percobaan penelitian yang ditentukan maka dihasilkan banyaknya jumlah partikel seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Penelitian.

Level Faktor		Respon
Kecepatan Tiup (m/s)	Kecepatan Hisap (m/s)	Jumlah Partikel ($Particle/cm^3$)
27	17	6
29	17	8
27	19	4
29	19	6
26,6	18	5
29,4	18	7
28	16,6	7
28	19,4	4
28	18	7
28	18	7
28	18	8
28	18	6
28	18	7

4.6 Pembahasan Berdasarkan Optimasi *Central Composite Design (CCD)*.

4.2.1 Pengujian Statistik Linier

Pengujian statistik linier dimaksudkan untuk membentuk model linier berdasarkan *central composite design (CCD)* yang terbentuk. Adapun ikhtisar hasil analisis model linier yang telah diringkas dalam tabel berikut :

Tabel 4.2 Anova Model Linier

Term	Coef	SE Coef	T _{distribusi}	P
Constant	6,3077	0,2227	28,322	0,000
Kec. Tiup	0,8536	0,2839	3,006	0,013
Kec. Hisap	- 1,0303	0,2839	-3,629	0,005
<i>R Square (R²)</i> = 68,95 %				
<i>F-Linier</i>	= 11,10	P	= 0,003	
<i>F-Lack of Fits</i>	= 1,48	P	= 0,366	

1 Koefisien Regresi Serempak

Pengujian koefisien regresi serempak digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan tiup dan kecepatan hisap secara bersama-sama terhadap Jumlah partikel yang terdapat pada produk. Kriteria pengujian menyatakan, jika $P < level\ of\ significance\ (\alpha)$ maka terdapat pengaruh signifikan secara serempak antar variabel. Pengujian signifikansi secara serempak menghasilkan nilai $F_{distribusi} = 11,10$ dengan p-value sebesar 0,003. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $P < level\ of\ significance\ (\alpha=5\%)$. Hal ini berarti terdapat pengaruh signifikan secara serempak antara kecepatan tiup dan kecepatan hisap terhadap jumlah partikel.

2 Uji Koefisien Secara Individu

Pengujian signifikansi parsial digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh Kecepatan tiup dan Kecepatan hisap secara parsial atau secara individu terhadap jumlah partikel pada produk. Kriteria pengujian menyatakan jika $P < level\ of\ significance\ (\alpha)$ maka terdapat pengaruh signifikan secara individu Kecepatan tiup terhadap Jumlah partikel yang dihasilkan pada produk dan Kecepatan hisap terhadap jumlah partikel pada produk.

a. Uji Signifikansi Parsial Antara Kecepatan Tiup Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara parsial antara kecepatan tiup terhadap jumlah partikel menghasilkan nilai $t_{distribusi} = 3,006$ dengan p-value sebesar 0,013. Hasil pengujian tersebut menunjukkan $P < level\ of\ significance\ (\alpha=5\%)$. Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan kecepatan tiup terhadap jumlah partikel.

b. Uji Signifikansi Parsial Antara Kecepatan Hisap Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara parsial (individu) Kecepatan hisap terhadap jumlah partikel menghasilkan nilai $t_{hitung} = -3,629$ dengan p-value sebesar 0,005. Hasil

pengujian tersebut menunjukkan $P < \text{level of significance}$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan kecepatan hisap terhadap jumlah partikel.

3 Uji Lack Of Fits

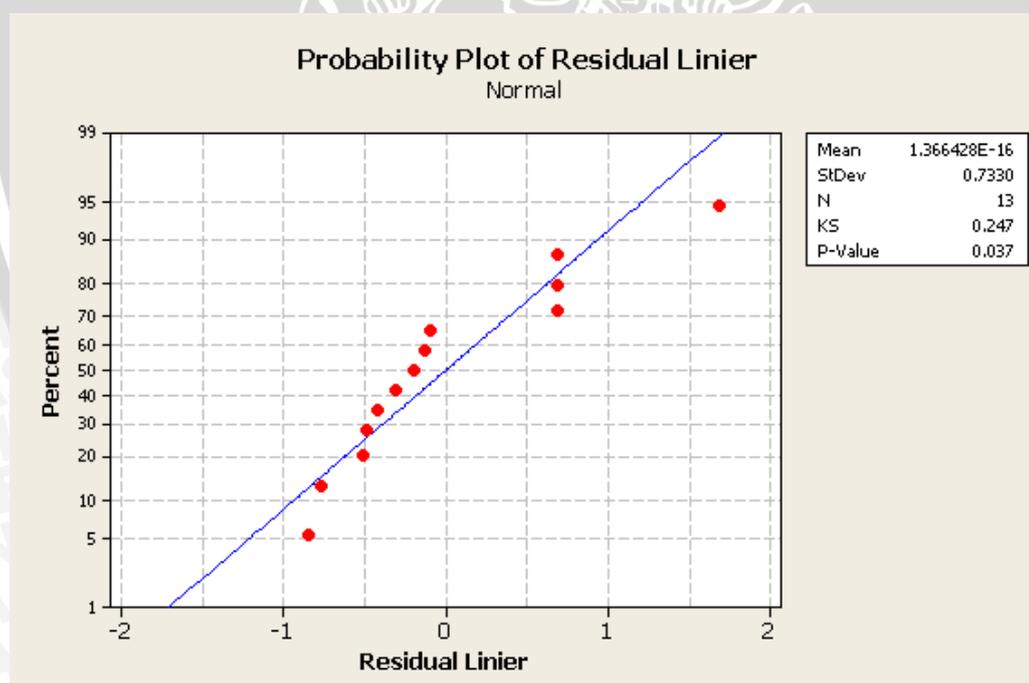
Pengujian *lack of fits* dimaksudkan untuk mengetahui apakah terdapat ketidakcocokan model yang dihasilkan dari hubungan antar variabel bebas terhadap variabel responnya. Pengujian lack of fit pada penelitian ini menghasilkan nilai $F_{\text{distribusi}} = 1,48$ dengan P 0,366. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $P > \text{level of significance}$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat kecocokan model yang dihasilkan dari hubungan antara kecepatan tiup dan kecepatan hisap terhadap Jumlah partikel yang dihasilkan pada produk.

4 Uji Kenormalan

Pengujian kenormalan digunakan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan dari model linier yang terbentuk menyebar secara normal atau tidak. Hipotesis untuk uji kenormalan adalah sebagai berikut :

H_0 : Residual menyebar normal

H_1 : Residual tidak menyebar normal



Gambar 4.1 Pengujian Kenormalan Residual

Pengujian kenormalan residual menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Residual dinyatakan menyebar normal apabila residual tersebut menyebar atau berada disekitar garis linier. Kriteria pengujian menyebutkan apabila nilai P dari uji

Kolmogorov Smirnov bernilai $>$ *level of significance* ($\alpha=5\%$) maka residual yang terbentuk dari model linier menyebar normal. Pengujian kenormalan residual pada penelitian ini menghasilkan residual yang menyebar atau berada digaris liniernya, dan memiliki nilai KS = 0,247 dengan p-value sebesar 0,037. Hasil pengujian tersebut menunjukkan $p <$ *level of significance* ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti residual yang terbentuk dari model linier tidak menyebar normal. Dengan demikian asumsi kenormalan tidak terpenuhi.

5 Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Besarnya keragaman koefisien determinasinya (R^2) yaitu 68,95%. Nilai R^2 berkisar 0-100%, semakin mendekati 100% semakin sesuai model yang digunakan. Nilai R^2 pada penelitian ini berarti variabel kecepatan tiup dan kecepatan hisap berpengaruh 68,95% terhadap Jumlah partikel yang terdapat pada produk. Sedangkan sisanya sebesar 31,05% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak termuat dalam model.

4.2.1.1 Model Empiris

Model empiris yang dihasilkan dari optimasi *central composite design* model linier adalah sebagai berikut :

$$y = 6,3077 + 0,8536 x_1 - 1,0303 x_2$$

Keterangan :

y = Jumlah Partikel

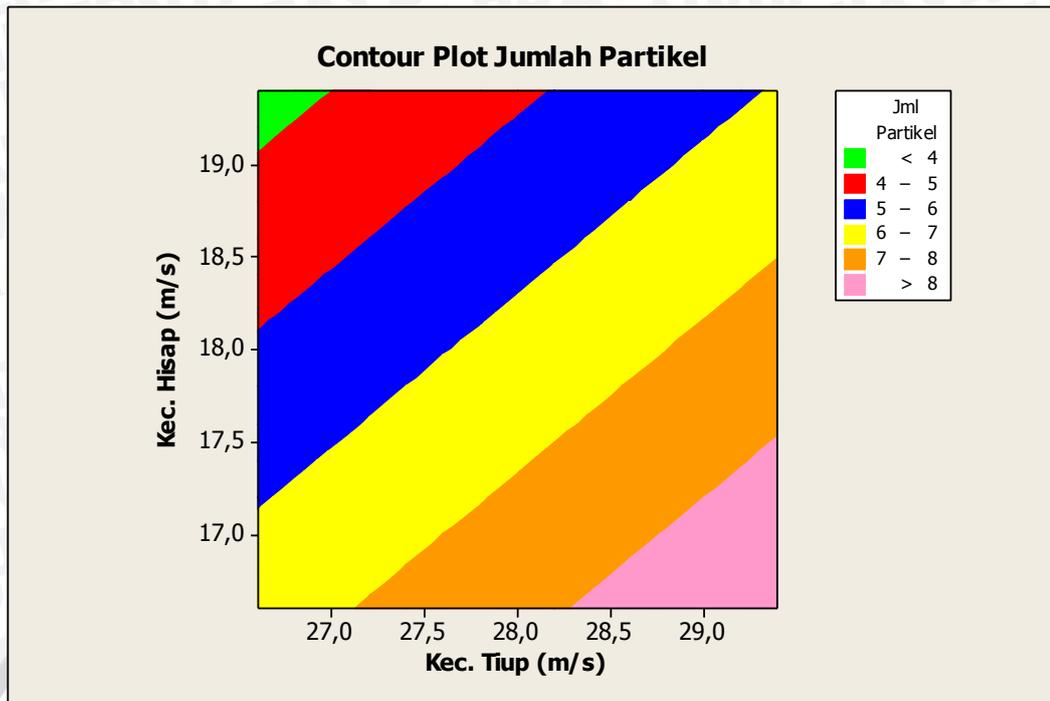
x_1 = Kecepatan Tiup

x_2 = Kecepatan Hisap

Persamaan tersebut diperoleh dari model regresi linier.

4.2.1.2 Contour Plot Model Linier

Model linier akan menghasilkan jumlah partikel yang optimal apabila kecepatan tiup pada titik yang terendah yaitu 26,6 m/s dan kecepatan hisap pada titik yang tertinggi yaitu 19,4 m/s. Hal ini disebabkan karena semakin rendah kecepatan tiup dan semakin tinggi kecepatan hisap maka akan berdampak pada jumlah partikel pada produk yang minimum. Sedangkan *counter plot* dan *surface plot* dapat dilihat melalui grafik berikut,



Gambar 4.2 *Contour Plot* dari Jumlah Partikel Pengujian Statistik Model Linier

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan tiup dan semakin tinggi kecepatan hisap maka dapat meminimumkan jumlah partikel pada produk.

4.2.2 Pengujian Statistik *Full Quadratic*

Pengujian statistik *full quadratic* dimaksudkan untuk membentuk model linier, kuadratik dan interaksi berdasarkan *central composite design* (CCD) yang terbentuk. Adapun ikhtisar hasil analisis model *full quadratic* diringkas dalam tabel berikut :

Tabel 4.5 Anova Model *Full Quadratic*

Term	Coef	SE Coef	T _{distribusi}	P
Constant	7,000	0,2566	27,283	0,000
Kec. Tiup	0,854	0,2028	4,208	0,004
Kec. Hisap	-1,030	0,2028	-5,08	0,001
Kuadrat Kec. Tiup	-0,438	0,2175	-2,011	0,084
Kuadrat Kec. Hisap	-0,688	0,2175	-3,161	0,016
Kec. Tiup*Kec. Hisap	0,000	0,2869	0,000	1,000
<i>R Square (R²)</i> = 88,91 partikel				
<i>F-distribusi Regresi</i> = 11,22 p = 0,003				
<i>F-distribusi Linier</i> = 21,76 p = 0,001				
<i>F-distribusi Quadratic</i> = 6,30 p = 0,027				
<i>F-distribusi Interaksi</i> = 0,00 p = 1,000				
<i>F-distribusi Lack of Fits</i> = 0,20 p = 0,890				

1. Koefisien Regresi Serempak

Pengujian koefisien regresi serempak digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan tiup dan kecepatan hisap secara bersama-sama terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk. Kriteria pengujian menyatakan, jika $P < level\ of\ significance\ (\alpha)$ maka terdapat pengaruh signifikan secara serempak antar variabel. Pengujian signifikansi secara serempak menghasilkan nilai $F_{hitung} = 11,22$ dengan p-value sebesar 0,003. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $p-value < level\ of\ significance\ (\alpha=5\%)$. Hal ini berarti kecepatan tiup, kecepatan hisap, serta interaksi antara kecepatan tiup dan kecepatan hisap memiliki pengaruh signifikan secara serempak (bersama-sama) terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

Hasil ANOVA model linier menunjukkan nilai F hitung = 21,76 dengan p-value sebesar 0,001. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $p-value < level\ of\ significance\ (\alpha=5\%)$. Hal ini berarti terdapat pengaruh signifikan secara serempak dari kecepatan tiup dan kecepatan hisap terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

Hasil ANOVA model kuadratik menunjukkan nilai F hitung = 6,30 dengan p-value sebesar 0,027. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $p-value < level\ of\ significance\ (\alpha=5\%)$.

significance ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh signifikan secara serempak dari kecepatan tiup dan kecepatan hisap terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

Hasil ANOVA interaksi menghasilkan nilai F hitung = 0,00 dengan p-value sebesar 1,000. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa *p-value* > *level of significance* ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti tidak ada pengaruh signifikan secara serempak.

2. Uji Koefisien Secara Individu

Pengujian koefisien secara individu digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari kecepatan tiup, kecepatan hisap, dan interaksi kecepatan tiup dengan kecepatan hisap secara individu terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

a. Uji Signifikansi Parsial Antara Kecepatan Tiup Terhadap Jumlah Partikel.

Pengujian signifikansi secara individu antara kecepatan tiup terhadap jumlah partikel menghasilkan nilai $t_{hitung} = 4,208$ dengan p-value sebesar 0,004. Hasil pengujian tersebut menunjukkan *p-value* < *level of significance* ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan kecepatan tiup terhadap Jumlah partikel yang terdapat pada produk.

b. Uji Signifikansi Parsial Antara Kecepatan Hisap Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara individu antara kecepatan hisap terhadap jumlah partikel menghasilkan nilai $t_{hitung} = -5,08$ dengan p-value sebesar 0,001. Hasil pengujian tersebut menunjukkan *p-value* < *level of significance* ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan kecepatan hisap terhadap Jumlah partikel yang terdapat pada produk.

c. Uji Signifikansi Parsial Antara Kuadrat Kecepatan Tiup Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara parsial (individu) interaksi antara kecepatan tiup dengan kecepatan tiup terhadap *Jumlah partikel* menghasilkan nilai $t_{hitung} = -2,011$ dengan p-value sebesar 0,084. Hasil pengujian tersebut menunjukkan *p-value* < *level of significance* ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara kuadrat kecepatan tiup terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

d. Uji Signifikansi Parsial Antara Kuadrat Kecepatan Hisap Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara parsial (individu) interaksi antara kecepatan hisap dengan kecepatan hisap terhadap *Jumlah partikel* menghasilkan nilai $t_{hitung} = -3,161$

dengan p-value sebesar 0,016. Hasil pengujian tersebut menunjukkan $p\text{-value} < \text{level of significance}$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara kuadrat kecepatan hisap terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

e. Uji Signifikansi Parsial Antara Kecepatan Tiup Dengan Kecepatan Hisap Terhadap Jumlah Partikel

Pengujian signifikansi secara parsial (individu) interaksi antara kecepatan tiup dengan kecepatan hisap terhadap *Jumlah partikel* menghasilkan nilai $t_{\text{hitung}} = 0,000$ dengan p-value sebesar 1,000. Hasil pengujian tersebut menunjukkan $p\text{-value} > \text{level of significance}$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan interaksi antara kecepatan tiup dengan kecepatan hisap terhadap Jumlah partikel yang dihasilkan pada produk.

3. Uji Lack Of Fits.

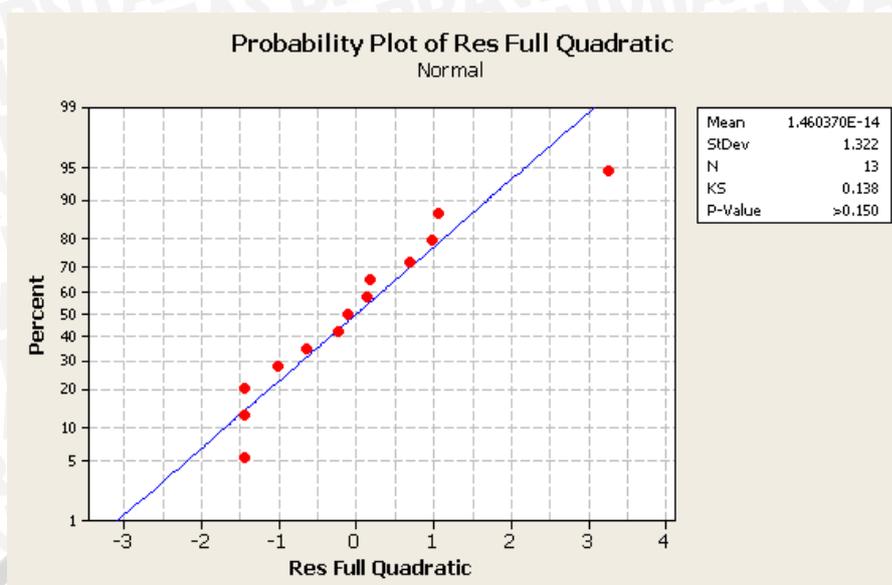
Pengujian *lack of fits* dimaksudkan untuk mengetahui apakah terdapat ketidakcocokan model yang dihasilkan dari hubungan antar variabel bebas terhadap variabel responnya. Pengujian *lack of fit* menghasilkan nilai $F_{\text{hitung}} = 0,20$ dengan p-value 0,890. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa $p\text{-value} > \text{level of significance}$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti terdapat kecocokan model yang dihasilkan dari hubungan antara kecepatan tiup, kecepatan hisap, dan interaksi antara kecepatan tiup dengan kecepatan hisap terhadap jumlah partikel yang terdapat pada produk.

4. Uji Kenormalan

Pengujian kenormalan digunakan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan dari model *full quadratic* yang terbentuk menyebar secara normal atau tidak. Hipotesis untuk uji kenormalan adalah sebagai berikut :

H_0 : Residual menyebar normal

H_1 : Residual tidak menyebar normal



Gambar 4.4 Uji Distribusi Kenormalan Residu

Pengujian kenormalan residual menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Residual dinyatakan menyebar normal apabila residual tersebut menyebar atau berada disekitar garis linier. Kriteria pengujian menyebutkan apabila nilai *p-value* dari uji Kolmogorov Smirnov bernilai $> level\ of\ significance$ ($\alpha=5\%$) maka residual yang terbentuk dari model linier menyebar normal. Pengujian kenormalan residual menghasilkan residual yang menyebar atau berada digaris liniernya, dan memiliki nilai $KS = 0,138$ dengan *p-value* sebesar 0,150. Hasil pengujian tersebut menunjukkan *p-value* $> level\ of\ significance$ ($\alpha=5\%$). Hal ini berarti residual yang terbentuk dari model linier menyebar normal. Dengan demikian asumsi kenormalan terpenuhi.

5. Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Besarnya keragaman koefisien determinasinya (R^2) yaitu sebesar 88,91%. Nilai R^2 berkisar 0-100%, semakin mendekati 100% semakin sesuai model yang digunakan. Nilai R^2 pada penelitian ini berarti kecepatan tiup, kecepatan hisap, dan interaksi antara kecepatan tiup dan kecepatan hisap berpengaruh 88,91% terhadap jumlah partikel pada produk. Sedangkan sisanya sebesar 11,09 dijelaskan oleh variabel lain yang tidak termuat dalam model.

4.2.2.1 Model Empiris

Model empiris yang dihasilkan dari optimasi central composite design model linier adalah sebagai berikut :

$$y = 7,000 + 0,854 x_1 - 1,030 x_2 - 0,438 x_1^2 - 0,688 x_2^2$$

Keterangan :

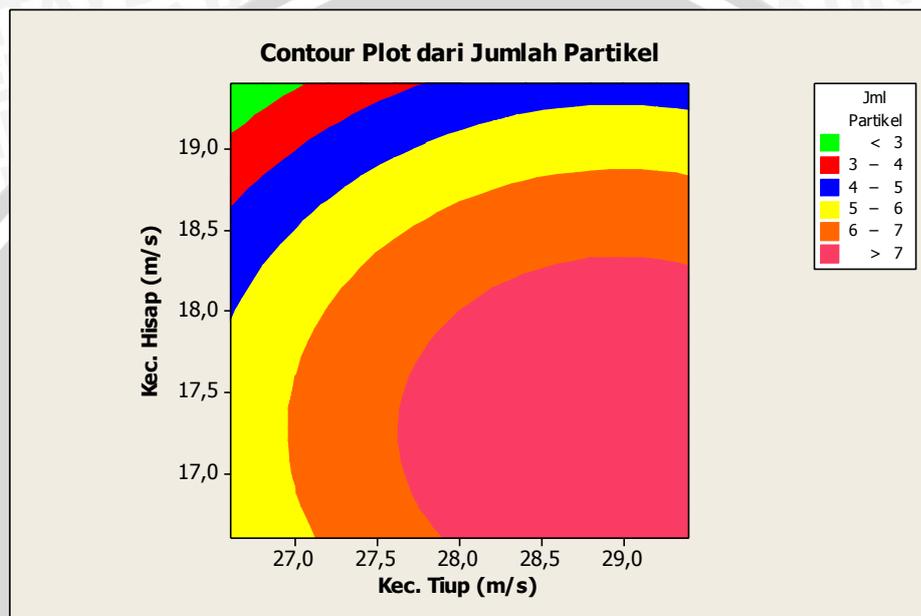
y = Jumlah Partikel

x_1 = Kecepatan Tiup

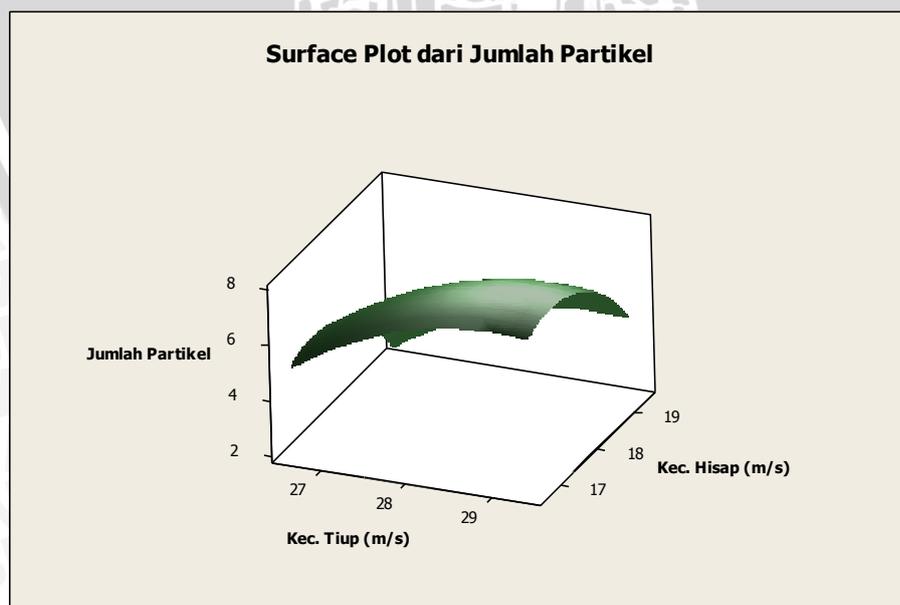
x_2 = Kecepatan Hisap

Persamaan tersebut diperoleh dari model regresi *full quadratic*.

4.2.2.2 Contour Plot dan Surface Plot Model *Full Quadratic*



Gambar 4.5 *Contour Plot* dari Jumlah Partikel



Gambar 4.6 *Surface Plot* dari Jumlah Partikel

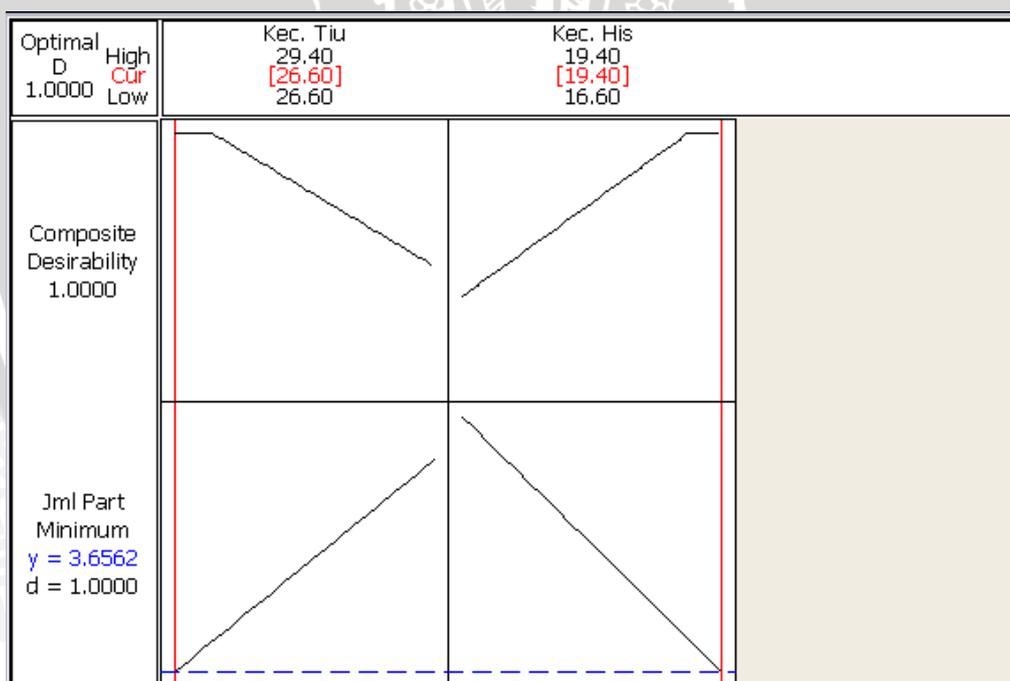
Grafik tersebut menunjukkan bahwa untuk meningkatkan jumlah partikel yang dihasilkan pada produk maka dibutuhkan pengurangan kecepatan tiup menjadi 28,975 m/s dan memperbesar kecepatan hisapnya menjadi 17,251 m/s. Dengan demikian untuk mengoptimalkan produktivitas produk *switch* D3V, kombinasi antara kecepatan hisap dan kecepatan tiup tersebut akan menghasilkan partikel pada suatu produk sebanyak 8 partikel.

4.7 Analisa dengan Pendekatan *Desirability Function*

Analisis *desirability* digunakan untuk mengetahui tingkat optimasi dimana optimalnya jumlah partikel terbentuk melalui kecepatan tiup dan kecepatan hisap yang juga optimal.

Apabila nilai desirabilitas besar atau mendekati 1 maka dinyatakan jumlah partikel telah optimal dengan kecepatan tiup dan kecepatan hisap yang juga optimal.

4.3.1 Model Linier

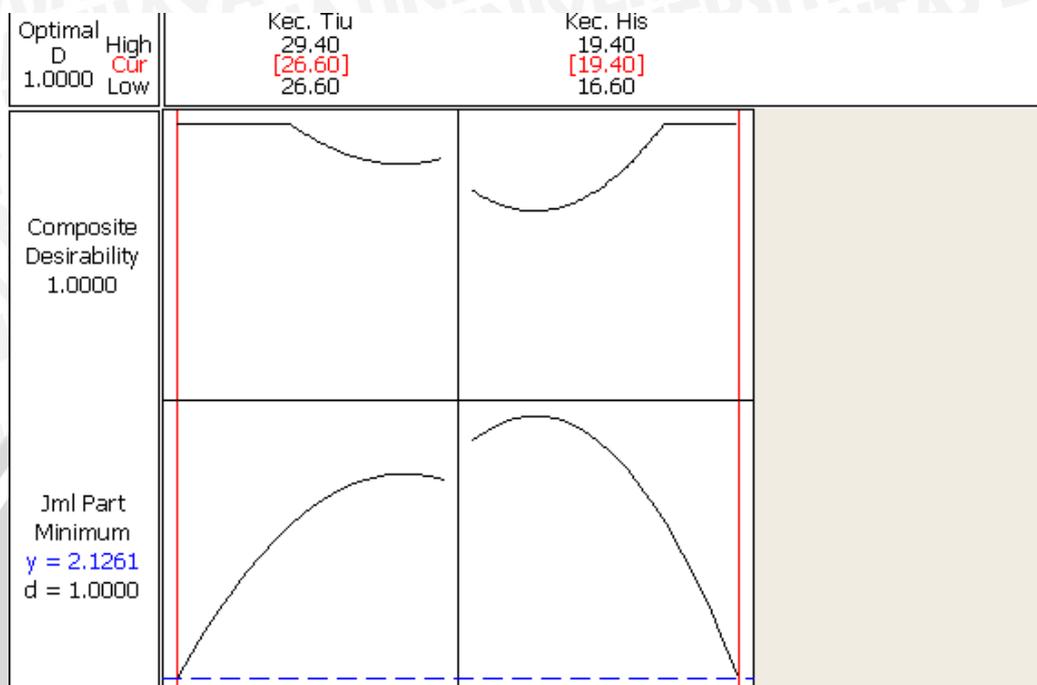


Gambar 4.7 Grafik *Desirability* Model Linier

Berdasarkan grafik *desirability* model linier di atas, terlihat bahwa optimasi jumlah partikel untuk kombinasi kecepatan tiup dan kecepatan hisap pada pengaturan *sucking blowing machine* nilai optimal *desirability* (d) sebesar satu dengan kecepatan tiup sebesar 26,6 m/s dan kecepatan hisap sebesar 19,4 m/s. kombinasi tersebut akan

menghasilkan jumlah partikel yang minimum untuk mencegah terjadinya cacat pada produk adalah sebesar 3,656 atau sama dengan 4 partikel

4.3.2 Model *Full Quadratic*



Gambar 4.8 Grafik *Desirability Model Full Quadratic*

Berdasarkan grafik *desirability* model *full quadratic* di atas, terlihat bahwa optimasi jumlah partikel untuk kombinasi kecepatan tiup dan kecepatan hisap pada pengaturan *sucking blowing machine* nilai optimal *desirability* (d) sebesar satu dengan kecepatan tiup sebesar 26,6 m/s dan kecepatan hisap 19,4 m/s. kombinasi tersebut menghasilkan nilai jumlah partikel yang minimum untuk mencegah terjadinya cacat pada produk adalah sebesar 2,126 atau sama dengan 2 partikel.

4.8 Pembahasan Variabel Eksperimen

1. Kecepatan Hisap

Kecepatan hisap berpengaruh pada saat proses hisap partikel yang terdapat pada produk. Sesuai dengan rumus :

$$Q = v \cdot A$$

Keterangan :

Q = Debit udara yang dihisap (m³/s)

v = Kecepatan hisap (m/s)

$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$

Jika kecepatan hisap tinggi dengan luas penampang yang sama, maka debit udara yang terhisap juga semakin tinggi. Sehingga akan menyebabkan partikel yang terdapat pada produk akan semakin banyak yang terangkat dan terhisap. Sebaliknya jika kecepatan hisap rendah dengan luas penampang yang sama, maka debit udara yang terhisap juga semakin rendah. Sehingga akan menyebabkan partikel yang terdapat pada produk akan semakin sedikit yang terangkat dan terhisap.

Hasil analisa dengan menggunakan *response surface method*, didapat harga kecepatan hisap yang optimal adalah pada kecepatan hisap yang maksimal yaitu 19,4 m/s. Hal ini disebabkan karena dengan kecepatan hisap yang maksimal dan luas penampang yang sama, maka debit udara yang terhisap juga akan semakin tinggi. Sehingga akan menyebabkan partikel yang terdapat pada produk akan semakin banyak yang terangkat dan terhisap sehingga akan lebih efektif untuk mengurangi jumlah partikel pada produk *switch*.

2. Kecepatan Tiup

Kecepatan tiup berpengaruh pada proses pelepasan partikel yang terdapat pada produk. Sesuai dengan rumus :

$$P = m \cdot v$$

Keterangan :

P = Momentum (Ns)

v = Kecepatan tiup (m/s)

Jika kecepatan tiup tinggi dengan massa yang sama, maka nilai momentumnya juga semakin tinggi. Sehingga akan menyebabkan partikel yang ditumbuk dan terlepas dari produk semakin banyak. Sehingga dengan begitu partikel akan banyak yang hilang dari produk.

BAB V PENUTUP

5.3 Kesimpulan

- 1 Model empiris dari prediksi nilai jumlah partikel yang optimal berdasarkan *Response surface method* adalah :

$$y = 7,000 + 0,854 x_1 - 1,030 x_2 - 0,438 x_1^2 - 0,688 x_2^2$$

- 2 Didapatkan kecepatan tiup dan kecepatan hisap yang optimal yaitu sebesar 26,6 m/s dan 19,4 m/s dengan menghasilkan jumlah partikel sebanyak 2 partikel/cm³.

5.4 Saran

- 1 Diharapkan peneliti mampu melakukan optimasi *sucking blowing machine* dengan variasi parameter yang lain sehingga akan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.
- 2 Diharapkan dilakukan penelitian cacat-cacat produk yang lain sehingga produk *switch* yang dihasilkan dapat lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Pratama, Dhea. 2012. Optimasi Temperatur, Tekanan, Dan Waktu Welding Terhadap Kerusakan Side Seam Pada Laminated Tube Pembuatan Kemasan Pasta. Malang, Universitas Brawijaya
- Albert. 2009. Studi Penerapan Response Surface Methodology (RSM) dalam Proses Pembuatan Botol untuk Peningkatan Produktivitas Produk Botol di CV.BOBOFOOD. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Alfian. 2007. Penentuan Kapasitas Optimal Produksi CPO dengan menggunakan metode goal programming pada pabrik kelapa sawit PTPN III SET Rambutan Sumatera Utara.
- Bachtiyar, Candra. 2011. Setting Parameter Mesin Press dengan Metode Respon Permukaan Pada Pabrik Kelapa Sawit. Medan
- Bradley, Nuran. 2007. The Respon Surface Methodology. Jurnal Teknologi.
- Iriawan. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Montgomery. 2001. Design and Analysis of Experimental 5th edition. John Wiley & Sons., Singapore
- Nuryanti. 2008. Metode Permukaan Respon Dan Aplikasinya Pada Optimasi Eksperimen Kimia. Jakarta.
- Reksoatmodjo, Tedjo. 2009. Statika Eksperimen Rekayasa. Refika Aditama: Bandung
- Suliyanto. 2011. Ekonometrika Terapan, ANDI Yogyakarta, Indonesia
- Suteja, Jaya. 2008. Optimasi Proses permesina Milling Fitur Pocket material baja karbon rendah menggunakan respon surface methodology, Universitas Surabaya
- Work Guidance Sheet Filter Trap Particle Data PT Omron Manufacturing Indonesia
- Anonymous 1 : en.wikipedia.org/particle counter. (diakses 14 April 2013)

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Central Composite Design*

Central Composite Design

Factors:	2	Replicates:	1
Base runs:	13	Total runs:	13
Base blocks:	1	Total blocks:	1

Two-level factorial: Full factorial

Cube points:	4
Center points in cube:	5
Axial points:	4
Center points in axial:	0

Alpha: 1.41421



Lampiran 2. Response Surface Regression Model Linier

Response Surface Regression

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Jml Partikel

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	6.3077	0.2227	28.322	0.000
Kec. Tiup	0.8536	0.2839	3.006	0.013
Kec. Hisap	-1.0303	0.2839	-3.629	0.005

S = 0.803005 PRESS = 9.68857

R-Sq = 68.95% R-Sq(pred) = 53.35% R-Sq(adj) = 62.74%

Analysis of Variance for Jml Partikel

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	14.321	14.321	7.1605	11.10	0.003
Linear	2	14.321	14.321	7.1605	11.10	0.003
Kec. Tiup	1	5.828	5.828	5.8284	9.04	0.013
Kec. Hisap	1	8.493	8.493	8.4926	13.17	0.005
Residual Error	10	6.448	6.448	0.6448		
Lack-of-Fit	6	4.448	4.448	0.7414	1.48	0.366
Pure Error	4	2.000	2.000	0.5000		
Total	12	20.769				

Unusual Observat

ions for Jml Partikel

Obs	StdOrder	Jml Partikel	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	11	8.000	6.308	0.223	1.692	2.19 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Estimated Regression Coefficients for Jml Partikel using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	6.30769
Kec. Tiup	0.853553
Kec. Hisap	-1.03033

Lampiran 3 Desirability Response Optimization Model Linier

Desirability Response Optimization Model Linier

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Jml Partikel	Minimum	4	4	8	1	1

Starting Point
 Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 16.6

Local Solution
 Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 19.4

Predicted Responses

Jml Partikel = 3.65618 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

Global Solution

Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 19.4

Predicted Responses

Jml Partikel = 3.65618 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

Optimal D	High Cur	Kec. Tiu	Kec. His
1.0000	Low	29.40 [26.60]	19.40 [19.40] 16.60

Composite Desirability 1.0000			
Jml Part Minimum $y = 3.6562$ $d = 1.0000$			

Lampiran 4 Response Surface Regression Model Full Quadratic

Response Surface Regression

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Jml Partikel

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7.00000	0.2566	27.283	0.000
Kec. Tiup	0.85355	0.2028	4.208	0.004
Kec. Hisap	-1.03033	0.2028	-5.080	0.001
Kec. Tiup*Kec. Tiup	-0.43750	0.2175	-2.011	0.084
Kec. Hisap*Kec. Hisap	-0.68750	0.2175	-3.161	0.016
Kec. Tiup*Kec. Hisap	-0.00000	0.2869	-0.000	1.000

S = 0.573701 PRESS = 5.28630

R-Sq = 88.91% R-Sq(pred) = 74.55% R-Sq(adj) = 80.98%

Analysis of Variance for Jml Partikel

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	5	18.4653	18.4653	3.69306	11.22	0.003
Linear	2	14.3211	14.3211	7.16053	21.76	0.001
Kec. Tiup	1	5.8284	5.8284	5.82843	17.71	0.004
Kec. Hisap	1	8.4926	8.4926	8.49264	25.80	0.001
Square	2	4.1442	4.1442	2.07212	6.30	0.027
Kec. Tiup*Kec. Tiup	1	0.8562	1.3315	1.33152	4.05	0.084
Kec. Hisap*Kec. Hisap	1	3.2880	3.2880	3.28804	9.99	0.016
Interaction	1	0.0000	0.0000	0.00000	0.00	1.000
Kec. Tiup*Kec. Hisap	1	0.0000	0.0000	0.00000	0.00	1.000
Residual Error	7	2.3039	2.3039	0.32913		
Lack-of-Fit	3	0.3039	0.3039	0.10131	0.20	0.890
Pure Error	4	2.0000	2.0000	0.50000		
Total	12	20.7692				

Estimated Regression Coefficients for Jml Partikel using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	7.00000
Kec. Tiup	0.853553
Kec. Hisap	-1.03033
Kec. Tiup*Kec. Tiup	-0.437500
Kec. Hisap*Kec. Hisap	-0.687500
Kec. Tiup*Kec. Hisap	-5.99072E-17

Lampiran 5 Desirability Response Optimization Full Quadratic

Desirability Response Optimization

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Jml Partikel	Minimum	4	4	8	1	1

Starting Point
 Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 16.6

Local Solution
 Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 19.4

Predicted Responses
 Jml Partikel = 2.12610 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

Global Solution
 Kec. Tiup = 26.6
 Kec. Hisap = 19.4

Predicted Responses
 Jml Partikel = 2.12610 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

