



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGUJIAN DAN PEMILIHAN PARAMETER
MESIN PRESS PANAS PNEUMATIK BERBASIS 2
CONTROL RELAY UNTUK PRODUK *CUPCAKE***

ARIS JIANTORO
NRP 2114 105 005

Dosen Pembimbing
Ir. Sampurno , MT

PROGRAM SARJANA
LABORATORIUM MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL PROJECT - TM 141585

TESTING AND SELECTION PNEUMATIC HEAT PRESS PARAMETER BASED ON 2 CONTROL RELAY FOR CUPCAKE PRODUCT

ARIS JIANTORO
NRP 2114 105 005

Academic Advisor
Ir. Sampurno , MT.

**BACHELOR DEGREE PROGRAM
MANUFACTUR LABORATORY
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGUJIAN DAN PEMILIHAN PARAMETER MESIN PRESS PANAS PNEUMATIK BERBASIS 2 CONTROL RELAY UNTUK PRODUK CUPCAKE DENGAN BANTUAN SOFTWARE MINITAB

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Aris Jiantoro

NRP : 2114 105 005

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Sampurno, MT
(NIP. 196504041989031002) (Pembimbing)
2. Dr. Ir. Bustanul Arifim Noer, M.Sc
(NIP. 195904301989031001) (Penguji 1)
3. Dinny Harnany, ST, M.Sc.
(NIP. 2100201405001) (Penguji 2)
4. Ari Kurniawan Saputra, ST, MT
(NIP.198604012015041001) (Penguji 3)

SURABAYA 2016

PENGUJIAN DAN PEMILIHAN PARAMETER MESIN PRESS PANAS PNEUMATIK BERBASIS 2 CONTROL RELAY (CR) UNTUK PRODUK CUPCAKE DENGAN BANTUAN SOFTWARE MINITAB

Nama Mahasiswa : Aris Jiantoro
NRP : 2114 105 005
Jurusan : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Ir. Sampurno, MT

ABSTRAK

Dalam memenuhi kebutuhan pasar yang menginginkan kualitas tinggi profil cupcake yang bermutu dengan harga yang ekonomis maka mesin press panas pneumatik yang dirancang dan dibuat akan di uji performance dengan bantuan cetakan cupcake. Kualitas dari mesin press panas pneumatik diharapkan dapat mengungguli produk yang sudah ada dipasaran. Selain itu dengan adanya pengujian kualitas produk ini diharapkan dapat mengungguli dari segi kualitas produk dan harga mesin press pneumatik.

Pada penelitian ini difokuskan pada evaluasi kualitas produk dan kemampuan mesin press panas pneumatik. Pengujian kualitas produk dilakukan pada kertas roti atau parchment yang dipress dengan setting tekanan kompresor 2 bar, 3 bar, 6 bar. Temperatur pemanas dipilih 100⁰C, 125⁰C, dan 150⁰C. Waktu tekan dipilih 10 detik, 15 detik, 20 detik yang disediakan oleh mesin press panas pneumatik. Serta variasi tumpukan kertas roti atau parchment dipilih 4 lembar, 7 lembar, 10 lembar. Desain eksperimen yang dipilih adalah desain eksperimen faktorial atau full faktorial. Setelah eksperimen dijalankan maka dilakukan perhitungan Anova dengan bantuan software minitab untuk mengetahui faktor-faktor yang memberikan pengaruh secara signifikan.

Hasil pada penelitian ini diketahui bahwa keseluruhan faktor memiliki pengaruh yaitu temperatur ,waktu, tekanan, dan

tumpukan, dengan nilai p-value kurang dari taraf kepercayaan 95%, yang berarti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap selisih tinggi profil cupcake. Dari hasil pengujian mesin press panas pneumatik, didapat bahwa dengan kombinasi waktu 20 detik, tekanan 2 bar, temperatur 150⁰C, serta tumpukan kertas 10 lembar dapat menghasilkan cupcake yang mendekati dimensi cetakan.

Kata kunci: Mesin Press, metode faktorial, cupcake

TESTING AND SELECTION PNEUMATIC HEAT PRESS PARAMETER BASED ON 2 CONTROL RELAY FOR CUPCAKE PRODUCT

Name of Student : Aris Jiantoro
NRP : 2111 105 005
Department : Mechanical Engineering
Counselor Lecturer : Ir. Sampurno , MT.

Abstract

To fulfill the market's demand of high quality cupcake's profile in low price, the pneumatic heat press machine which is designed and made, is had performance test using cupcake's mold. Quality of the pneumatic heat press machine is expected to outperform the existing products in the market. In addition, product quality testing is expected to outperform in terms of product quality and price of pneumatic heat press machine.

On this occasion, the research focused on product quality as well as evaluation of ability of the pneumatic heat press. In the quality product testing, the test is conducted on baking paper or parchment that is pressed by setting a pressure of 2 bar, 3 bar, 6 bar produced by compressor also selected temperature 100⁰C, 125⁰C, dan 150⁰C from heating element. Pressing time are selected 10 seconds, 15 seconds, 20 seconds that is provided by pneumatic heat press machine. Also the variation of baking paper stacked are selected 4 sheets, 7 sheets, 10 sheets. The experimental design choosen is a factorial experimental design or full factorial. Once the experiment is run, Anova Calculation using Minitab Software is held to determine the factors that influence significantly.

The result of this research is all factors have influence namely temperature, time, pressure, and stacks, with p-value is less than 95% which mean it has significant effect on height

differences of cupcake's profile. From the test result of pneumatic heat press machine, it is found that the combination of 20 seconds pressing time, 2 bar pressure, temperature 150⁰C also 10 sheets paper stacked can produce qualified cupcake's paper.

Keywords : pneumatic heat press machine, cupcake profile's height, machine performance, factorial experimental design

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Produk	5
2.2 Definisi Kualitas	6
2.2.1 Checksheet	7
2.2.2 Diagram Pareto	7
2.4.3 Diagram Cause and effect	7
2.3 Desain Eksperimen	8
2.3.1 Tujuan Desain Eksperimen	9
2.3.2 Keuntungan Desain Eksperimen	10
2.3.3 Prinsip Dasar Dalam Desain Eksperimen	10
2.3.4 Langkah – langkah dalam Desain Eksprimen	13
2.3.5 Metode Full Factorial Design	14
2.3.6 Pembuatan Model Awal Desain Faktorial	15
2.3.7 Pengujian Statistik Desain Faktorial	17
2.3.8 Main Effect Plot	18
2.4 Analisis of Variance (ANOVA)	18
2.5 Analisis Statistik Hasil Percobaan	19
2.5.1 Analisa Regresi	19

2.5.2 Pengujian Model Statistik	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Metodologi Pengerjaan Penelitian	28
3.3 Karakteristik Respon Optimal	34
3.4 Peralatan Penelitian	35
3.3 Hasil	37
BAB IV ANALISA HASIL PENGUJIAN	39
4.1 Hasil Pengujian Sementara Mesin Press panas	39
4.1.1 Data Hasil Pengujin Mesin Press panas Pneumatik	39
4.2 Analisa Regresi	44
4.3 Pengujian Model Statistik	45
4.3.1 Koefisien Determenasi Berganda	45
4.4 Pengujian Koefisien Regresi	45
4.4.1 Secara Individu	45
4.4.2 Secara Serentak	46
4.4.3 Analisa Residual	46
4.5 Pengujian Range Test	49
4.3.1 Uji Range Test Terhadap Variabel Waktu	49
4.3.1 Uji Range Test Terhadap Variabel Tumpukan	52
4.3.1 Uji Range Test Terhadap Variabel Temperatur	55
4.3.1 Uji Range Test Terhadap Variabel Tekanan	58
4.6 Biaya produksi cupcake	61
BAB V KESIMPULAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Road Map Mesin Press Panas	2
Gambar 2.1 Model Desain Eksperimen.....	8
Gambar 3. 1Digram Alir Penelitian	27
Gambar 3. 2Pengukuran Profil Kertas	31
Gambar 3. 3Mesin Press Panas	36
Gambar 3. 1a) Cetakan Atas b) Cetakan bawah.....	37
Gambar 4.1Grafik residual terhadap data observasi	47
Gambar 4. 2Garfik residual terhadap probabilitas normal	27

DAFTAR TABEL

Gambar 1.1 Road Map Mesin Press Panas	2
Gambar 2.1 Model Desain Eksperimen.....	8
Gambar 3. 1Digram Alir Penelitian	27
Gambar 3. 2Pengukuran Profil Kertas	31
Gambar 3. 3Mesin Press Panas	36
Gambar 3. 1a) Cetakan Atas b) Cetakan bawah.....	37
Gambar 4.1Grafik residual terhadap data observasi	47
Gambar 4. 2Garfik residual terhadap probabilitas normal	27

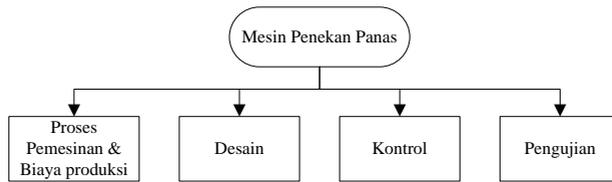
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak kita melihat roti kukus atau kue kering yang menarik dipasar ataupun toko kue. Banyaknya kue yang dikonsumsi semakin banyak pula kebutuhan akan *cupcake* yang berfungsi sebagai wadah atau alas dari kue tersebut. Industri *cupcake* ini merupakan peluang bisnis yang prospektif, karena saat ini banyak industri kue skala rumah tangga, sehingga kebutuhan akan *cupcake* cukup banyak selain itu biaya yang digunakan untuk bahan baku dan proses produksi cukup murah sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat pada khususnya dan negara pada umumnya.

Dalam memenuhi kebutuhan pasar yang menginginkan kualitas *cupcake* yang bermutu tinggi dengan harga yang ekonomis maka mesin press panas yang dirancang dan dibuat akan di uji kualitasnya. Kualitas dari mesin press panas diharapkan nantinya dapat mengungguli / menyaingi produk yang sudah ada dipasaran. Selain itu dengan adanya pengujian kualitas ini diharapkan nantinya dapat mengungguli dari segi kualitas dan harga yang ekonomis. Dengan adanya pengujian kualitas produk kita dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari mesin press panas serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menghasilkan produk yang berkualitas. *Roadmap* tugas akhir mesin press panas dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Road Map Mesin Press Panas

1.2 Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini permasalahan yang dibahas adalah

1. Bagaimana pengaruh parameter temperatur, tekanan, waktu dan tumpukan kertas terhadap kualitas produk *cupcake* yang dihasilkan dari mesin press panas ?
2. Bagaimana cara menentukan pemilihan parameter yang menguntungkan agar diperoleh produk yang baik ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh hubungan variabel temperatur , tekanan, waktu dan tumpukan kertas sehingga diperoleh perumusan empiris hubungan antara keempat variabel tersebut dengan tinggi profil setelah kertas *dipress* terlebih dahulu.
2. Untuk menentukan pemilihan parameter yang menguntungkan agar diperoleh produk yang baik

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah

1. Bentuk cetakan dari mesin press panas diasumsikan sama dengan contoh produk *cupcake* yang ada dipasaran
2. Pembahasan tidak meliputi desain dan perhitungan dimensi mesin.
3. Pembahasan hanya pada pengujian mesin press panas .
4. Penelitian difokuskan pada temperatur, tekanan, waktu dan tumpukan kertas pada produk *cupcake* dari mesin press panas ini.
5. Perhitungan dibantu dengan software yang digunakan Minitab 16
6. Faktor-faktor yang tidak diteliti dianggap konstan dan tidak berpengaruh terhadap hasil pengujian.

1.5 Manfaat

Dalam tugas akhir ini, manfaat yang ingin dicapai adalah

1. Menghasilkan produk yang mempunyai kualitas sama baiknya dengan produk dipasaran
2. Memberikan kesempatan bagi *home industry* / industri kecil untuk lebih berkembang dan memberikan kontribusi bagi perusahaan yang ingin memproduksinya

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

▪ **BAB I**

Bab I menjelaskan tentang umum, latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

- **BAB II**

Bab II berisi tentang tinjauan pustaka yang mendukung dalam penulisan Tugas Akhir ini yaitu mengenai pengujian mesin press panas.

- **BAB III**

Bab III ini menjelaskan tentang metodologi penelitian yang mencakup studi literature, studi lapangan, pengujian alat, hasil analisa uji alat, diagram alir penelitian, bahan yang digunakan, alat ukur yang digunakan, prosedur percobaan dan percobaan pengukuran.

- **BAB IV**

Bab IV ini menjelaskan tentang pengujian mesin press panas , dan data percobaan dan analisa data hasil percobaan.

- **BAB V**

Bab V berisi tentang kesimpulan dari analisa data dan saran yang dapat mendukung maupun menyempurnakan hasil Tugas Akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada penyelesaian bab yang membahas tentang teori – teori pustaka ini, penulis banyak menggunakan teori penunjang serta referensi dari hasil dan penelitian sebelumnya, yang nantinya akan digunakan sebagai referensi yang meliputi teori pengujian yang digunakan sebagai dasar pengujian mesin press panas. Beberapa penelitian terdahulu Arianto, Andreas[1] pembuatan dan pengujian mesin emboss kain untuk daun tiruan dengan sistem pneumatik. Cahyo, Imam[2] Usulan kombinasi faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata ekspose dengan metode perancangan eksperimen. Danny[3] Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses injeksi dengan menggunakan *full factorial design*. Trinovinty Dewi, Lydea[4] Penentuan kombinasi komposisi paving dengan menggunakan *full factorial design*. Dwi Hastana, Bobby[5] Studi banding kualitas dan kuantitas mesin *hot press* berbasis kontrol relay dan kontrol plc untuk produk souvenir.

2.1 Produk

Produk adalah sesuatu yang ditawarkan oleh perusahaan kepada konsumen guna memenuhi kebutuhan dan memuaskan konsumen (Cannon dkk, 2008:285). Definisi lain produk adalah produk adalah semua hal yang dapat ditawarkan kepada pasar untuk menarik perhatian, akuisisi, penggunaan, atau konsumsi yang dapat memuaskan suatu keinginan atau kebutuhan (Kotler dan Armstrong, 2008:266). Menurut Laksana (2008:67), produk adalah segala sesuatu baik yang bersifat fisik maupun nonfisik yang dapat ditawarkan kepada konsumen untuk memenuhi segala keinginan dan

kebutuhannya. Sedangkan Kotler dan Keller (2009:4) mendefinisikan produk adalah sesuatu yang dapat ditawarkan kepada pasar untuk memuaskan suatu keinginan atau kebutuhan, termasuk barang fisik, jasa, pengalaman, acara, orang, tempat, properti, organisasi, informasi dan ide. Juga menurut Daryanto (2013:52), produk adalah segala sesuatu yang dapat ditawarkan ke pasar untuk mendapatkan perhatian, dibeli, dipergunakan atau dikonsumsi dan yang dapat memuaskan keinginan atau kebutuhan. Konsep lain produk adalah apapun yang dapat ditawarkan pada pasar untuk memuaskan keinginan atau kebutuhan merek (Widiyono dan Pakkanna, 2013:137).

2.2 Definisi Kualitas

Arti kata kualitas menurut beberapa ahli, sebagai berikut :

1. Menurut Mitra (1998)

Kualitas suatu produk atau jasa tidak lain adalah kesesuaian suatu produk ataupun jasa sehingga diharapkan dapat mencapai tujuan yang tepat dan sesuai penggunaannya seperti yang diinginkan oleh konsumen

2. Menurut Feigenbaum (1991)

Kualitas merupakan gabungan dari semua karakteristik yang ada dalam produk dan jasa mulai dari pemasaran, rekayasa, pembuatan dan pemeliharaan yang membuat produk dan jasa yang digunakan dapat memenuhi harapan-harapan konsumennya.

Kualitas produk biasanya diukur berdasarkan karakteristiknya. Hal tersebut disebabkan oleh produk merupakan gambaran mengenai keinginan dan harapan dari konsumen terhadap produk tersebut. Ada tiga tipe karakteristik kualitas yaitu :

1. *Smaller is better*

Semakin kecil nilai yang didapat semakin bagus hasil yang dicapai.

2. *Nominal is best*
Tertuju pada target tertentu.
3. *Largest is better*
Semakin besar nilai yang didapat semakin bagus hasil yang dicapai.

Untuk mengendalikan kualitas diperlukan alat-alat pengendalian proses statistik yang dapat membantu dalam memahami, mengembangkan dan memperbaiki proses. Alat pengendalian statistik yang digunakan antara lain *checksheet*. Kendali, *scatter plot* dan digram alir.

2.2.1 *Checksheet*

Checksheet digunakan sebagai alat bantu memudahkan proses pengumpulan data. Bentuk dan isi dari *checksheet* dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang ada.

2.2.2 Diagram *Pareto*

Diagram *Pareto* digunakan untuk menemukan dan mengetahui masalah sehingga dapat dilakukan langkah – langkah penyelesaiannya. Diagram *Pareto* dapat membantu melihat penyebab permasalahan yang paling dominan.

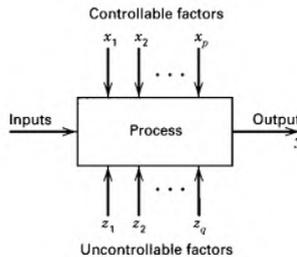
2.2.3 Diagram *Cause and effect*

Diagram ini digunakan untuk menentukan jenis kecacatan yang terjadi dan penyebab-penyebabnya untuk material, machines, methods, personel dan invorment. Digram ini berguna untuk mengaalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dan menentukan karakteristik kualitas output kerja. Selain dapat juga mencari penyebab-penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah.

2.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen berguna untuk mempertahankan atau meningkatkan produk diperlukan pengukuran dan penentuan parameter-parameter terbaik /optimal dengan melakukan perancangan eksperimen. Definisi perancangan eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (Sudjana,1991). Perancangan eksperimen juga dapat diartikan suatu percobaan atau serangkaian percobaan dimana penyesuaian-penyesuaian tertentu dilakukan terhadap variabel *input* proses atau sistem sehingga dapat diteliti dan diidentifikasi sebab sebab perubahan dari variabel *output* (Montgomery, D.C., 1997).

Eksperimen merupakan tes atau sekumpulan tes yang membuat perubahan- perubahan yang berguna terhadap variabel *input* dari suatu proses atau sehingga kita dapat mengamati dan mengidentifikasi alasan-alasan perubahan tersebut yang dapat diamati pada respon *output*. Eksperimen memiliki peranan penting dalam perancangan produk baru, pengembangan proses manufaktur, dan peningkatan proses. Secara umum, eksperimen digunakan untuk mempelajari performansi proses dan sistem . Proses yang terjadi dalam desain eksperimen dapat digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model Desain Eksperimen

Beberapa istilah dalam desain eksperimen, antara lain :

- **Unit eksperimen**
Unit eksperimen adalah unit dasar dimana ukuran respon dikumpulkan.
- **Faktor**
Faktor adalah tipe kondisi dalam eksperimen yang bisa diubah ubah. Faktor bersifat kuanlitatif.
- **Level**
Level atau sering disebut level faktor adalah cara atau mode berbeda suatu faktor. Apabila faktor bersifat kualitatif, maka level bersifat kuantitatif.
- **Perlakuan**
Perlakuan (*treatment*) adalah kombinasi level pada faktor berbeda
- **Replikasi**
Replikasi suatu perlakuan adalah banyaknya perulangan unit eksperimen pada perlakuan tertentu.

2.3.1 Tujuan Desain Eksperimen

Desain suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Meskipun demikian, dalam rangka usaha mendapatkan semua informasi yang berguna itu, hendaknya desain dibuat sesederhana mungkin. Penelitian hendaknya dilakukan seefisien mungkin untuk menghemat waktu, biaya, tenaga, dan bahan yang digunakan. Data yang diperoleh berdasarkan desain yang demikian akan dapat cepat dianalisis disamping bersifat ekonomis. Jadi jelas bahwa desain eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum.

2.3.2 Keuntungan Desain Eksperimen

Beberapa keuntungan desain eksperimen di antaranya:

1. Berguna untuk mengidentifikasi variabel keputusan yang tidak hanya menjaga agar proses tetap terkontrol, namun juga meningkatkan proses tersebut.
2. Dalam mengembangkan proses-proses baru di mana data historis tidak tersedia, desain eksperimental dapat mengidentifikasi faktor-faktor penting dan level-levelnya yang akan memaksimalkan hasil dan mengurangi biaya.

2.3.3 Prinsip Dasar Dalam Desain Eksperimen

Sebelum memberikan penjelasan mengenai prinsip dasar dalam desain eksperimen, terlebih dahulu akan dijelaskan pengertian tentang perlakuan, unit eksperimen dan kekeliruan eksperimen.

1. Perlakuan

Perlakuan diartikan sekumpulan kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam ruang lingkup desain yang dipilih. Perlakuan ini bisa berbentuk tunggal atau terjadi dalam bentuk kombinasi. Efek perlakuan-perlakuan terhadap variabel respon mungkin saja terjadi dalam bentuk gabungan atau bentuk kombinasi beberapa perlakuan tunggal yang terjadi secara bersamaan.

2. Unit eksperimen

Unit eksperimen merupakan unit yang dikenai perlakuan tunggal (mungkin merupakan gabungan beberapa faktor) dalam sebuah replikasi eksperimen dasar.

3. Kekeliruan eksperimen

Kekeliruan eksperimen menyatakan kegagalan dari dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberikan hasil yang sama. Hal ini bisa terjadi karena kekeliruan waktu menjalankan eksperimen kekeliruan pengamatan, variabel bahan eksperimen variasi antar unit eksperimen dan pengaruh gabungan semua faktor tambahan yang mempengaruhi karakteristik yang sedang dipelajari. Kekeliruan eksperimen hendaknya diusahakan agar terjadi sekecil-kecilnya. Cara yang dapat ditempuh untuk menguranginya antara lain dengan menggunakan bahan eksperimen yang homogen, menggunakan informasi yang sebaik-baiknya tentang variabel yang telah ditentukan dengan tepat, melakukan eksperimen seteliti-telitinya, dan menggunakan desain eksperimen yang lebih efisien.

Ketiga prinsip dasar dalam desain eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Replikasi

Replikasi diartikan sebagai pengulangan eksperimen dasar. Replikasi ini diperlukan karena beberapa alasan antara lain:

- a. Memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang selang kepercayaan atau dapat digunakan sebagai “satuan dasar pengukuran” untuk penetapan taraf signifikan daripada perbedaan-perbedaan yang diamati.
- b. Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.
- c. Memungkinkan kita untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata suatu faktor.

Peningkatan jumlah perulangan dapat mengurangi variansi dari estimasi efek *treatment* dan lebih mampu mendeteksi perbedaan-perbedaan dari *treatment*, Perulangan memiliki dua karakteristik penting, yaitu:

- Perulangan memungkinkan peneliti mendapatkan suatu perkiraan *error* eksperimental. Perkiraan *error* ini menjadi unit dasar pengukuran untuk menentukan perbedaan-perbedaan yang diamati pada data benar-benar berbeda secara statistik.
- Apabila rata-rata sampel digunakan untuk mengestimasi efek dari suatu faktor dalam eksperimen perulangan akan membantu peneliti untuk memperoleh perkiraan yang lebih tepat mengenai efek ini.

2. Pengacakan

Pengacakan di dalam desain eksperimen diperlukan untuk memperkecil adanya koreksi antar pengamatan, Pengacakan juga berfungsi untuk menghilangkan bias dari data. Prinsip ini berpedoman pada prinsip sampel acak yang diambil dari sebuah populasi atau berpedoman pada perlakuan acak terhadap unit eksperimen maka pengujian dapat dijalankan seakan-akan asumsi yang diambil telah terpenuhi.

3. Kontrol lokal

Kontrol lokal merupakan sebagian dari pada keseluruhan prinsip desain yang harus dilaksanakan. Biasanya merupakan usaha-usaha yang berbentuk penyeimbangan. Pemblokkan dan pengelompokan unit-unit eksperimen yang digunakan unit eksperimen ke dalam blok sehingga unit-unit dalam blok secara relatif bersifat homogeny, sedangkan sebagian besar dari variasi yang dapat diperkirakan diantara unit-unit telah baur dengan blok. Pengelompokan diartikan sebagai

penempatan sekumpulan unit eksperimen yang homogen kedalam kelompok-kelompok agar kelompok yang berbeda memungkinkan untuk mendapatkan perlakuan yang berbeda pula.

2.3.4 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,. Dari permasalahan yang ada, kemudian dibuat suatu pernyataan yang tepat mewakili permasalahan agar memperoleh penyelesaian yang tepat.

2. Memilih Variabel Respons

Tahap kedua adalah menetapkan variabel respon. Variabel respon adalah variabel dependen, yaitu variabel yang dipengaruhi oleh level faktor atau kombinasi level faktor.

3. Menentukan Faktor dan level

Tahap selanjutnya adalah menentukan faktor dan level faktor dalam suatu eksperimen. Peneliti harus pula menentukan cara mengendalikan faktor dan cara mengukurnya. Tahap ini memerlukan pengetahuan yang lebih mengenai permasalahan yang akan diteliti agar faktor dan level yang ditentukan tidak menyimpang jauh dari hasil yang diinginkan.

4. Memilih Metode Desain Eksperimen

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

5. Melaksanakan Percobaan

Selama eksperimen dilakukan, proses harus diamati dengan cermat agar eksperimen berjalan sesuai rencana. Sebelum percobaan dilakukan terlebih dahulu dibuat rancangan percobaan.

6. Menganalisis 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 residual dan uji kecukupan model. Analisis data merupakan tahap penting dalam desain eksperimen dan dapat digunakan sebagai dasar membuat suatu keputusan dan pernyataan yang tepat.

7. Membuat Suatu Keputusan

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

2.3.5 Metode *Full Factorial Design*

Metodologi faktorial (*Full Factorial methodology*) adalah suatu metode statistika dan matematika yang berguna untuk menganalisa permasalahan tentang variabel bebas yang

mempengaruhi variabel tak bebas atau respon. Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih. Desain faktorial memungkinkan peneliti melakukan kombinasi antar level faktor. Rancangan faktorial terdiri dari k faktor, dimana setiap faktor dibatasi oleh p level. Jumlah percobaan (*run*) yang diperlukan untuk *Factorial Design*. Pada penelitian kali ini menggunakan 4 faktor dimana tiap faktor memiliki 3 level dengan cukup 1 kali replikasi. Langkah langkah untuk menganalisa *full factorial design* dilakukan pengujian statistik dengan ANOVA dan *main effect plot*

2.3.6 Pembuatan Model Awal Desain Faktorial

Dari hasil percobaan didapat tabel ANOVA ehingga koefisien dari masing masing variabel dapat diketahui. Kemudian model awal dibentuk dengan menggunakan koefisien koefisien variabel., baik yang signifikan maupun yang tidak signifikan. Mode awal untuk eksperimen dapat dilihat dari contoh untuk *full factorial* desain berikut ini:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_1 + B_1 + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + BD_{jl} + CD_{kl} + ABC_{ijk} + ACD_{ijk} + BCD_{jkl} + ABD_{ijl} + ABCD_{ijkl} + E_{ijkl} \dots(2.1)$$

Keterangan :

Y_{ijkl} = variabel respon hasil yang terjadi karena pengaruh level I dari faktor A, level j dari faktor B, level k dari faktor C dan level l dari faktor D

M = Rata-rata

A_i = efek level ke i faktor A

B_j = efek level ke j faktor B

C_k	= efek level k faktor C
D_l	= efek level l faktor D
AB_{ij}	= efek interaksi antara level ke i faktor A dan level ke j faktor B
AC_{ik}	= efek interaksi antara level ke I faktor A dan level ke k faktor C
BC_{jk}	= efek interaksi antara level ke j faktor B dan level ke k faktor C
BD_{jl}	= efek interaksi antara level ke k faktor C dan level ke l faktor D
CD_{kl}	= efek interaksi antara level ke k faktor C dan level ke l faktor D
ABC_{ijk}	= efek interaksi antara level ke i faktor A, level ke j faktor B dan level ke k faktor C
ACD_{ikl}	= efek interaksi antara level ke i faktor A, level ke k faktor C dan level ke l faktor D
BCD_{jkl}	= efek interaksi antara level ke j faktor B, level ke k faktor C dan level ke l ke D
ABD_{ijl}	= efek interaksi antara level ke I faktor A, level ke j faktor B dan level ke l faktor D
$ABCD_{ijkl}$	= efek interaksi antara level ke I faktor A, level ke j faktor B, level ke k faktor C dan level k l dan faktor D
E_{ijkl}	= <i>error</i>

2.3.7 Pengujian Statistik Desain Faktorial

Pengujian dilakukan dengan menggunakan ANOVA seperti dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Susunan Tabel ANOVA untuk faktor

Sumber Variasi	SS	df	MS	F_0
A	SS_A	2	SS_A/df	MS_A/SS_E
B	SS_B	2	SS_B/df	MS_E/SS_E
.
Interaksi 2 faktor				
AB	SS_{AB}	4	SS_{AB}/df	MS_{AB}/SS_E
AC	SS_{AC}	4	SS_{AC}/df	MS_{AC}/SS_E
.
JK	SS_{JK}	4	SS_{JK}/df	MS_{JK}/SS_E
B	SS_B	2	SS_B/df	MS_E/SS_E
.
Interaksi 3 faktor				
ABC	SS_{ABC}	8	SS_{ABC}/df	MS_{ABC}/SS_E
ABD	SS_{ABD}	8	SS_{ABD}/df	MS_{ABD}/SS_E
.
IJK	SS_{IJK}	8	SS_{IJK}/df	MS_{IJK}/SS_E
Interaksi 4 faktor				
ABCD	SS_{ABCD}	16	SS_{ABCD}/df	MS_{AB}/SS_E
Error	SS_E	$4k(n-1)$	SS_E/df	MS_E
Sumber Variasi	SS	df	MS	F_0
Total	SS_T	$(4k.n)-1$		

2.3.8 Main Effect Plot

Main Effect Plot digunakan untuk mengetahui pengaruh yang utama saja. *main effect plot* digunakan untuk mengetahui level mana yang paling berpengaruh dari masing-masing faktor. *Main effect plot* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara nilai respon dengan level-level dari faktor yang ada. Melalui *main effect plot* dapat diketahu level mana yang terbaik diantara level-level yang ada. Misalnya untuk respon *lower the better* maka level mana yang memiliki nilai respon yang paling kecil/rendah adalah level yang terbaik.

2.4 Analisis of Variance (ANOVA)

Analisis ini berguna untuk melihat signifikansi faktor terhadap suatu respon tertentu. Jadi dengan anova dapat diketahui apakah suatu faktor mempunyai pengaruh terhadap respon tertentu atau tidak

Perhitungan *Mean Of Square (MS)*

Mean Squares atau rata-rata jumlah kuadrat diperoleh dengan cara membagi jumlah kuadrat dengan derajat kebebasan yang sesuai.

$$MS = \frac{SS}{df} \quad \dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

MS = *Mean Of Square* tiap faktor

df = *degree of freedom I* (derajat kebebasan)

Perhitungan F-ratio

Uji ini dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan-perbedaan yang secara signifikan pada faktor-faktor dan interaksi antar faktor

$$F_{ratio} = \frac{MS}{M_{error}} \quad \dots(2.3)$$

2.5 Analisis Statistik Hasil Percobaan

Analisis statistik yang tepat sangat diperlukan untuk pengambilan keputusan. Saat ini permasalahan-permasalahan statistika tidak lagi menjadi masalah yang rumit karena seiring dengan perkembangan teknologi computer, pekerjaan statistik sangat terbantu dengan adanya program aplikasi computer untuk statistik. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak *Minitab16* untuk membantu dalam analisa statistik.

2.5.1 Analisa Regresi

Tahap pertama dalam metode eksperimen faktorial adalah mencari fungsi hubungan antara variabel respon dan variabel bebas yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya dibuat model regresi. Untuk memilih model yang paling sesuai biasanya diperiksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu) atau model polynomial. Apabila dalam system terdapat pola tidak linier, maka model yang tepat adalah model polynomial orde tinggi. Secara umum bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad \dots(2.4)$$

Dengan :

Y = Variabel Respon

β_0 = Intersep

- β_I = Koefisien parameter model
 X_I = Nilai koding variabel bebas
 ε = Residual dengan asumsi IIDN (0 , σ^2)

Untuk taksiran orde pertama adalah :

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i \quad \dots(2.5)$$

Dengan :

- \hat{Y} = Nilai taksiran
 b_0 = Konstanta
 b_i = Taksiran parameter
 X_i = Variabel bebas

Sedangkan persamaan untuk model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad \dots(2.6)$$

Pendugaan untuk model orde kedua dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad \dots(2.7)$$

$$i < j$$

jika k = 4 penduga untuk model orde kedua menjadi

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4 \quad \dots (2.8)$$

Untuk dapat mengestimasi kontribusi pengaruh dari setiap faktor pada respon sehingga akurasi model yang digunakan dapat ditentukan dapat digunakan *Analisis Of Variance* (ANOVA) yang merupakan teknik perhitungan secara kuantitatif. Tabel ANOVA ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 ANOVA

Sumber Variasi	db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F_{ratio}
Regresi	k	$SS_R = b'X'Y - n\bar{Y}^2$	$MS_R = \frac{SS_R}{k}$	$\frac{MS_R}{MS_E}$
Residual	n-k-1	$SS_R = Y'Y - b'X'Y$	$MS_R = \frac{SS_E}{(n-k-1)}$	
<i>Lack of fit</i>	n-k-1- n_e	$SS_{LOF} = SS_E - SS_{PE}$	$MS_{LOF} = \frac{SS_{LOF}}{(n-k-1-n_e)}$	$\frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}}$
<i>Pure error</i>	n_e	$SS_{PE} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (Y_{ij} - \bar{Y})_j^2$	$MS_{PE} = \frac{SS_{PE}}{(n_e)}$	
Total	n-1	$SS_T = Y'Y - n\bar{Y}^2$		

Keterangan :

n_e = (banyak pengulangan) - 1

k = banyak variabel prediktor

n = banyak pengamatan

Total variasi dari datadinyatakan dengan *Total Sum Square* (SS_T). SS_T sendiri adalah SS_R , yaitu total variasi dari regresi yang dihasilkan, dan SS_E , yaitu total variasi yang tidak terhitung (*error*). SS_E terbagi kedalam SS_{PE} (*pure error*), yaitu total variasi yang didapat dari replikasi dan SS_L (*lack of fit*) yang menyatakan variasi ketidakcukupan model. Harga SS_{PE}

merupakan total varians dari data yang direplikasi. Derajat kebebasan dari SS_{PE} merupakan total jumlah data yang direplikasi dan bergantung pada jumlah replikasi, sedangkan SS_L merupakan selisih SS_E dengan SS_{PE} .

2.5.2 Pengujian Model Statistik

Beberapa pengujian model statistik yang lazim digunakan adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Kesesuaian Model

Pengujian model meliputi pengujian terhadap adanya *lack of fit*. Tujuan pengujian *lack of fit* pada pendugaan model, serta pengujian koefisien determinasi (R^2)

Pengujian *lack of fit*

Pengujian model orde satu atau orde kedua dapat dilakukan dengan menggunakan uji *lack of fit* adalah untuk mengetahui kesesuaian model yang dihasilkan. Hipotesa dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

H_0 : Tidak ada *lack of fit* dalam model

H_1 : Ada *lack of fit* dalam model

Statistik uji adalah :

$$F_{rasio} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}} \quad \dots(2.9)$$

Uji *lack of fit* untuk orde pertama ditunjukkan dalam Tabel 2.2 . Daerah penolakan yaitu tolak H_0 apabila $F_{rasio} > F_{(\alpha, n-k-1, ne, ne)}$, yang berarti ada ketidaksesuaian (*lack of fit*) antara model yang diduga dengan model sebenarnya.

Pengujian Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) adalah suatu nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh antara dua variabel (variabel X dan Y). Nilai koefisien determinasi menunjukkan presentase total variasi nilai variabel dependen (Y) yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Koefisien determinasi nilainya terletak antara $0 < R^2 < 1$. Semakin besar nilai R^2 , semakin besar pula pengaruh semua variabel X terhadap variabel Y. Misalnya R^2 dari hasil perhitungan adalah 0,87 atau 87% maka berarti total variasi nilai Y yang dapat dijelaskan oleh model persamaan regresi adalah 87% dan sisanya yaitu 13% adalah variasi nilai variabel Y yang dipengaruhi oleh variabel lain yang berada diluar model

b. Pengujian Koefisien Regresi

Pengujian koefisien regresi dapat dilakukan secara serentak dan individu

Pengujian Koefisien Regresi Secara Individu

Pengujian parameter secara individu digunakan untuk mengetahui seberapa besar sumbangan tiap-tiap parameter variabel bebas terhadap terjadinya perubahan pada variabel respon Y dalam model. Hipotesanya adalah :

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

Statistik uji : $t = \frac{b_i}{s(b_i)}$ dengan b_i adalah taksiran β_i sedangkan $s(b_i)$ dirumuskan dengan :

$$s(b_j) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad \dots\dots(2.10)$$

penolakan hipotesis dilakukan jika $[t_{hit}] > t_{n-k-1, \alpha/2}$

Pengujian Koefisien Regresi Secara Serentak

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter regresi secara serentak adalah sebagai berikut :

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } j = 1, 2, \dots, k$$

Statistik uji yang digunakan :

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R / k}{SS_E / (N-1-k)} \quad \dots\dots(2.11)$$

Daerah penolakan yaitu H_0 pada tingkat signifikansi α apabila $F_{hitung} > F_{(\alpha, k, n-1-k)}$, yang berarti secara statistik variabel variabel X memberikan sumbangan yang cukup berarti dalam model.

c. Pengujian Koefisien Regresi

Residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$. dalam analisis regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat bebas satu sama lain (independen), mempunyai mean nol dan varians yang konstan σ^2 (identik), serta berdistribusi normal atau $\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$. Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi tersebut apakah terpenuhi atau tidak.

Pengujian Independen

Uji independen digunakan untuk menjamin bahwa pengamatan telah dilakukan secara acak, yang berarti antar pengamatan tidak ada korelasi (independen). Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan menggunakan plot ACF (*Auto Correlation Function*). Residual bersifat independen jika nilai korelasi berada dalam interval $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$

Pengujian Identik

Pengujian varian identic bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama. Hal ini dilakukan dengan memeriksa plot e_i terhadap \hat{Y}_i (secara visual). Jika penyebaran datanya acak (menyebar disekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu, maka asumsi identik terpenuhi.

Pengujian Distribusi Normal

Normal probability plot pada *software Minitab 16* menyatakan probabilitas dari residual suatu respon, selain itu dengan *Kolmogorov- Smirnov test* juga dapat digunakan dalam pengujian kenormalan residual. Hipotesa yang digunakan adalah :

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal

Terima H_0 apabila $P_{value} > \alpha$

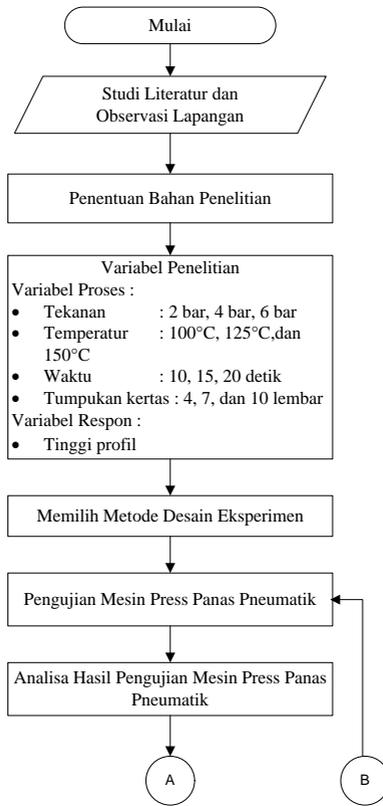
Halaman ini sengaja dikosongkan

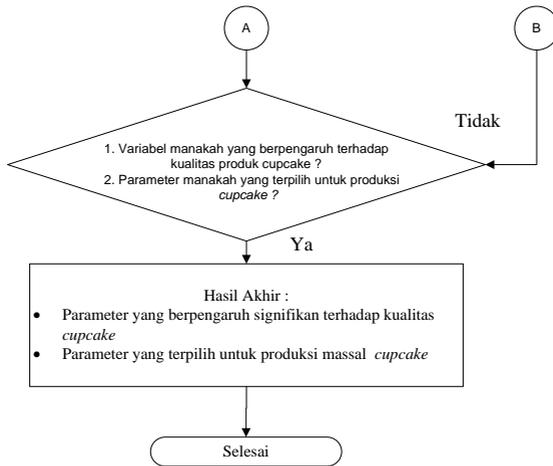
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses pengujian dari mesin press panas pneumatik ini, maka pada penelitian ini digunakan suatu diagram alir. Diagram Alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Pengerjaan Penelitian

Proses dalam menyelesaikan penelitian ini melalui beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir, yaitu sebagai berikut:

a. Studi Literatur dan Observasi Lapangan

Pada studi literatur meliputi kegiatan mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan jenis kertas sebagai produk dari mesin press panas pneumatik. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya adalah buku/ *text book*, diktat yang mengacu pada referensi, publikasi-publikasi ilmiah, tugas akhir yang berkaitan, serta media internet yang

bertujuan untuk mengetahui analisa pengaruh variabel yang digunakan sehingga menghasilkan produk yang berkualitas.

Observasi lapangan dilakukan bersama-sama dengan studi literatur, karena memiliki keterkaitan satu sama lain. Observasi lapangan meliputi, mengamati dan mempelajari secara lebih detail jenis kertas yang digunakan untuk proses pembuatan *cupcake*.

b. Penentuan Bahan Penelitian

Setelah dilakukan studi literature dan observasi lapangan adalah penentuan bahan produk *cupcake* mesin press panas pneumatik. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas roti. Informasi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 3.1 .

Tabel 3.1 Spesifikasi Kertas Roti

<i>Property</i>	<i>Unit</i>	<i>Typical value</i>
<i>Grammage</i> <i>Tolerance +/-5%</i>	g/m ²	45
<i>Thickness</i>	Micron (μ)	55
<i>Brightness</i>	%	79
<i>Breaking load</i>	da/N15mm	5.5
<i>Elongation</i>	%	1.8
<i>Dry Burst (index)</i>		4
<i>Water absorptiveness Cobb60</i>	g/m ²	14
<i>Bendtsen Smoothness</i>	ml/mn	300

c. Memilih Variabel Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari hasil eksperimen. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan, dan nilainya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, serta hasilnya diketahui setelah melaksanakan percobaan. Variabel respon pada penelitian ini adalah Y : tinggi profil *cupcake* (mm). Yij kualitas diperlukan untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan mesin press panas .

2. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel proses yang dapat dikendalikan dan besarnya dapat ditentukan, berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Serta menggunakan dasar penelitian terdahulu. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah :

- a. Tekanan
- b. Temperatur
- c. Waktu
- d. Tumpukan kertas

d. Memilih Metode Desain Eksperimen

Metode desain eksperimen harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan permasalahan yang ada. Dalam penelitian ini digunakan metode desain faktorial. Metode faktorial adalah suatu metode statistika dan matematika yang berguna untuk menganalisa permasalahan tentang variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas atau respon. Metode ini dipilih karena dapat digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih

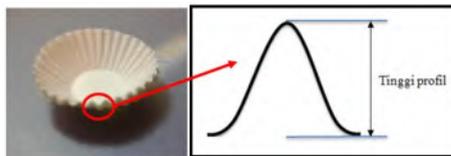
e. Pengujian Mesin Press Panas Pneumatik

Mesin yang sudah dibuat akan diuji coba pada kertas yang menjadi produk dari mesin press panas ini. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan beberapa lembar kertas yang

berbentuk lingkaran, kedalam cetakan yang berbentuk *cupcake*. Hal ini juga melihat dari *setting* parameter yang ada yaitu temperatur, tekanan, waktu dan tumpukan kertas.

Berikut adalah prosedur pengambilan data penelitian pada mesin press panas pneumatik :

- Penyelesaian bahan penelitian, meliputi penyesuaian ukuran bahan penelitian, dan pengurutan tumpukan kertas. Setelah bahan penelitian telah siap *punch* dan *dies* dibersihkan dari debu dan kotoran lain yang bisa mengganggu proses pengujian dengan kertas tissue dan tinner
- Menghidupkan mesin mesin press panas .
- Memasukkan setting parameter tekanan pada regulator, mengatur temperatur pada elemen pemanas, kemudian mengatur holding time dan selanjutnya mempersiapkan tumpukan kertas. Kombinasi parameter yang dilakukan saat pengujian sesuai dengan rancangan desain eksperimen faktorial.
- Setelah parameter tercapai, kemudian meletakkan bahan penelitian pada dies yang tersedia pada mesin press panas pneumatik.
- Setelah seluruh proses pengujian telah selesai, bahan penelitian dikeluarkan dari mesin.
- Kemudian tumpukan kertas yang telah dilakukan percobaan dengan mesin press panas, kemudian dilakukan pengukuran dari tinggi profil kertas. Pengukuran tinggi profil *cupcake* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pengukuran profil kertas

- Setelah dilakukan proses pengukuran pada tinggi profil *cupcake* kemudian dilakukan pengujian kembali sesuai dengan kombinasi selanjutnya pada desain eksperimen faktorial

Untuk pengambilan data diperlukan tabel rancangan eksperimen hal ini berguna agar data dapat dikelompokkan dan mudah untuk diolah. Tabel rancangan eksperimen untuk 4 faktor 3 level dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel Rancangan Eksperimen

		Temperatur 1				
		Waktu 1	Waktu 2	Waktu 3			
Tekanan 1	Tumpukan 1						
	Tumpukan 2						
	Tumpukan 3						
Tekanan 2	Tumpukan 1						
	Tumpukan 2						
	Tumpukan 3						
Tekanan 3	Tumpukan 1						
	Tumpukan 2						
	Tumpukan 3						

f. Analisa Hasil Pengujian Mesin Press Panas

Dari proses pengujian tersebut akan dapat dianalisa hasil pengujian dari mesin press panas dengan bantuan *software minitab* 16, dengan memperhatikan *setting* parameter temperatur, tekanan, waktu dan tumpukan kertas akan dapat dianalisa faktor-

faktor yang mempengaruhi kualitas produk kertas dari mesin press panas ini. Pada proses analisa hasil pengujian, ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu :

1. Pembuatan Model Awal Desain Faktorial

Dari hasil percobaan didapat tabel ANOVA sehingga koefisien dari masing masing variabel dapat diketahui. Kemudian model awal dibentuk dengan menggunakan koefisien koefisien variabel., baik yang signifikan maupun yang tidak signifikan. Model awal untuk eksperimen dapat dilihat pada persamaan 2.1

2. Pengujian Statistik Desain Faktorial

Setelah eksperimen dijalankan maka dilakukan perhitungan Anova dengan bantuan software minitab 16.

3. Analisis Statistik Hasil Percobaan

Analisis statistik yang tepat sangat diperlukan untuk pengambilan keputusan. Tahap pertama dalam analisa statistik adalah :

- Analisa Regresi

metode eksperimen faktorial ini adalah mencari fungsi hubungan antara variabel respon dan variabel bebas yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya dibuat model regresi.

4. Pengujian Model Statistik

Pengujian model statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Pengujian Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) adalah suatu nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh antara dua variabel (variabel X dan Y).

- Pengujian Koefisien Regresi

Pengujian koefisien regresi dapat dilakukan secara serentak dan individu.

- Pengujian Koefisien Regresi Secara Individu
 - Pengujian Koefisien Regresi Secara Serentak
- Analisa Residual
- Residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$. dalam analisis regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat bebas satu sama lain (independen), mempunyai mean nol dan varians yang konstan σ^2 (identik), serta berdistribusi normal atau $\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$. Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi tersebut apakah terpenuhi atau tidak.

5. Uji Range Test

Pengujian Range Test ini digunakan untuk pemilihan parameter terbaik, yang nantinya akan digunakan sebagai setting parameter untuk produksi *cupcake* yang berkualitas.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penelitian ini yaitu :

1. Pembahasan tidak mencakup seluruh proses pemesinan, kontrol, *hardware* dan *software*.
2. Penelitian hanya difokuskan pada parameter yang telah dipilih yaitu temperature, tekanan, waktu dan tumpukan kertas
3. *Punch* dan *dies* berbentuk *cupcake*.

3.3 Karakteristik Respon Optimal

Karakteristik respon optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah semakin kecil semakin baik. Karakteristik ini berlaku untuk selisih tinggi profil cetakan dengan tinggi profil kertas sesudah *dipress*. Hal ini dilihat dengan *critical to quality* yaitu

melihat selisih antara tinggi profil cetakan dengan tinggi profil kertas sesudah diproses. Nilai selisih kertas yang paling minimum adalah yang paling diinginkan (*smaller is better*).

3.4 Peralatan Penelitian

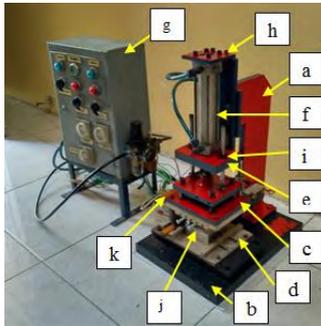
Peralatan yang digunakan secara garis besar meliputi mesin press panas, peralatan ukur, dan peralatan bantu.

▪ Mesin press panas

Mesin ini memiliki komponen antara lain :

- a. Kerangka yang berfungsi untuk mendukung peralatan dimana pembuatan kerangka dengan menggunakan proses pemesinan.
- b. Alas dari mesin press panas (*base plate*)
- c. *Pusher plate*
- d. *Adjustable A holder* dan *Top Adjustable CA holder*
- e. *Sliding plate*
- f. *Cylinder pneumatic*
- g. Perangkat elektronik (*control panel*) yang berfungsi untuk mengatur setting parameter dari temperatur, tekanan dan waktu.
- h. Baut dan mur
- i. Bantalan / *bearing* yang menggunakan *linear bearing*
- j. Cetakan produk (*dies punch*) yang berfungsi sebagai setting parameter untuk tumpukan kertas
- k. Alat pemanas / *heater* yang berfungsi untuk memanaskan cetakan kemas kue agar bentuknya sesuai dengan kontur dan *dies-punch-nya*, bagian diantaranya yaitu *top heater cover*, *bottom heater cover*, alas untuk dies dan alas untuk *punch cupcake*

Bentuk keseluruhan mesin press panas pneumatik dapat dilihat pada gambar 3.3.

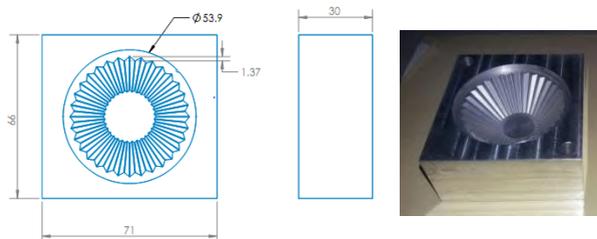


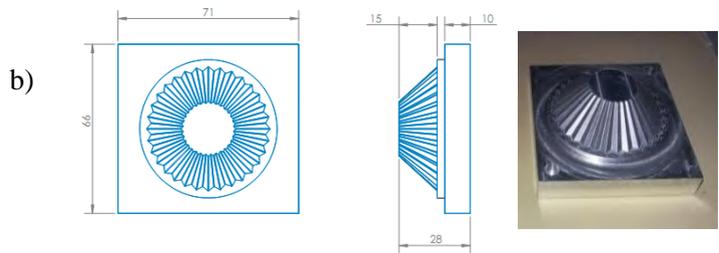
Gambar 3.3 Mesin Press Panas

- **Cetakan Mesin Press**

Berikut adalah gambar dan dimensi dari cetakan mesin press panas yang digunakan untuk membuat *cupcake* dapat dilihat pada gambar 3.4.

a)





Gambar 3.4. a) Cetakan Atas , b) Cetakan Bawah

- **Peralatan Ukur**

- a. Mikrometer (*Soft Sensor*)

Pengukuran tinggi profil kertas pada penelitian ini menggunakan mikrometer *soft sensor* Pengukuran dilakukan pada profil *cupcake*.

- **Peralatan Bantu**

- a. Tang cucut

Tang Cucut digunakan untuk mengambil bahan penelitian berupa kertas setelah mesin *mengepress* kertas dengan temperatur yang telah ditentukan.

3.5 Hasil Produk

Produk yang telah dipress dengan berbentuk *cupcake*. yang terbuat dari kertas. Gambar hasil produk dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hasil Produk

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA HASIL PENGUJIAN

4.1 Hasil Pengujian Mesin Press Panas Pneumatik

4.1.1 Data Hasil Pengujian Mesin Press Panas Pneumatik

Pengujian kualitas produk ini dilakukan dengan cara melihat selisih tinggi profil *cupcake* yang dihasilkan dengan dimensi tinggi profil cetakan mesin press panas pneumatik dengan pengaruh keempat variabel. Pengukuran tinggi profil kertas *cupcake* dilakukan dengan pengaruh empat variabel yaitu temperatur, tekanan, waktu, dan tumpukan kertas. Pada tiap variabel memiliki 3 level besaran. Pada variabel.tekanan dipilih 2 bar, 3 bar, 6 bar yang dihasilkan dari kompresor. Temperature dipilih 100⁰C, 125⁰C, dan 150⁰C dari elemen pemanas. Waktu tekan dipilih 10 detik, 15 detik, 20 detik yang disediakan oleh mesin press panas pneumatik. Serta variasi tumpukan kertas roti dipilih 4 lembar, 7 lembar, 10 lembar. Data hasil pengukuran tinggi profil *cupcake* dengan pengaruh keempat variabel dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran tinggi profil dengan pengaruh keempat variabel

Temperature (°C)	Waktu (detik)	Tekanan (bar)	tumpukan kertas (lembar)	tinggi profil (mm)	Selisih (mm)
100	10	2	4	1.00	0.38
100	10	2	7	1.10	0.27
100	10	2	10	1.17	0.20
100	10	4	4	1.01	0.36
100	10	4	7	1.08	0.29
100	10	4	10	1.09	0.28
100	10	6	4	0.95	0.43
100	10	6	7	0.96	0.41
100	10	6	10	1.06	0.31
100	15	2	4	1.06	0.31
100	15	2	7	1.12	0.24

100	15	2	10	1.12	0.25
100	15	4	4	1.03	0.34
100	15	4	7	1.07	0.30
100	15	4	10	1.13	0.24
100	15	6	4	1.01	0.36
100	15	6	7	1.10	0.27
100	15	6	10	1.09	0.28
100	20	2	4	1.05	0.32
100	20	2	7	1.14	0.23
100	20	2	10	1.24	0.14
100	20	4	4	0.99	0.38
100	20	4	7	1.17	0.20
100	20	4	10	1.14	0.23
100	20	6	4	1.03	0.35
100	20	6	7	1.14	0.24
100	20	6	10	1.19	0.18
125	10	2	4	1.11	0.26
125	10	2	7	1.18	0.19
125	10	2	10	1.20	0.17
125	10	4	4	1.05	0.32
125	10	4	7	1.04	0.32
125	10	4	10	1.05	0.32
125	10	6	4	0.83	0.54
125	10	6	7	1.08	0.29
125	10	6	10	1.12	0.25
125	15	2	4	1.00	0.37
125	15	2	7	1.12	0.25
125	15	2	10	1.22	0.15
125	15	4	4	0.97	0.40
125	15	4	7	1.00	0.37
125	15	4	10	1.14	0.23
125	15	6	4	1.20	0.17
125	15	6	7	1.11	0.26
125	15	6	10	1.25	0.12
125	20	2	4	1.16	0.21
125	20	2	7	1.21	0.16
125	20	2	10	1.22	0.15
125	20	4	4	1.08	0.29
125	20	4	7	1.15	0.22
125	20	4	10	1.24	0.13
125	20	6	4	0.99	0.38
125	20	6	7	1.13	0.24
125	20	6	10	1.18	0.19

150	10	2	4	1.28	0.09
150	10	2	7	1.29	0.07
150	10	2	10	1.33	0.04
150	10	4	4	1.15	0.23
150	10	4	7	1.29	0.08
150	10	4	10	1.36	0.01
150	10	6	4	1.25	0.13
150	10	6	7	1.12	0.25
150	10	6	10	1.26	0.11
150	15	2	4	1.07	0.30
150	15	2	7	1.14	0.23
150	15	2	10	1.29	0.08
150	15	4	4	1.04	0.33
150	15	4	7	1.17	0.20
150	15	4	10	1.26	0.12
150	15	6	4	1.11	0.26
150	15	6	7	1.20	0.17
150	15	6	10	1.33	0.04
150	20	2	4	1.16	0.21
150	20	2	7	1.31	0.06
150	20	2	10	1.28	0.09
150	20	4	4	1.15	0.22
150	20	4	7	1.16	0.22
150	20	4	10	1.24	0.13
150	20	6	4	1.19	0.19
150	20	6	7	1.34	0.03
150	20	6	10	1.32	0.05

Dari hasil pengujian dengan variabel temperatur menggunakan 100°C , 125°C , dan 150°C , pada variabel tekanan menggunakan 2 bar, 4 bar, dan 6 bar, variabel waktu menggunakan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik. Tumpukan kertas menggunakan 4 kertas, 7 kertas, 10 kertas. Maka data anova dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Anova Mesin Press Panas Pneumatik

		Temperatur 100°C			Temperatur 125°C			Temperatur 150°C		
Waktu (detik)		10	15	20	10	15	20	10	15	20
Tekanan 2 bar	Tumpukan 4 lembar	0,38	0,31	0,32	0,26	0,37	0,21	0,09	0,30	0,21
	Tumpukan 7 lembar	0,27	0,24	0,23	0,19	0,25	0,16	0,07	0,23	0,06
	Tumpukan 10 lembar	0,20	0,25	0,14	0,17	0,15	0,15	0,04	0,08	0,09
Tekanan 4 bar	Tumpukan 4 lembar	0,36	0,34	0,38	0,32	0,40	0,29	0,23	0,33	0,22
	Tumpukan 7 lembar	0,29	0,30	0,20	0,32	0,37	0,22	0,08	0,20	0,22
	Tumpukan 10 lembar	0,28	0,24	0,23	0,32	0,23	0,13	0,01	0,12	0,13
Tekanan 6 bar	Tumpukan 4 lembar	0,43	0,36	0,35	0,54	0,17	0,38	0,13	0,26	0,19
	Tumpukan 6 lembar	0,41	0,27	0,24	0,29	0,26	0,24	0,25	0,17	0,03
	Tumpukan 10 lembar	0,31	0,28	0,18	0,25	0,12	0,19	0,11	0,04	0,05

Dari data selisih tinggi profil *cupcake* tersebut, kemudian dilakukan perhitungan anova untuk mengetahui pengaruh setiap variabel. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* minitab. Hasil perhitungan anova sebagai dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 perhitungan anova dengan *software* minitab

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
temperatur	2	0.303692	0.303692	0.151846	42.57	0.000
waktu	2	0.035869	0.035869	0.017935	5.03	0.013
tekanan	2	0.037382	0.037382	0.018691	5.24	0.011
tumpukan kertas	2	0.242956	0.242956	0.121478	34.06	0.000
temperatur*waktu	4	0.045482	0.045482	0.011371	3.19	0.026
temperatur*tekanan	4	0.014578	0.014578	0.003645	1.02	0.411
temperatur*tumpukan kertas	4	0.002818	0.002818	0.000705	0.20	0.938
waktu*tekanan	4	0.054290	0.054290	0.013573	3.81	0.012
waktu*tumpukan kertas	4	0.010176	0.010176	0.002544	0.71	0.589
tekanan*tumpukan kertas	4	0.000896	0.000896	0.000224	0.06	0.992
temperatur*waktu*tumpukan kertas	8	0.027976	0.027976	0.003497	0.98	0.469
waktu*tekanan*tumpukan kertas	8	0.008282	0.008282	0.001035	0.29	0.964
Error	32	0.114132	0.114132	0.003567		
Total	80	0.898531				

S = 0.0597212 R-Sq = 87.30% R-Sq(adj) = 68.24%

Hipotesis yang digunakan adalah

1. Untuk taraf faktor temperatur
 $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } \tau \text{ tidak sama dengan } 0$
2. Untuk taraf faktor waktu
 $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } \beta \text{ tidak sama dengan } 0$
3. Untuk taraf faktor tekanan :
 $H_0 : \zeta_1 = \zeta_2 = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } \zeta \text{ tidak sama dengan } 0$
4. Untuk taraf faktor tumpukan :
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } \mu \text{ tidak sama dengan } 0$
5. Untuk interaksi temperatur dengan waktu
 $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\tau\beta) \text{ tidak sama dengan } 0$
6. Untuk interaksi temperatur dengan tekanan
 $H_0 : (\tau\zeta)_{ik} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\tau\zeta) \text{ tidak sama dengan } 0$
7. Untuk interaksi temperatur dengan tumpukan
 $H_0 : (\tau\mu)_{il} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\tau\mu) \text{ tidak sama dengan } 0$
8. Untuk interaksi waktu dengan tekanan
 $H_0 : (\beta\zeta)_{jk} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\beta\zeta) \text{ tidak sama dengan } 0$
9. Untuk interaksi waktu dengan tumpukan
 $H_0 : (\beta\mu)_{jl} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\beta\mu)_{jl} \text{ tidak sama dengan } 0$
10. Untuk interaksi tekanan dengan tumpukan
 $H_0 : (\zeta\mu)_{kl} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\zeta\mu) \text{ tidak sama dengan } 0$
11. Untuk interaksi temperatur, waktu dan tumpukan
 $H_0 : (\beta\tau\mu)_{ijl} = 0$
 $H_1 : \text{salah satu } (\beta\tau\mu) \text{ tidak sama dengan } 0$

12. Untuk interaksi waktu, tekanan dan tumpukan

$$H_0 : (\tau\zeta\mu)_{jkl} = 0$$

H_1 : salah satu $(\tau\zeta\mu)$ tidak sama dengan 0

Penerimaan dan penolakan H_0 didasarkan atas nilai p-value dan α . H_0 akan gagal ditolak bila p-value lebih besar dari alfa dan akan ditolak bila p-value lebih kecil daripada alfa. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa setiap faktor yaitu temperatur, waktu, tekanan dan tumpukan kertas, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap selisih tinggi profil *cupcake*. Selain itu ada interaksi yang signifikan antara temperatur dengan waktu kemudian waktu dengan tekanan.

4.2 Analisa Regresi

Dari hasil analisa regresi dengan menggunakan software minitab, didapat tampilan pada minitab persamaan regresi sebagai berikut :

```
The regression equation is
selisih = 0.769 - 0.00285 temperatur - 0.00430 waktu +
0.00974 tekanan
          - 0.0223 tumpukan kertas
```

```
S = 0.0665831   R-Sq = 62.5%   R-Sq(adj) = 60.5%
```

Diketahui bahwa persamaan regresi dengan nilai R-square = 62.5%. Hal ini menunjukkan bahwa data dapat diterima atau 62.5% data akurat, sehingga persamaan regresi tersebut menjelaskan 62.5% data yang ada. Diantara model regresi yang lain, model regresi sederhana yang mendapat nilai R-square yang tinggi.

4.3 Pengujian model Statistik

4.3.1 Koefisien Determinasi Berganda

Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang telah dibuat. Jadi koefisien determinasi adalah nilai R^2 dimana korelasi berganda antara variabel dependen Y_i dengan himpunan variabel independen X_i , harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq R^2 \leq 1$.

Dilihat dari hasil perhitungan di minitab didapatkan R^2 bernilai 62.5 % ini menunjukkan data yang dihasilkan percobaan adalah akurat.

4.4 Pengujian Koefisien Regresi

4.4.1 Secara Individu

Pengujian koefisien secara individu ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar sumbangan tiap-tiap parameter variabel bebas terhadap terjadinya perubahan pada variabel respon. Hipotesa untuk pengujian nyata beberapa koefisien regresi secara individu adalah sebagai berikut :

1. $P \text{ value} < \alpha$: hipotesa nol ($H_0 : \beta_1 = 0$) ditolak berarti variabel bebas X_1 memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.
2. $P \text{ value} > \alpha$: hipotesa nol ($H_0 : \beta_1 = 0$) diterima berarti variabel bebas X_1 tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

Dari software minitab hasil pengujian serentak dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan Anova Koefisien Regresi Secara Individu

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.76858	0.06018	12.77	0.000
temperatur	-0.0028517	0.0003624	-7.87	0.000
waktu	-0.004300	0.001812	-2.37	0.020
tekanan	0.009736	0.004530	2.15	0.035
tumpukan kertas	-0.022301	0.003020	-7.38	0.000

Berdasarkan hasil pengujian koefisien secara individu ini dapat diketahui bahwa empat variabel yaitu temperatur, waktu, tekanan dan tumpukan kertas, memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai koefisien

4.4.2 Secara Serentak

Dari software minitab hasil pengujian serentak dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan Anova Koefisien Regresi Secara Serentak

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	0.56160	0.14040	31.67	0.000
Residual Error	76	0.33693	0.00443		
Total	80	0.89853			

Diketahui bahwa $P \text{ value} < \alpha$. Berarti seluruh proses ada pengaruh terhadap variabel secara signifikan. Jadi pengujian uji serentak ini digunakan untuk mengetahui adanya variabel memberi pengaruh atau tidak.

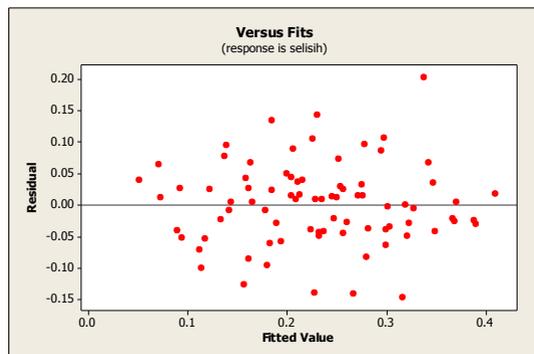
4.4.3 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$. dalam analisis

regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat bebas satu sama lain (independen), mempunyai mean nol dan varians yang konstan σ^2 (identik). Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi tersebut apakah terpenuhi atau tidak.

Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot e dengan Y prediksi (\hat{Y}_i) dimana apabila sebaran plotnya menyebar secara random dan tidak membentuk pola tertentu maka dapat dikatakan residual telah memenuhi asumsi identik.

Untuk mengetahui data hasil pengujian memenuhi asumsi identik atau tidak. Hal tersebut dapat diketahui dengan menggunakan *scatter plot* pada *software* minitab. *Scatter plot* digunakan untuk mengetahui hubungan grafik residual terhadap dataobservasi pada tinggi profil *cupkace*

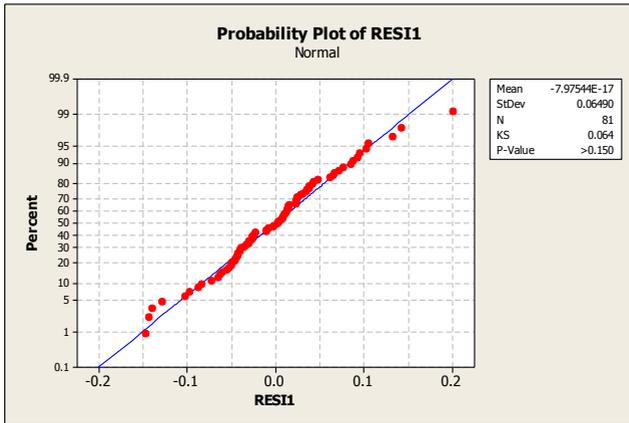


Gambar 4.1 Grafik residual terhadap dataobservasi pada tinggi profil *cupkace*

Terlihat pada gambar 4.1 plot residual dan observasi data pada taraf kepercayaan 95%. Dari grafik diatas terlihat plot data

menyebar sehingga dikatakan model regresi memenuhi syarat identik

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normalitas atau *normality plot* pada *software* minitabdimana pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.



Gambar 4.2 Grafik residual terhadap probabilitas normal pada tinggi profil *cupcake*

Terlihat pada gambar 4.2 hasil observasi terletak disekitar garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal. Sehingga diperoleh persamaan regresi hubungan antara variabel temperatur (X_1), waktu (X_2), tekanan (X_3), dan tumpukan kertas (X_4) dengan tinggi profil (Y) adalah sebagai berikut :

$$Y = -0.0831 + 0.00285 X_1 + 0.00430 X_2 + 0.00974 X_3 - 0.0223 X_4$$

4.5 Pengujian Range Test

Pengujian Range Test ini digunakan untuk pemilihan parameter terbaik, yang nantinya akan digunakan sebagai setting parameter untuk produksi *cupcake* yang berkualitas.

4.5.1 Uji Range Test Terhadap Variabel Waktu

Pengujian ini dilakukan untuk memilih parameter waktu yang terbaik, yang nantinya digunakan sebagai setting parameter produksi *cupcake*. Data variabel waktu dari hasil pengukuran tinggi profil dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data variabel waktu dari hasil pengukuran tinggi profil

waktu		
10 detik (W ₁)	15 detik (W ₂)	20 detik (W ₃)
0.38	0.31	0.32
0.27	0.24	0.23
0.2	0.25	0.14
0.36	0.34	0.38
0.29	0.3	0.2
0.28	0.24	0.23
0.43	0.36	0.35
0.41	0.27	0.24
0.31	0.28	0.18
0.26	0.37	0.21
0.19	0.25	0.16
0.17	0.15	0.15
0.32	0.4	0.29
0.32	0.37	0.22
0.32	0.23	0.13

0.54	0.17	0.38
0.29	0.26	0.24
0.25	0.12	0.19
0.09	0.3	0.21
0.07	0.23	0.06
0.04	0.08	0.09
0.23	0.33	0.22
0.08	0.2	0.22
0.01	0.12	0.13
0.13	0.26	0.19
0.25	0.17	0.03
0.11	0.04	0.05

Ada beberapa tahap yang dilakukan, untuk mendapatkan pemilihan waktu terbaik, tahap pertama adalah mencari nilai rata-rata dari tiap level. Kemudian menyusun nilai dari yang terkecil ke terbesar

20 detik (W ₃)	10 detik (W ₁)	15 detik (W ₂)
0.20	0.24	0.25

Tahap kedua menghitung anova dari data tersebut

Sumber	df	SS	MS	F
Waktu	2	0.0358	0.0179	5.03
Error	32	0.1141	0.0035	
Total	80	0.8985		

Kemudian ambil nilai MSe dan dfnya

MS	0.0035
df	32

Tahap ketiga menghitung nilai ST eror mean

$$ST_{\text{eror mean}} = \sqrt{\frac{0.0035}{27}} = 0.011386$$

Tahap keempat lihat tabel dengan df = 32 untuk mendapatkan nilai range (P)

2	3
2.88	3.03

Tahap kelima menghitung nilai LSR pada setiap range (P)

$$\text{Pada P2} = 2.88 \times 0.011386 = 0.0327$$

$$\text{Pada P3} = 3.03 \times 0.011386 = 0.0344$$

Kemudian melakukan uji range dari jarak terbesar hingga jarak yang terkecil dan uji hasilnya

Pada range P=2

$$W_1 - W_3 = 0.04$$

$$W_2 - W_1 = 0.01 \quad > \quad 0.0327$$

Dari hasil pada range P=2 maka didapat :

$$\overline{W_1} \quad \overline{W_2} \quad \overline{W_3}$$

Pada range P=3

$$W_2 - W_3 = 0.05 \quad > \quad 0.0344$$

Dari hasil pada range P=3 maka didapat:

$$\overline{W_1} \quad \overline{W_2} \quad \overline{W_3}$$

Dari ketiga variasi waktu, yang paling direkomendasikan atau yang dilihat adalah W_3 yaitu 20 detik karena nilai selisih tinggi profilnya paling berbeda dengan yang lainnya.

4.5.2 Uji Range Test Terhadap Variabel Tumpukan

Pengujian ini dilakukan untuk memilih parameter tumpukan yang terbaik, yang nantinya digunakan sebagai setting parameter produksi *cupcake*. Data variabel tumpukan dari hasil pengukuran tinggi profil dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data variabel tumpukan dari hasil pengukuran tinggi profil

Tumpukan		
4 Lembar (L_1)	7 lembar (L_2)	10 lembar (L_3)
0.38	0.27	0.2
0.31	0.24	0.25
0.32	0.23	0.14
0.26	0.19	0.17
0.37	0.25	0.15
0.21	0.16	0.15
0.09	0.07	0.04
0.3	0.23	0.08
0.21	0.06	0.09
0.36	0.29	0.28
0.34	0.3	0.24
0.38	0.2	0.23
0.32	0.32	0.32
0.4	0.37	0.23
0.29	0.22	0.13

0.23	0.08	0.01
0.33	0.2	0.12
0.22	0.22	0.13
0.43	0.41	0.31
0.36	0.27	0.28
0.35	0.24	0.18
0.54	0.29	0.25
0.17	0.26	0.12
0.38	0.24	0.19
0.13	0.25	0.11
0.26	0.17	0.04
0.19	0.03	0.05

Ada beberapa tahap yang dilakukan, untuk mendapatkan pemilihan tumpukan terbaik, tahap pertama adalah mencari nilai rata-rata dari tiap level. Kemudian menyusun nilai dari yang terkecil ke terbesar

10 lembar (L ₃)	7 lembar (L ₂)	4 lembar (L ₁)
0.20	0.24	0.25

Tahap kedua menghitung anova dari data tersebut

Sumber	df	SS	MS	F
Tumpukan	2	0.0358	0.01214	34.03
Eror	32	0.1141	0.0035	
Total	80	0.8985		

Kemudian ambil nilai MSe dan dfnya

MS	0.0035
df	32

Tahap ketiga menghitung nilai ST eror mean

$$ST_{\text{eror mean}} = \sqrt{\frac{0.0035}{27}} = 0.011386$$

Tahap keempat lihat tabel dengan df = 32 untuk mendapatkan nilai range (P)

2	3
2.88	3.03

Tahap kelima menghitung nilai LSR pada setiap range (P)

$$\text{Pada P2} = 2.88 \times 0.011386 = 0.0327$$

$$\text{Pada P3} = 3.03 \times 0.011386 = 0.0344$$

Kemudian melakukan uji range dari jarak terbesar hingga jarak yang terkecil dan uji hasilnya

Pada range P=2

$$L_2 - L_3 = 0.05$$

$$L_1 - L_2 = 0.08 \quad > \quad 0.0327$$

Pada range P=3

$$L_1 - L_3 = 0.13 \quad > \quad 0.0344$$

Dari ketiga variasi tumpukan, terlihat tidak ada nilai yang berbeda atau nilai range P2 dan P3 lebih besar dari nilai LSR. Jadi untuk parameter yang dipilih adalah 10 lembar karena dilihat dari rata-rata selisih tinggi profil yang terkecil.

4.5.3 Uji Range Test Terhadap Variabel Temperatur

Pengujian ini dilakukan untuk memilih parameter temperatur yang terbaik, yang nantinya digunakan sebagai setting parameter produksi *cupcake*. Data variabel temperatur dari hasil pengukuran tinggi profil dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data variabel temperatur dari hasil pengukuran tinggi profil

Temperatur		
100 ⁰ C (T ₁)	125 ⁰ C (T ₂)	150 ⁰ C (T ₃)
0.38	0.26	0.09
0.27	0.19	0.07
0.2	0.17	0.04
0.36	0.32	0.23
0.29	0.32	0.08
0.28	0.32	0.01
0.43	0.54	0.13
0.41	0.29	0.25
0.31	0.25	0.11
0.31	0.37	0.3
0.24	0.25	0.23
0.25	0.15	0.08
0.34	0.4	0.33
0.3	0.37	0.2
0.24	0.23	0.12
0.36	0.17	0.26
0.27	0.26	0.17
0.28	0.12	0.04

0.32	0.21	0.21
0.23	0.16	0.06
0.14	0.15	0.09
0.38	0.29	0.22
0.2	0.22	0.22
0.23	0.13	0.13
0.35	0.38	0.19
0.24	0.24	0.03
0.18	0.19	0.05

Ada beberapa tahap yang dilakukan, untuk mendapatkan pemilihan temperatur terbaik, tahap pertama adalah mencari nilai rata-rata dari tiap level. Kemudian menyusun nilai dari yang terkecil ke terbesar

150 °C (T ₃)	125 °C (T ₂)	100 °C (T ₁)
0.15	0.26	0.29

Tahap kedua menghitung anova dari data tersebut

Sumber	df	SS	MS	F
Temperatur	2	0.3036	0.1518	42.57
Error	32	0.1141	0.0035	
Total	80	0.8985		

Kemudian ambil nilai MSe dan dfnya

MS	0.0035
df	32

Tahap ketiga menghitung nilai ST eror mean

$$ST_{\text{eror mean}} = \sqrt{\frac{0.0035}{27}} = 0.011386$$

Tahap keempat lihat tabel dengan $df = 32$ untuk mendapatkan nilai range (P)

2	3
2.88	3.03

Tahap kelima menghitung nilai LSR pada setiap range (P)

$$\text{Pada P2} = 2.88 \times 0.011386 = 0.0327$$

$$\text{Pada P3} = 3.03 \times 0.011386 = 0.0344$$

Kemudian melakukan uji range dari jarak terbesar hingga jarak yang terkecil dan uji hasilnya

Pada range P=2

$$T_2 - T_3 = 0.11$$

$$T_1 - T_2 = 0.03 \quad > \quad 0.0327$$

Dari hasil pada range P=2 maka didapat :

$$\overline{T_1} \quad \overline{T_2} \quad \overline{T_3}$$

Pada range P=3

$$T_1 - T_3 = 0.14 \quad > \quad 0.0344$$

Dari hasil pada range P=3 maka didapat:

$$\overline{T_1} \quad \overline{T_2} \quad \overline{T_3}$$

Dari ketiga variasi temperatur, yang paling direkomendasikan atau yang dilihat adalah T_3 yaitu 150°C karena nilai selisih tinggi profilnya paling berbeda dengan yang lainnya.

4.5.4 Uji Range Test Terhadap Variabel Tekanan

Pengujian ini dilakukan untuk memilih parameter tekanan yang terbaik, yang nantinya digunakan sebagai setting parameter produksi *cupcake*. Data variabel tekanan dari hasil pengukuran tinggi profil dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data variabel tekanan dari hasil pengukuran tinggi profil

Tekanan		
2 bar (P ₁)	4 bar (P ₂)	6 bar (P ₃)
0.38	0.36	0.43
0.27	0.29	0.41
0.2	0.28	0.31
0.31	0.34	0.36
0.24	0.3	0.27
0.25	0.24	0.28
0.32	0.38	0.35
0.23	0.2	0.24
0.14	0.23	0.18
0.26	0.32	0.54
0.19	0.32	0.29
0.17	0.32	0.25
0.37	0.4	0.17
0.25	0.37	0.26
0.15	0.23	0.12
0.21	0.29	0.38
0.16	0.22	0.24
0.15	0.13	0.19

0.09	0.23	0.13
0.07	0.08	0.25
0.04	0.01	0.11
0.3	0.33	0.26
0.23	0.2	0.17
0.08	0.12	0.04
0.21	0.22	0.19
0.06	0.22	0.03
0.09	0.13	0.05

Ada beberapa tahap yang dilakukan, untuk mendapatkan pemilihan tekanan terbaik, tahap pertama adalah mencari nilai rata-rata dari tiap level. Kemudian menyusun nilai dari yang terkecil ke terbesar

2 bar (P ₁)	6 bar (P ₃)	4 bar (P ₂)
0.15	0.24	0.25

Tahap kedua menghitung anova dari data tersebut

Sumber	df	SS	MS	F
Tekanan	2	0.0373	0.0186	5.24
Eror	32	0.1141	0.0035	
Total	80	0.8985		

Kemudian ambil nilai MSe dan dfnya

MS	0.0035
df	32

Tahap ketiga menghitung nilai ST eror mean

$$ST_{\text{eror mean}} = \sqrt{\frac{0.0035}{27}} = 0.011386$$

Tahap keempat lihat tabel dengan df = 32 untuk mendapatkan nilai range (P)

2	3
2.88	3.03

Tahap kelima menghitung nilai LSR pada setiap range (P)

$$\text{Pada } P_2 = 2.88 \times 0.011386 = 0.0327$$

$$\text{Pada } P_3 = 3.03 \times 0.011386 = 0.0344$$

Kemudian melakukan uji range dari jarak terbesar hingga jarak yang terkecil dan uji hasilnya

Pada range P=2

$$P_3 - P_1 = 0.04$$

$$P_2 - P_3 = 0.01 \quad > \quad 0.0327$$

Dari hasil pada range P=2 maka didapat :

$$\overline{P_1} \quad \overline{P_2} \quad \overline{P_3}$$

Pada range P=3

$$P_2 - P_1 = 0.05 \quad > \quad 0.0344$$

Dari hasil pada range P=3 maka didapat:

$$\overline{P_1} \quad \overline{P_2} \quad \overline{P_3}$$

Dari ketiga variasi tekanan, yang paling direkomendasikan atau yang dilihat adalah P_1 yaitu 2 bar karena nilai selisih tinggi profilnya paling berbeda dengan yang lainnya.

4.6 Biaya Produksi *Cupcake*

Dalam proses produksi pembuatan *cupcake* ini, dibutuhkan biaya produksi. Pada perhitungan biaya produksi ini, sebagai acuan untuk melakukan perhitungan produksi *cupcake* dihitung dari satu kali pengisian kompresor. Pada satu pengisian kompresor dapat melakukan 32 kali proses dengan tekanan 2 bar sehingga dapat menghasilkan 320 lembar *cupcake*. Kebutuhan kertas yang digunakan untuk membuat 320 lembar *cupcake* dengan \varnothing 54 mm adalah 1,5 lembar kertas roti dengan ukuran setiap lembarnya 1000 mm x 750 mm. Harga listrik pada saat ini adalah Rp. 1.409,16. Spesifikasi kompresor yang digunakan adalah sebagai berikut :

Type	: IMOLA-100/4
Voltage	: 220V / 50 Hz
Flow	: 132 LTR/min
Tank Capacity	: 12 liter
Power	: 1,0 Hp/ 0,75 Hp
Max Pressure	: 8 bar

Pada perhitungan biaya ini menggunakan percobaan dengan setting parameter tekanan 2 bar, temperatur 150°C , waktu penekanan 20 detik, dan tumpukan kertas 10 lembar. Perhitungan biaya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Biaya *Cupcake*

Deskripsi	Perhitungan	Jumlah
Kertas Roti (ukuran Panjang 100)	1.5 lembar kertas roti x Rp. 2500,00	Rp 3750,00
Biaya Listrik Kompresor	$(0.7 \text{ Kw} \times 0.1667) \times \text{Rp } 1409,66$	Rp 164,44
Biaya Listrik Mesin Press	$(0.35 \times 0.1667) \times \text{Rp } 1409,66$	Rp 82,24
	Total	Rp 3996,69

Dari hasil perhitungan biaya dengan kombinasi parameter tekanan 2 bar, temperatur 150⁰C, waktu penekanan 20 detik, dan tumpukan kertas 10 lembar didapat biaya produksi sebesar Rp 3996,69/320 lembar *cupcake* untuk satu kali pengisian pada kompresor . Dapat diketahui harga untuk 1 lembar *cupcake* adalah Rp 13,00. Sehingga dengan harga tersebut, produk *cupcake* yang dihasilkan dari mesin press panas pneumatik dapat bersaing dengan harga yang ada dipasaran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah :

1. Pada mesin press panas pneumatik dapat disimpulkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh signifikan adalah temperatur , tekanan, tumpukan dan waktu. Hal ini menunjukkan faktor yang memiliki nilai p-value kurang dari taraf kepercayaan 95%, berarti memiliki pengaruh yang signifikan terhadap selisih tinggi profil *cupcake*. Sehingga diperoleh perumusan empiris hubungan antara variabel temperatur (X_1), waktu (X_2), tekanan (X_3), dan tumpukan kertas (X_4) dengan tinggi profil (Y) adalah sebagai berikut :

$$Y = -0.0831 + 0.00285 X_1 + 0.00430 X_2 + 0.00974 X_3 - 0.0223 X_4$$

2. Dengan lamanya waktu penekanan kertas pada proses pencetakan *cupcake* maka semakin kecil selisih profil yang terbentuk. Selisih profil semakin kecil pada waktu 20 detik, sebaliknya dengan waktu semakin kecil maka selisih profil *cupcake* yang terbentuk semakin besar. Dalam pengujian ini waktu penekanan yang paling baik adalah 20 detik. Dengan banyaknya tumpukan kertas pada proses pencetakan *cupcake* maka semakin kecil selisih profil yang terbentuk. Selisih profil semakin kecil pada tumpukan kertas 10 lembar, sebaliknya dengan tumpukan kertas semakin sedikit maka selisih profil *cupcake* yang terbentuk semakin besar. Dalam pengujian ini tumpukan kertas yang paling baik adalah 10 lembar

3. Dengan naiknya/ meningkatnya temperatur untuk proses pencetakan *cupcake* maka semakin kecil selisih profil yang terbentuk. Selisih profil semakin kecil pada temperatur 150°C , sebaliknya dengan temperatur yang rendah maka selisih profil *cupcake* yang terbentuk semakin besar. Dalam pengujian ini temperatur yang paling baik adalah 150°C . Dengan naiknya/ meningkatnya tekanan untuk proses pencetakan *cupcake* maka semakin besar selisih profil yang terbentuk. Selisih profil semakin besar pada tekanan 6 bar, sebaliknya dengan tekanan yang rendah maka selisih profil *cupcake* yang terbentuk semakin kecil. Dalam pengujian ini tekanan yang paling baik adalah 2 bar.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan optimasi pemilihan parameter agar dapat mendapatkan nilai parameter yang lain atau tidak hanya pada parameter yang ditentukan, tetapi bisa diantara parameter tersebut
2. Sebaiknya komponen komponen yang masih berupa analog dikembangkan dengan menggunakan komponen yang digital agar dapat melakukan setting dengan nilai desimal atau pecahan sehingga data yang dihasilkan semakin akurat.
3. Analisa sebaiknya tidak fokus terhadap variabel yang telah ditentukan tetapi juga mencari variabel lain yang mungkin berpengaruh terhadap keseluruhan proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arianto, Andreas, 2005, Pembuatan dan Pengujian Mesin Emboss Kain Untuk Daun Tiruan dengan Sistem Pneumatik. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin. FTI-ITS. Surabaya.
2. Cahyo, Imam, 2014, Usulan Kombinasi Faktor-Faktor yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Kuat Tekan Bata Ekspose dengan Metode Perancangan Eksperimen. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
3. Dwi Hastana, Bobby, 2010, Studi Banding Kualitas dan Kuantitas Mesin *hot press* Berbasis Kontrol Relay dan Kontrol Plc untuk Produk Souvenir. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin. FTI-ITS. Surabaya.
4. Montgomery, Douglas C., 1997, *Design and analysis of experiment, 4th edition*, John Wiley and Sons, New york.
5. Trinovinty Dewi, Lydea, 2011, Penentuan Kombinasi komposisi paving dengan menggunakan *full factorial design*. Jurusan Teknik Industri. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.
6. www.digilib.petra.ac.id

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Aris Jiantoro, dia lahir di Surabaya pada tanggal 17 Mei 1993 dari pasangan Bapak Sutaji dan Ibu Nunik. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yaitu: TK Mutiara tahun 1998, SDN Ngagel Rejo 7 tahun 1999, SMPN 39 Surabaya tahun 2005, SMA Dr. Soetomo Surabaya tahun 2008, Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS tahun 2011 dan Program Studi S1 Teknik Mesin FTI-ITS tahun 2014. Selama kuliah di D3 Teknik Mesin, FTI-ITS penulis selain beraktivitas sebagai mahasiswa, juga seorang aktivis organisasi. Penulis telah mengikuti organisasi diantaranya adalah Staff HUMAS HMDM tahun 2012-2013, Staff Ahli HUMAS HMDM tahun 2013-2014 dan Asisten Lab Perautan dan Lab Mekatronika. Penulis selama kuliah juga aktif dalam mengikuti pelatihan dan seminar yang diadakan Intitut. Pengalaman kerja Penulis yaitu kerja praktek di PT. PINDAD (Persero), di Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail : aris.jiantoro@gmail.com
Walaikumussalam, Wr, Wb.