



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
*CRACK NEAR THE CAP* DAN *LOSE CAP* LAMPU TL  
PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA**

**LUH PUTU SHINTYA HANDAYANI**  
NRP 1312 030 025

Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN STATISTIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
*CRACK NEAR THE CAP* DAN *LOSE CAP* LAMPU TL  
PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA**

**LUH PUTU SHINTYA HANDAYANI  
NRP 1312 030 025**

Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN STATISTIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - ST 145561

**FAKTORS OF ANALYSIS THAT AFFECT  
*CRACK NEAR THE CAP AND LOSE CAP TL LAMPS*  
PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA**

**LUH PUTU SHINTYA HANDAYANI**  
NRP 1312 030 025

Advisor  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T

DIPLOMA III STUDY PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT - ST 145561**

**FAKTORS OF ANALYSIS THAT AFFECT  
*CRACK NEAR THE CAP AND LOSE CAP* TL LAMPS  
PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA**

**LUH PUTU SHINTYA HANDAYANI  
NRP 1312 030 025**

Advisor  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T

DIPLOMA III STUDY PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
CRACK NEAR THE CAP DAN LOSE CAP LAMPU TL  
PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada

Program Studi Diploma III Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**LUH PUTU SHINTYA HANDAYANI**  
NRP. 1312 030 025

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
NIP. 19620408 198701 1 001

()

Mengetahui  
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS



Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, Juli 2015

# ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI *CRACK NEAR THE CAP* DAN *LOSE CAP* LAMPU TL PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA

Nama Mahasiswa : Luh Putu Shintya Handayani  
NRP : 1312 030 025  
Program Studi : Diploma III  
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

## Abstrak

Perkembangan teknologi yang sedemikian pesat menuntut berbagai pihak untuk terus berkembang dan meningkatkan kualitas, dalam hal ini dunia industri di Indonesia. Untuk memenuhi keinginan konsumen yang semakin kompleks dan berkembang maka PT Philips Lighting Surabaya sebagai salah satu produsen lampu terbesar di Indonesia dalam penelitian ini lampu TL harus dilakukan pengendalian kualitas parameter dalam proses produksi agar hasil lampu sesuai dengan spesifikasi dan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Permasalahan yang muncul pun dari proses pembuatan lampu TL. Sampai saat ini secara statistik faktor-faktor berat semen, jarak semen dengan bibir cap, diameter *sealing head*/panjang *sealing head* belum diketahui pengaruhnya terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) walaupun secara proses produksi faktor ini sangat berpengaruh. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah percobaan faktorial  $2^k$  karena ingin diketahui pengaruh faktor terhadap variabel respon. Hasil analisis faktorial  $2^3$  diperoleh bahwa faktor diameter *sealing head* dan panjang *sealing head* yang berpengaruh signifikan, namun model yang terbentuk belum memenuhi asumsi identik. Selanjutnya dilakukan analisis dengan memberi pembobot pada data cacat yang menghasilkan semua faktor signifikan namun model yang dihasilkan belum memenuhi asumsi identik.

**Kata kunci : Lampu TL, Percobaan Faktorial  $2^k$**



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# FAKTORS OF ANALYSIS THAT AFFECT CRACK NEAR THE CAP AND LOSE CAP TL LAMPS PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA

Name : Luh Putu Shintya Handayani  
NRP : 1312 030 025  
Programme : Diploma III  
Department : Statistics FMIPA-ITS  
Advisor : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

## **Abstract**

*The rapid development of technology requires all parties to continue to evolve and improve quality, in this case the world industry in Indonesia. To meet consumer desires increasingly complex and evolving, PT Philips Lighting Surabaya as one of the largest lighting manufacturers in Indonesia should be done fluorescent control lamp quality parameters in the production process so that the results of the lamp according to the specifications and in accordance with the needs of consumers. Any problems arising from the manufacturing process TL lamps. Until now statistically weight the factors of cement, cement distance with lip seal, sealing head diameter and length of the sealing head is not known influence on the defect (crack near the cap and lose cap) although the production process is very influential factor. The method used in this study is a  $2^k$  factorial experiment because want to know the influence of factors on the response variable.  $2^3$  factorial analysis results showed that factors sealing head diameter and length of the sealing head a significant effect, but the models do not meet the assumptions that formed identical. Further analysis with by giving weight on flawed data which produces all significant factors but the resulting models do not meet the assumptions identical.*

**Key Word : TL Lamps,  $2^k$  Faktorial Design**





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

### OM SWASTYASTU

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat yang tidak pernah berhenti sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI CRACK NEAR THE CAP DAN LOSE CAP LAMPU TL PT PHILIPS LIGHTING SURABAYA”** dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku Ketua Jurusan Statistika yang telah memberikan banyak fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini dan selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan dan saran.
2. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T selaku Kepala Program Studi D-III yang mendukung kelancaran Tugas Akhir dan selaku dosen penguji atas saran dan kritiknya yang sangat membangun.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku dosen penguji atas saran dan kritiknya yang sangat membangun.
4. Bapak Dr.Ir. Setiawan, M.S selaku dosen wali atas dukungan dan semangat yang diberikan.
5. Manajer Produksi Bapak Budi, Manajer Quality Control Bapak Joko Purnomo, Bapak Toni, serta segenap pegawai PT Philips Lighting Surabaya yang telah membantu pengambilan data dalam percobaan penelitian ini.
6. Bapak dan Ibu atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan masih banyak pemberian lain yang lebih daripada apa yang pantas penulis dapatkan.
7. Bagus Mertha Pradnyana atas segala dukungan dan doa yang membangun, serta saran-saran yang menguatkan langkah

penulis serta memberikan berbagai bantuan atas segala cinta dan kasih sayangnya.

8. Kim, Dera, Mita, Aiko, Kak Lia, Kak Nana, Kak Gek Ela, Kak Devi, Noberta anggota Kontrakan Cantik 37 yang selalu membuat tersenyum namun terkadang membuat emosi saat dikejar revisi, dan menjadi bahan pelampiasan kebosanan penulis.
9. Teman-teman TPKH-ITS yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu penulis dan memberikan penyegaran ketika penulis bosan dan butuh teman untuk menghibur.
10. Teman-teman 2012 dan kakak tingkat Statistika ITS atas segala dukungan kepada penulis.
11. Teman-teman HIMADATA-ITS yang selalu memberikan canda dan tawa serta dukungan yang membangun untuk kelancaran tugas akhir ini.

Semoga kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dibalas dengan kebaikan yang lebih oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis sangat berharap hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua serta saran dan kritik yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang.

**OM SHANTI, SHANTI, SHANTI OM**

Surabaya, Juni 2015

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Statistika Deskriptif.....	5
2.2 Percobaan Faktorial $2^k$ .....	6
2.2.1 Percobaan Faktorial $2^2$ .....	7
2.2.2 Percobaan Faktorial $2^3$ .....	10
2.2 Uji Asumsi Residual IIDN.....	14
2.2.1 Asumsi Residual Identik.....	14
2.2.2 Asumsi Residual Independen.....	14
2.2.3 Asumsi Residual Berdistribusi Normal.....	15
2.4 Proses Produksi Lampu TL PT Philips Lighting Surabaya.....	16
2.5 Penanggulangannya Heteroskedastisitas.....	19

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Sumber Data .....	23
3.2	Variabel Penelitian.....	24
3.3	Langkah Percobaan.....	25
3.4	Langkah Analisis .....	26

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1	Karakteristik <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	29
4.2	ANOVA <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	35
4.3	Pengujian Asumsi Residual Model <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	40
4.3.1	Pengujian Asumsi Identik <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	41
4.3.2	Pengujian Asumsi Independen <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	42
4.3.3	Pengujian Asumsi Distribusi Normal <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> .....	45
4.4	ANOVA <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Hasil Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	46
4.5	Pengujian Asumsi Residual Model <i>Crack Near</i> <i>The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Hasil Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	53
4.5.1	Pengujian Asumsi Identik <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Hasil Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	53
4.5.2	Pengujian Asumsi Independen <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Hasil Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	55
4.5.3	Pengujian Asumsi Distribusi Normal <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> ) Hasil Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	57
4.6	ANOVA <i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Terboboti.....	59
4.7	Pengujian Asumsi Residual Model <i>Crack Near</i> <i>The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i> Terboboti .....	66
4.7.1	Pengujian Asumsi Identik <i>Crack Near</i>	

	<i>The Cap dan Lose Cap</i> Terboboti.....	67
4.7.2	Pengujian Asumsi Independen <i>Crack Near</i> <i>The Cap dan Lose Cap</i> ) Terboboti .....	69
4.7.3	Pengujian Asumsi Distribusi Normal <i>Crack Near The Cap dan Lose Cap</i> Terboboti .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		75
<b>LAMPIRAN</b> .....		77



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b>	Proses Produksi Lampu TL ..... 19
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir..... 27
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Main Effect Plot</i> Faktor A, B, dan C..... 33
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Interaction Plot</i> Faktor A, B, dan C..... 34
<b>Gambar 4.3</b>	Plot Residual vs Fits ..... 41
<b>Gambar 4.4</b>	Plot Residual vs Order ..... 43
<b>Gambar 4.5</b>	Plot ACF Residual Model..... 44
<b>Gambar 4.6</b>	<i>Normal Probability Plot</i> ..... 45
<b>Gambar 4.7</b>	Plot Residual vs Fits Hasil Transformasi..... 53
<b>Gambar 4.8</b>	Plot Residual vs Order Hasil Transformasi..... 55
<b>Gambar 4.9</b>	Plot ACF Hasil Transformasi ..... 56
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Normal Probability Plot</i> Hasil Transformasi..... 58
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Interaction Plot</i> Data Terboboti..... 66
<b>Gambar 4.12</b>	Plot Residual vs Fits Data Cacat Terboboti ..... 67
<b>Gambar 4.13</b>	Plot Residual vs Order Data Cacat Terboboti ..... 69
<b>Gambar 4.14</b>	Plot ACF Data Cacat Terboboti..... 70
<b>Gambar 4.15</b>	<i>Normal Probability Plot</i> Data Cacat Terboboti..... 71

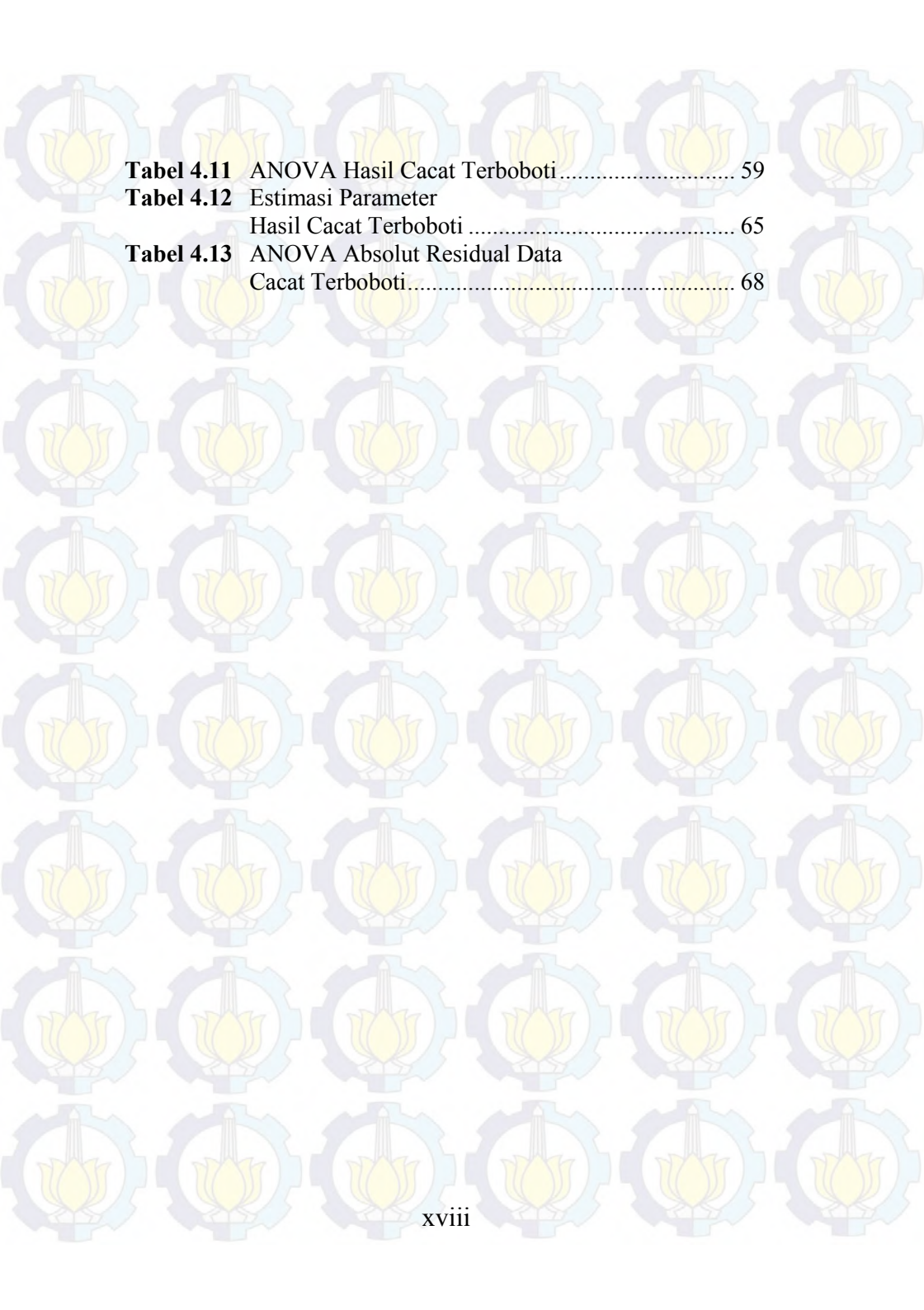




*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b>	Struktur Data Tabel 2 x 2 atau Dua Dimensi .....5
<b>Tabel 2.2</b>	Stuktur Data 3 Variabel .....5
<b>Tabel 2.3</b>	<i>Analysis of Variance for 2<sup>k</sup> Design</i> .....6
<b>Tabel 2.4</b>	<i>Analysis of Variance for 2<sup>k</sup> Design</i> (Lanjutan) .....7
<b>Tabel 2.5</b>	Konbinasi Perlakuan 2 <sup>2</sup> .....7
<b>Tabel 2.6</b>	Konbinasi Perlakuan 2 <sup>3</sup> .....11
<b>Tabel 2.7</b>	Perhitungan Interaksi Perlakuan AB pada Faktorial 2 <sup>3</sup> .....13
<b>Tabel 2.8</b>	Kriteria Pengujian <i>Durbin Watson</i> .....15
<b>Tabel 3.1</b>	Struktur Data Secara Khusus untuk Analisis .....23
<b>Tabel 3.2</b>	Variabel Penelitian .....24
<b>Tabel 4.1</b>	Karakteristik dari Tiga Faktor pada Cacat .....29
<b>Tabel 4.2</b>	Karakteristik dari Faktor A dan Faktor B pada Cacat .....31
<b>Tabel 4.3</b>	Karakteristik dari Faktor A dan Faktor C pada Cacat .....32
<b>Tabel 4.4</b>	Karakteristik dari Faktor B dan Faktor C pada Cacat .....32
<b>Tabel 4.5</b>	ANOVA dengan Faktor A, B, dan C .....35
<b>Tabel 4.6</b>	Estimasi Parameter dengan Faktor A, B, dan C .....40
<b>Tabel 4.7</b>	ANOVA Absolut Residual dengan Faktor A, B, dan C .....42
<b>Tabel 4.8</b>	ANOVA Hasil Transformasi Cacat .....47
<b>Tabel 4.9</b>	Estimasi Parameter Hasil Transformasi Cacat .....52
<b>Tabel 4.10</b>	ANOVA Absolut Residual Data Hasil Transformasi .....54



<b>Tabel 4.11</b>	ANOVA Hasil Cacat Terboboti.....	59
<b>Tabel 4.12</b>	Estimasi Parameter Hasil Cacat Terboboti .....	65
<b>Tabel 4.13</b>	ANOVA Absolut Residual Data Cacat Terboboti.....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A.</b> Data Untuk Analisis .....	77
<b>Lampiran B.</b> Tabulasi Silang Tiga Dimensi .....	78
<b>Lampiran C.</b> Tabulasi Silang Dua Dimensi .....	79
<b>Lampiran D.</b> <i>Main Effect Plot</i> dan <i>Interaction Plot</i> .....	80
<b>Lampiran E.</b> <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) .....	82
<b>Lampiran F.</b> <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Setelah Transformasi <i>Arc Sin</i> .....	83
<b>Lampiran G.</b> <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Setelah Pembobotan.....	84
<b>Lampiran H.</b> <i>Normal Probability Plot</i> <i>Kolmogorov Smirnov</i> .....	85
<b>Lampiran I.</b> <i>Normal Probability Plot</i> <i>Kolmogorov Smirnov</i> Data Transformasi.....	85
<b>Lampiran J.</b> <i>Interaction Plot</i> Data Terboboti .....	86
<b>Lampiran K.</b> <i>Normal Probability Plot</i> <i>Kolmogorov Smirnov</i> Data Terboboti .....	86



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Banyak produk inovasi Phillips yang telah diperkenalkan ke pasar Indonesia dengan kelebihan-kelebihan seperti lebih hemat energi, lebih kompak, berumur lebih panjang dan lebih ramah lingkungan seperti T5, CDM, LED, *Electronics Ballast* dan masih banyak lagi yang akan ikut mempengaruhi tren desain perlampuan di Indonesia. Perkembangan teknologi yang sedemikian pesat menuntut berbagai pihak untuk terus berkembang dan meningkatkan kualitas, dalam hal ini dunia industri di Indonesia. Tantangan tidak hanya dari perkembangan teknologi tetapi juga akan dibukanya perdagangan atau akses antar negara se-ASEAN yang disebut MEA (Masyarakat Ekonomi ASEAN) terlebih lagi penggalakan sistem hemat energi bagi seluruh wilayah di Indonesia. Keadaan ini akan memperketat persaingan antar pelaku industri khususnya manufaktur dalam mendesain suatu produk. Di sisi lain konsumen juga selalu menginginkan kualitas yang lebih baik. Dari kualitas tersebut sangat menentukan apakah konsumen menerima atau tidak produk hasil proses produksi. Kualitas lampu sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor pembentuk lampu mulai dari gelas kaca hingga bagian-bagian yang jarang diketahui seperti semen sebagai perekat kaca lampu dengan cap lampu TL.

Untuk memenuhi keinginan konsumen yang semakin kompleks dan berkembang di PT Philips Lighting Surabaya. Sebagai salah satu produsen lampu terbesar di Indonesia dalam penelitian ini ingin diketahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap *crack near the cap* dan *lose cap* pada lampu TL agar hasil lampu sesuai dengan spesifikasi dan sesuai dengan kebutuhan konsumen dibalik itu perusahaan juga mengurangi *wised*.

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan di PT Philips Lighting Surabaya adalah Optimasi Lumen, Wattage dan Life

Time pada Lampu GLS Produksi PT Philips Indonesia Secara Serentak dengan Pendekatan Fungsi Desirability yang menghasilkan pengaruh variabel *Pool Distance* ( $X_1$ ) dan *Constant Mounting Length* ( $X_2$ ) terhadap besar lumen ( $Y_1$ ), *wattage* ( $Y_2$ ), dan *life time* ( $Y_3$ ) menggunakan metode *Response Surface* dan model berpengaruh maka respon akan dioptimalkan secara serentak menggunakan *Desirability Function* (Fatima, 2012). Penelitian lain tentang Aplikasi Metode Lean Six Sigma untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (General Lighting Services) PT Philips Lighting Surabaya yang menghasilkan pembentukan tim *Total Productive Maintenance*, penelitian perbaikan kualitas bulb dan flare, serta eksperimen pengurangan jumlah jenis coil menjadi usulan alternatif yang bisa dilakukan perusahaan. Dengan menggunakan konsep *value management* didapatkan alternatif terbaik dengan melakukan pembentukan dan pelatihan tim *Total Productive Maintenance* (Arifin, 2012).

Lampu TL yang dijadikan objek penelitian adalah lampu TL 36W sebab produksi lampu di PT Philips Lighting Surabaya sangat dibatasi hanya Lampu Pijar dan Lampu TL. Beberapa periode belakang ini jumlah produksi lampu pijar sangatlah sedikit sehingga pada saat penelitian produksi lampu pijar ditiadakan, sebab perusahaan memproduksi lampu sebagian besar *make to order*. Jumlah yang sedikit ini disebabkan karena konsumen telah beralih ke lampu hemat energi seperti lampu LED. Permasalahan yang muncul pun dari proses pembuatan lampu TL. Sampai saat ini secara statistika faktor-faktor berat semen, jarak semen dengan bibir cap, diameter *sealing head*/panjang *sealing head* belum diketahui pengaruhnya terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) walaupun secara proses produksi faktor ini sangat berpengaruh.

Akan dilakukan penelitian mengenai faktor-faktor berat semen, jarak semen dengan bibir cap, diameter *sealing head*/panjang *sealing head* sehingga metode yang digunakan pada

penelitian ini adalah percobaan faktorial  $2^k$  karena ingin diketahui pengaruh faktor terhadap variabel respon. Dalam percobaan faktorial ini dalam percobaannya dilakukan kombinasi perlakuan yang tidak lain merupakan kombinasi dari faktor yang dicobakan dimana k faktor masing-masing pada dua tingkat. Ada tiga faktor yang digunakan yakni faktor A yaitu panjang/diameter *sealing head*, faktor B yaitu jarak semen dengan bibir cap, dan faktor C yaitu berat semen.

### 1.2 Rumusan Masalah

Faktor-faktor yang diduga berpengaruh ada 3 faktor antara lain adalah berat semen, jarak semen dengan bibir cap, diameter *sealing head*/panjang *sealing head*. Permasalahannya adalah apakah faktor-faktor tersebut serta interaksinya berpengaruh secara signifikan terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) lampu TL di PT Philips Lighting Surabaya?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari faktor berat semen, jarak semen dengan bibir cap, diameter *sealing head*/panjang *sealing head* serta interaksinya terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) lampu TL di PT Philips Lighting Surabaya.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan terhadap PT Philips Lighting Surabaya terhadap proses produksi lampu TL terkait parameter yang dianalisis. Diketahui variabel yang paling signifikan berpengaruh terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) sehingga dapat mengurangi peluang terjadinya cacat.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini dimana proses yang diamati adalah proses *sealing*, proses *capping*



1, dan proses *capping* 2. Pada proses *sealing* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah diameter *sealing head* dan panjang *sealing head*. Namun, antara faktor diameter dan panjang *sealing* digabungkan menjadi satu faktor karena apabila diameter semakin besar maka *sealing head* semakin pendek dan keduanya tidak dapat dipisahkan. Pada proses *capping* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah berat semen dan jarak semen dengan bibir cap. Percobaan dilakukan pada unit VTL 2 saat pembuatan lampu TL 36W.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif pada penelitian ini menggunakan tabel dua dimensi dan tiga dimensi. Tabel dua dan tiga dimensi yaitu suatu metode statistik yang menggambarkan dua atau lebih variabel secara simultan dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk tabel yang merefleksikan distribusi bersama dua atau lebih variabel dengan jumlah kategori yang terbatas dimana ditampilkan dalam bentuk persentase (Agresti, 2007).

Struktur data dari tabel 2 x 2 atau dua dimensi untuk sampel dapat disajikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

**Tabel 2.1** Struktur Data Tabel 2 x 2 atau Dua Dimensi

Kejadian	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	Total
A <sub>1</sub>	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1.}$
A <sub>2</sub>	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2.}$
Total	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{..}$

Tabel tiga variabel untuk sampel struktur data dapat disajikan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

**Tabel 2.2** Struktur Data 3 Variabel

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			...	C <sub>k</sub>		
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	... B <sub>i</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	... B <sub>i</sub>	...	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	... B <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	$n_{111}$	$n_{121}$	$n_{1j1}$	...	...	...	...	$n_{11k}$	$n_{12k}$	$n_{1jk}$
A <sub>2</sub>	$n_{211}$	$n_{221}$	$n_{2j1}$	...	...	...	...	$n_{21k}$	$n_{22k}$	$n_{2jk}$
⋮				⋮	⋮	⋮	⋮			
A <sub>i</sub>	$n_{i11}$	$n_{i21}$	$n_{ij1}$	...	...	...	...	$n_{i1k}$	$n_{i2k}$	$n_{ijk}$

Dalam penelitian ini yang ditampilkan adalah presentase sehingga dapat dilihat kombinasi variabel mana yang presentase paling tinggi.

$n_{ijk}$  = banyaknya individu yang termasuk dalam sel ke- $i, j, k$

A<sub>i</sub> = kategori A pada baris ke- $i$

B<sub>j</sub> = kategori B pada kolom ke- $j$  yang termasuk dalam C

C<sub>k</sub> = kategori C pada kolom ke- $k$  yang mencakup B<sub>i</sub>

## 2.2 Percobaan Faktorial $2^k$

Percobaan faktorial secara umum digunakan dalam percobaan yang melibatkan beberapa faktor yang diperlukan untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap variabel respon. Dalam percobaan faktorial, akan dihadapkan pada kombinasi perlakuan yang tidak lain merupakan kombinasi dari faktor yang dicobakan dimana k faktor masing-masing pada dua tingkat. Replikasi lengkap dapat dituliskan seperti  $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$  dimana percobaan tersebut disebut percobaan faktorial  $2^k$  (Montgomery, 2001). Analisis variansi desain faktorial  $2^k$  diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 2.3** Analysis of Variance for  $2^k$  Design

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat
k efek utama		
A	1	$SS_A$
B	1	$SS_B$
⋮	⋮	⋮
K	1	$SS_K$
$\binom{k}{2}$ interaksi 2-faktor		
AB	1	$SS_{AB}$
AC	1	$SS_{AC}$
⋮	⋮	⋮
JK	1	$SS_{JK}$
$\binom{k}{3}$ interaksi 3-faktor		
ABC	1	$SS_{ABC}$
ABD	1	$SS_{ABD}$
⋮	⋮	⋮
IJK	1	$SS_{IJK}$

**Tabel 2.4** Analysis of Variance for  $2^k$  Design (Lanjutan)

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat
$\binom{k}{K}$ interaksi k-faktor		
ABC...K	1	$SS_{ABC...K}$
Error	$2^k(n-1)$	$SS_E$
Total	$n2^k - 1$	$SS_T$

### 2.2.1 Percobaan Faktorial $2^2$

Percobaan faktorial pertama dari percobaan faktorial  $2^k$  adalah percobaan faktorial  $2^2$  dengan dua tingkat dimana hanya terdapat dua faktor yaitu A dan B. Dua tingkat dari faktor ini dimisalkan rendah dan tinggi (Montgomery, 2001). Kombinasi perlakuan dari percobaan ini dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

**Tabel 2.5** Kombinasi Perlakuan  $2^2$ 

Faktor		Kombinasi Perlakuan	Simbol
A	B		
-	-	A rendah, B rendah	(1)
+	-	A tinggi, B rendah	a
-	+	A rendah, B tinggi	b
+	+	A tinggi, B tinggi	ab

Percobaan faktorial  $2^2$  dapat ditentukan rata-rata taraf faktor setiap perubahan dalam respon yang dihasilkan oleh perubahan dalam tingkat bahwa rata-rata faktor di atas dari tingkat faktor lainnya. Simbol-simbol (1), a, b dan ab sekarang mewakili total semua  $n$  kombinasi perlakuan. Taraf faktor A pada tingkat B rendah adalah  $[a - (1)]/n$  dan taraf faktor A pada tingkat tinggi B  $[ab - b]/n$ . Rata-rata dari dua tingkat ini menghasilkan total taraf faktor A (Montgomery, 2001).

$$A = \frac{1}{2n} \{[ab - b] + [a - (1)]\}$$

$$A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)] \quad (2.1)$$

Taraf faktor B ditentukan dari taraf B pada tingkat A rendah adalah  $[b - (1)]/n$  dan taraf faktor B pada tingkat A tinggi adalah  $[ab - a]/n$ .

$$B = \frac{1}{2n} \{[ab - a] + [b - (1)]\}$$

$$B = \frac{1}{2n} [ab + b - a - (1)] \quad (2.2)$$

Taraf interaksi faktor AB dapat didefinisikan sebagai kontras antara taraf A pada tingkat B tinggi dan taraf A pada tingkat B rendah.

$$AB = \frac{1}{2n} \{[ab - b] - [a - (1)]\}$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b] \quad (2.3)$$

Alternatif dari persamaan 2.3 dimana taraf AB dapat didefinisikan sebagai kontras antara taraf faktor B pada tingkat A tinggi dan taraf faktor B pada tingkat A rendah. Rumus taraf faktor A, B, dan AB dapat diturunkan dengan metode lain. Taraf faktor A dapat ditemukan dari kontras dalam respon rata-rata kombinasi dua perlakuan pada tingkat A rendah ( $\bar{y}_{A^-}$ ) dan pada tingkat A tinggi ( $\bar{y}_{A^+}$ ) (Montgomery, 2001).

$$A = \bar{y}_{A^+} - \bar{y}_{A^-}$$

$$A = \frac{ab + a}{2n} - \frac{b + (1)}{2n}$$

$$A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)]$$

Taraf faktor B dapat ditemukan dari kontras dalam respon rata-rata kombinasi dua perlakuan pada tingkat B rendah ( $\bar{y}_{B^-}$ ) dan pada tingkat B tinggi ( $\bar{y}_{B^+}$ ).

$$B = \bar{y}_{B^+} - \bar{y}_{B^-}$$

$$B = \frac{ab+a}{2n} - \frac{a+(1)}{2n}$$

$$B = \frac{1}{2n} [ab+b-a-(1)]$$

Taraf faktor AB dapat ditentukan sebagai berikut.

$$AB = \frac{ab+(1)}{2n} - \frac{a+b}{2n}$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab+(1)-a-b]$$

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat diestimasi total taraf faktor A yaitu  $ab+a-b-(1)$ , total taraf faktor B  $ab+b-a-(1)$ , dan total taraf faktor AB  $ab+(1)-a-b$ . Sehingga diperoleh *sum square* untuk setiap faktor sebagai berikut.

$$SS_A = \frac{[ab+a-b-(1)]^2}{4n} \quad (2.4)$$

$$SS_B = \frac{[ab+b-a-(1)]^2}{4n} \quad (2.5)$$

$$SS_{AB} = \frac{[ab+(1)-a-b]^2}{4n} \quad (2.6)$$

$$SS_T = \sum_i^2 \sum_j^2 \sum_k^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{4n} \quad (2.7)$$

sehingga diperoleh *sum square error* berikut.

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (2.8)$$

Model untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu faktor A dan B adalah sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, \dots, a \\ j &= 1, 2, \dots, b \\ k &= 1, 2, \dots, r \end{aligned} \quad (2.9)$$

dimana:

$Y_{ijk}$  = nilai pengamatan pada satuan percobaan ke- $k$  yang memperoleh kombinasi perlakuan  $ij$  (taraf ke- $i$  dari faktor A dan taraf ke- $j$  dari faktor B)

$\mu$  = nilai tengah populasi

$\alpha_i$  = pengaruh aditif taraf ke- $i$  dari faktor A

$\beta_j$  = pengaruh aditif taraf ke- $j$  dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = pengaruh interaksi taraf ke- $i$  faktor A dan taraf ke- $j$  faktor B

$\varepsilon_{ijk}$  = pengaruh galat dari suatu percobaan ke- $k$  yang memperoleh kombinasi perlakuan  $ij$

Asumsi yang paling mendasar dari model diatas adalah galat percobaan harus timbul secara acak, menyebar secara bebas dan normal dengan nilai tengah sama dengan nol dan ragam  $\sigma^2$ , atau dapat dituliskan sebagai  $\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \sigma^2)$ .

### 2.2.2 Percobaan Faktorial $2^3$

Percobaan faktorial  $2^3$  dimana terdapat tiga faktor A, B, dan C dengan masing-masing dua tingkat. Pada percobaan ini digunakan “+” dan “-” sebagai notasi untuk mewakili tingkat tinggi dan rendah dari faktor-faktor sehingga dihasilkan delapan kombinasi perlakuan. Kombinasi perlakuannya dapat disimbolkan yaitu (1), a, b, ab, c, ac, bc, abc. Simbol-simbol ini merupakan total dari pengamatan ( $n$ ) yang harus diambil dari kombinasi percobaan (Montgomery, 2001).

Tabel 2.6 dapat menjelaskan tiga perbedaan notasi yang berasal dari delapan kombinasi perlakuan pada percobaan faktorial  $2^3$ . Notasi pertama yaitu “+” dan “-” yang biasanya disebut notasi geometrik. Notasi kedua yaitu dengan menggunakan simbol untuk mengidentifikasi kombinasi perlakuan. Notasi yang terakhir menggunakan 1 dan 0 untuk menggambarkan tingkat tinggi dan rendah hampir sama dengan notasi “+” dan “-”(Montgomery, 2001).

**Tabel 2.6** Kombinasi Perlakuan  $2^3$

Kombinasi Perlakuan	A	B	C	Simbol	A	B	C
1	-	-	-	(1)	0	0	0
2	+	-	-	a	1	0	0
3	-	+	-	b	0	1	0
4	+	+	-	ab	1	1	0
5	-	-	+	c	0	0	1
6	+	-	+	ac	1	0	1
7	-	+	+	bc	0	1	1
8	+	+	+	abc	1	1	1

Setelah menuliskan tabel kombinasi perlakuan maka dapat diketahui bahwa terdapat tujuh derajat bebas yang terbentuk dari delapan kombinasi perlakuan. Tiga derajat bebas diperoleh dari taraf faktor utama yaitu A, B, dan C. Empat derajat bebas sisanya diperoleh dari interaksi taraf faktor utama yaitu AB, AC, BC, serta interaksi ABC (Montgomery, 2001).

Estimasi taraf faktor yang pertama yaitu mengestimasi taraf faktor A. Taraf faktor A saat B dan C pada tingkat rendah adalah  $[a - (1)]/n$ . Demikian pula pada taraf faktor A saat B pada tingkat tinggi dan C pada tingkat rendah adalah  $[ab - b]/n$ . Taraf faktor A saat C pada tingkat tinggi dan B pada tingkat rendah adalah  $[ac - c]/n$ . Taraf faktor A saat B dan C pada tingkat tinggi adalah  $[abc - bc]/n$ . Rata-rata dari tingkat ini menghasilkan total taraf faktor A (Montgomery, 2001).



$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc] \quad (2.10)$$

Persamaan 2.10 dapat dikembangkan dari kontras antara rata-rata empat kombinasi percobaan saat A pada tingkat tinggi ( $\bar{y}_{A^+}$ ) dikurangi rata-rata empat kombinasi percobaan saat A pada tingkat kombinasi rendah ( $\bar{y}_{A^-}$ ).

$$\begin{aligned} A &= \bar{y}_{A^+} - \bar{y}_{A^-} \\ A &= \frac{a + ab + ac + abc}{4n} - \frac{(1) + b + c + bc}{4n} \\ A &= \frac{1}{4n} [a + ab + ac + abc - (1) - b - c - bc] \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama maka diperoleh taraf faktor B selisih antara rata-rata empat kombinasi percobaan saat B pada tingkat tinggi ( $\bar{y}_{B^+}$ ) dikurangi rata-rata empat kombinasi percobaan saat B pada tingkat kombinasi rendah ( $\bar{y}_{B^-}$ ).

$$\begin{aligned} B &= \bar{y}_{B^+} - \bar{y}_{B^-} \\ B &= \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac] \quad (2.11) \end{aligned}$$

Taraf faktor C selisih antara rata-rata empat kombinasi percobaan saat C pada tingkat tinggi ( $\bar{y}_{C^+}$ ) dikurangi rata-rata empat kombinasi percobaan saat C pada tingkat kombinasi rendah ( $\bar{y}_{C^-}$ ).

$$\begin{aligned} C &= \bar{y}_{C^+} - \bar{y}_{C^-} \\ C &= \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab] \quad (2.12) \end{aligned}$$

Interaksi taraf dua faktor dapat dihitung dengan mudah. A mengukur interaksi AB dengan perbedaan antara taraf dua tingkat pada B. Sehingga satu setengah dari kontras ini disebut interaksi AB sebagai berikut.

**Tabel 2.7** Perhitungan Interaksi Perlakuan AB pada Faktorial  $2^3$ 

B	Rata-rata Taraf Faktor A
Tinggi (+)	$\frac{[(abc - bc) + (ab - b)]}{2n}$
Rendah (-)	$\frac{[(ac - c) + (a - (1))]}{2n}$
Kontras	$\frac{[abc - bc + ab - b - ac + c - a + (1)]}{2n}$

Karena interaksi AB adalah satu setengah dari perbedaan tersebut maka,

$$AB = \frac{[abc - bc + ab - b - ac + c - a + (1)]}{4n} \quad (2.13)$$

$$AB = \frac{abc + ab + c + (1)}{4n} - \frac{bc + b + ac + a}{4n}$$

Taraf faktor interaksi AC dan BC dengan cara yang sama diperoleh sebagai berikut.

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc] \quad (2.14)$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc] \quad (2.15)$$

Taraf faktor interaksi ABC diperoleh dari rata-rata kontras antara taraf faktor interaksi AB pada dua tingkat C yaitu,

$$ABC = \frac{1}{4n} \{ [abc - bc] - [ac - c] - [ab - b] + [a - (1)] \}$$

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)] \quad (2.16)$$

*Sum square* dapat dihitung dengan mudah karena setiap taraf faktor memiliki derajat bebas satu yaitu sebagai berikut.

$$SS = \frac{(\text{Kontras})^2}{8n} \quad (2.17)$$

### 2.3 Uji Asumsi Residual IIDN

Dalam analisis klasik terdapat tiga asumsi yang harus terpenuhi yaitu residual identik dalam varians, residual independen, dan residual berdistribusi normal. Asumsi yang tidak terpenuhi membuat pengujian parameter mejadi bias. Sehingga, bila asumsi klasik tidak terpenuhi maka dilakukan penanggulangan asumsi.

#### 2.3.1 Asumsi Residual Identik

Residual bersifat Identik yaitu mempunyai variansi yang homogen (homogenitas varians). Asumsi identik dapat diketahui dengan melihat plot ( $e_i$  dengan  $\bar{Y}_i$ ), jika plot membentuk garis *horizontal band* maka data identik dan jika plot membentuk pola maka data tidak identik. Untuk melihat asumsi identik juga bisa dilakukan dengan uji *Glejser*. Pengujian ini dilakukan dengan cara meregresikan nilai absolut residual terhadap variabel bebas (x) (Gujarati, 2013). Apabila terdapat variabel bebas yang signifikan maka varians residual dapat dikatakan tidak homogen. Hipotesis dari pengujian ini sebagai berikut

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$$

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}} \quad (2.18)$$

$H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha (k, n-k-1)}$ . Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan varians satu atau lebih yang artinya residual tidak memenuhi asumsi identik, bila hal ini terjadi maka dilakukan penanggulangan asumsi.

#### 2.3.2 Asumsi Residual Independen

Bila kita menangani data berbentuk deret waktu maka diperlukan pengujian untuk menentukan bahwa data tersebut tidak berkorelasi. Uji yang paling sering dipakai untuk tujuan ini adalah statistik *Durbin-Watson* (Gujarati, 2013). Asumsi

independen juga dapat diketahui dengan plot ACF dan uji *Durbin Watson* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak ada korelasi antar residual

$H_1$  : Ada korelasi antar residual

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (2.19)$$

Daerah kritis dapat dicari dengan mengambil  $d_L$  sebagai batas bawah dan  $d_U$  sebagai batas atas dengan taraf signifikan  $\alpha/2$ .

Adapun kriteria pengujian *Durbin Watson* yaitu:

**Tabel 2.8** Kriteria Pengujian *Durbin Watson*

No	$H_0$	Keputusan	Daerah Pengujian
1	Tidak ada korelasi positif	Tolak $H_0$	$d < d_L$
		Terima $H_0$	$d > d_U$
		<i>No decision</i>	$d_L \leq d \leq d_U$
2	Tidak ada korelasi negatif	Tolak $H_0$	$d > 4 - d_L$
		Terima $H_0$	$d < 4 - d_U$
		<i>No decision</i>	$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$
3	Tidak ada korelasi positif dan negatif	Tolak $H_0$	$d < d_L$ $d > 4 - d_L$
		Terima $H_0$	$d_U \leq d \leq 4 - d_U$
		<i>No decision</i>	$d_L \leq d \leq d_U$ $4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$

Jika  $H_0$  ditolak maka diperoleh kesimpulan ada korelasi antar residual yang artinya bahwa asumsi residual independen tidak terpenuhi, bila hal ini terjadi maka dilakukan penanggulangan asumsi sehingga residual independen.

### 2.3.3 Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal digunakan untuk mendeteksi kenormalan residual. Asumsi distribusi normal

dapat diketahui dengan melihat plot (qq plot), jika plot mengikuti dan mendekati garis linier maka data berdistribusi normal dan jika plot tidak mengikuti dan menjauhi garis linier maka data tidak berdistribusi normal. Asumsi distribusi normal juga dapat diketahui dengan uji *Kolmogorov Smirnov*, yaitu dengan membandingkan fungsi distribusi normal kumulatif dari distribusi normal  $\{F_0(x)\}$  dengan fungsi distribusi empirik dari sampel  $\{S_n(x)\}$  (Gujarati, 2013). Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$D = \sup |S_n(x) - F_0(x)| \quad (2.20)$$

di mana  $S_n$  merupakan fungsi peluang kumulatif data sampel,  $F_0(x)$  merupakan fungsi distribusi kumulatif normal, dan  $D$  merupakan supremum (nilai maksimum) semua  $x$  dari nilai  $|S_n(x) - F_0(x)|$ .  $H_0$  ditolak, jika  $|D| > D_{\text{tabel Kolmogorov Smirnov}}$ . Jika  $H_0$  ditolak maka residual tidak memenuhi asumsi distribusi normal.

## 2.4 Proses Produksi Lampu TL PT Philips Lighting Surabaya

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari PT Philips Lighting Surabaya gambar 2.1 merupakan proses produksi lampu TL PT Philips Lighting Surabaya (PT Philips Lighting Surabaya, 2013).

### 1. *Stem Making*

*Stem Making* (Proses Pembuatan Batang) dimana terdiri dari *exhaust tube* dan *stem tube (flare)* yang terbentuk menjadi *stem*. Pada mesin ini kedua bahan digabungkan membentuk *stem* yang kemudian ditempatkan dalam *annealing oven* untuk didinginkan.

2. *Mounting*  
Proses *Mounting* pada *stem* yang telah didinginkan dirangkai dengan *coil* dan *anode strip*. Pada proses ini terdapat operator untuk melakukan pemeriksaan secara visual.
3. *Coating and Drying*  
Proses *Coating*, selain beberapa radiasi biru terlihat, pembuangan gas dalam lampu TL menghasilkan kuantitas radiasi ultraviolet yang tak terlihat. Radiasi ultraviolet diubah menjadi cahaya tampak melalui mantel bubuk neon (*flu powder*) dilumuri pada dinding internal tabung. Tergantung pada jenis bubuk neon, warna tertentu dari cahaya yang dihasilkan. Pelimuran bubuk neon ke dinding internal tabung itu tertutup, bersama-sama dengan penambahan cairan dan lainnya, jika diperlukan, dari atas ke dalam tabung. Campuran ini disebut suspensi. Pada bagian *drying* sabuk cairan ini kemudian menguap, meninggalkan lapisan kering bubuk neon di dinding. Sebelum tabung bisa dilapisi mereka harus dicuci, dikeringkan dan didinginkan sampai suhu lingkungan.
4. *Sintering*  
Setelah lapisan tabung dikeringkan di proses *drying*, dimana pemecahan menguap, pengikat tongkat bubuk neon dengan dinding bagian dalam tabung. Pengikat harus dikeluarkan, untuk mencegah efek buruk pada lumen out put. Untuk itu pengikat yang dibakar pada suhu yang relatif tinggi. Pada saat yang sama lapisan bubuk dan perekat yang lebih atau kurang dibakar. Pembakaran bahan pengikat disebut *sintering*. *Sintering* membutuhkan suhu yang cukup tinggi dan waktu yang cukup lama. Untuk mencapai suhu tinggi yang diperlukan, mesin *sintering* dilengkapi dengan sistem *burner*.
5. *Wiping and Marking*  
Sebelum tabung dapat disegel pada mesin *sealing*, lapisan pada kedua ujungnya harus dihilangkan lebih panjang tertentu. Secara umum, *wiping* mengambil tempat di unit

*wiping* horisontal, diatur antara mesin *sintering* dan mesin *sealing*. Tabung *sinter* diarahkan melewati kuas ini dan dijepit untuk mencegah gerakan aksial. Kemudian sikat *rotary* dimasukkan ke tabung. Serbuk terlepas karena tersedot oleh *vacuum cleaner*. Setelah melewati proses *wiping* tabung ditransfer ke *conveyor* melalui *arm wiping* dan tabung dipindahkan ke mesin *sealing* oleh *holder sealing*. Proses *marking* dilakukan dengan menggunakan tanda tinta khusus dan sintesis mati. Tanda adalah tetap pada mesin penyegel dengan pemanasan.

6. *Sealing*

Proses *sealing* adalah proses dimana tabung yang telah diwarna kemudian disegel dengan menggunakan mesin *sealing*.

7. *Pumping*

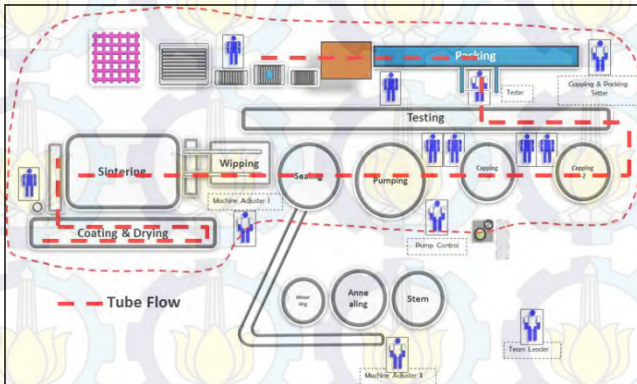
Lampu, yang diumpangkan ke mesin *pumping*, mengandung sejumlah bahan kotor yang memiliki pengaruh negatif bagi lampu. Bahan tersebut yaitu: volume lampu mengandung udara tekanan atmosfer, adanya kontaminasi pada permukaan internal, misalnya pada mantel bubuk, dinding kaca dan *mounting*, pada kumparan ada jumlah  $O_2$  dalam bentuk karbonat di emitor. Tujuan dari proses pemompaan adalah untuk menghapus semua kontaminasi ini dari lampu dan menggantinya dengan gas mulia dengan tekanan rendah.

8. *Capping*

Proses *Capping* adalah proses pemberian *cap* pada tabung. Pemberian *cap* ini bertujuan untuk menutup tabung sehingga bisa disebut lampu. Agar *cap* dapat menempel pada tabung maka bagian pinggir *cap* diberi semen khusus sebagai perekat.

9. *Packing and Internal Transport*

Proses *packing* dibagi menjadi dua sistem *packing* yaitu *hand packing* dan *machine packing*. Setelah *packing* dilakukan maka akan di distribusikan ke gudang yang disebut *internal transport*.



Gambar 2.1 Proses Produksi Lampu TL

Proses yang diamati adalah proses *sealing*, proses *capping 1*, dan proses *capping 2*. Pada proses *sealing* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah diameter *sealing head* dan panjang *sealing head*. Namun, antara faktor diameter dan panjang *sealing* digabungkan menjadi satu faktor karena apabila diameter semakin besar maka *sealing head* semakin pendek dan keduanya tidak dapat dipisahkan. Pada proses *capping* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah berat semen dan jarak semen dengan bibir cap.

## 2.5 Penanggulangan Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah dimana varians dari setiap faktor residual tidak sama, dimana setara dengan  $\sigma^2$ . Artinya heteroskedastisitas adalah kejadian dimana asumsi identik tidak terpenuhi dalam pemodelan (Gujarati, 2013). Secara simbolis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E(e_i^2) = \sigma^2 \text{ dimana } i=1,2,\dots,n \quad (2.20)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi varians dari residual dapat bervariasi adalah teknik pengumpulan data yang tidak sesuai atau kurang, adanya pencilan dimana observasi pencilan yaitu observasi yang berbeda dari observasi-observasi lainnya baik sangat kecil maupun sangat besar, adanya variabel penting



yang seharusnya ada dalam model namun dihilangkan atau tidak diteliti juga menyebabkan terjadinya heteroskedastisitas, sumber lain heteroskedastisitas adalah *skewness* (kecondongan atau kemiringan) dalam distribusi satu atau lebih regresor, heteroskedastisitas juga dapat muncul karena transformasi data yang salah dan bentuk fungsi yang salah. Pendeteksian heteroskedastisitas dapat dilakukan secara grafis dengan menggambarkan plot dari residual atau dengan melakukan pengujian yang telah dibahas pada sub bab uji asumsi identik (Gujarati, 2013).

Langkah-langkah penanggulangan heteroskedastisitas dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu ketika  $\sigma_i^2$  diketahui dan ketika  $\sigma_i^2$  tidak diketahui. Ketika  $\sigma_i^2$  diketahui maka digunakan metode WLS (*Weighted Least Squares*) (Gujarati, 2013). Model yang terbentuk dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{Y_i}{\sigma_i} = \hat{\beta}_1^* \left( \frac{1}{\sigma_i} \right) + \hat{\beta}_2^* \left( \frac{X_i}{\sigma_i} \right) + \left( \frac{e_i}{\sigma_i} \right) \quad (2.21)$$

Dimana  $\sigma_i$  adalah standar deviasi dari nilai  $X_i$ .

Ketika  $\sigma_i^2$  tidak diketahui maka menggunakan prosedur White. Berikut merupakan sebagian ide dari standard error heteroskedastisitas-White yang telah dilakukan perbaikan, maka ditulis model regresi dua variabel terlebih dahulu sebagai berikut.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + e_i \quad (2.22)$$

$$\text{var}(e_i) = \sigma_i^2$$

kemudian diperoleh nilai varians beta sebagai berikut.

$$\text{var}(\hat{\beta}_2) = \frac{\sum x_i^2 \sigma_i^2}{(\sum x_i^2)^2} \quad (2.23)$$

Oleh karena  $\sigma_i^2$  tidak dapat diobservasi secara langsung maka, White menyarankan untuk menggunakan  $\hat{e}_i^2$ , residual kuadrat

untuk setiap  $I$ , untuk menggantikan  $\sigma_i^2$  dan mengestimasi  $\text{var}(\hat{\beta}_2)$  sebagai berikut.

$$\text{var}(\hat{\beta}_2) = \frac{\sum x_i^2 \hat{e}_i^2}{(\sum x_i^2)^2} \quad (2.24)$$

Selanjutnya setelah pembobot diketahui maka dilakukan metode WLS (*Weighted Least Squares*) (Gujarati, 2013).



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dimana dilakukan percobaan selama dua hari yaitu Jumat, 23 Januari 2015 dan Senin, 27 Januari 2015. Kombinasi faktor dari percobaan dikombinasikan pada proses *capping* dan *sealing*. Pada proses *sealing* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah panjang/diameter *sealing head*. Pada proses *capping* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah berat semen dan jarak semen dengan bibir cap. Pada hari pertama dilakukan percobaan dengan kombinasi  $2^3$ , jadi terdapat delapan kombinasi faktor yang masing-masing dibuat 400 lampu dimana percobaan diulang dua kali. Jadi, dalam percobaan ini terdapat total 6400 lampu yang dicobakan. Percobaan pertama dilakukan mulai pukul 08.00 WIB – 13.00 WIB dan percobaan kedua dilakukan mulai pukul 13.00 WIB – 18.00 WIB. Selama percobaan kedua mesin *mounting* sempat mengalami kerusakan. Setelah lampu selesai dikerjakan maka dидiamkan sampai *crack near the cap* dan *lose cap* terlihat. Senin, 27 Januari 2015 dilakukan proses pengecekan secara manual dengan bantuan operator dimana pengecekan dilakukan 100% cek karena cacat yang dihasilkan sangat membahayakan konsumen. Berikut merupakan stuktur data dari hasil percobaan yang dilakukan.

**Tabel 3.1** Struktur Data Secara Khusus untuk Analisis

Kombinasi Perlakuan	A	B	C	Simbol	A	B	C
1	-	-	-	(1)	2	2	2
2	+	-	-	a	1	2	2
3	-	+	-	b	2	1	2
4	+	+	-	ab	1	1	2
5	-	-	+	c	2	2	1
6	+	-	+	ac	1	2	1
7	-	+	+	bc	2	1	1
8	+	+	+	abc	1	1	1

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada dua jenis yaitu faktor yang diamati pada proses produksi yang berbeda dan respon pada saat proses pengecekan. Pada proses *sealing* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah diameter *sealing head* dan panjang *sealing head* yang menjadi satu faktor. Pada proses *capping* faktor yang di kontrol dalam percobaan adalah berat semen dan jarak semen dengan bibir cap. Penelitian ini menggunakan empat variabel yang akan menjadi tiga faktor dan dua variabel respon pada unit penelitian yaitu lampu TL 36W yang diproduksi pada VTL 2 PT Philips Lighting Surabaya.

**Tabel 3.2** Variabel Penelitian

No	Jenis	Keterangan
1	Faktor A	Panjang <i>Sealing Head</i> (mm)/Diameter <i>Sealing Head</i> (Go/No Go)
2	Faktor B	Jarak Semen dengan Bibir Cap (mm)
3	Faktor C	Berat Semen (gr)
4	Respon	<i>Crack Near The Cap</i> dan <i>Lose Cap</i>

1. Faktor A (Panjang *Sealing Head*/Diameter *Sealing Head*)  
Panjang *sealing head* dan diameter *sealing head* diatur secara otomatis oleh operator pada mesing *sealing*. Panjang *sealing head* diukur dengan menggunakan alat khusus, ketika kondisi *sealing head* panjang ( $\pm 6$  mm) maka indikasi GO pada diameter *sealing head*. Diameter *sealing head* sebenarnya ada ukuran diameternya namun dalam pengukuran menggunakan cetakan dari besi berlubang dengan ukuran lubangnya sebesar diameter yang diinginkan, jika ujung lampu masuk maka GO dan jika tidak maka NO GO. Oleh karena itu data yang dicatat adalah data kualitatif yang sebenarnya merupakan data kuantitatif, hal ini dilakukan agar proses pengukuran lebih cepat dan efisien karena diukur secara manual yang membutuhkan waktu cukup lama.
2. Faktor B (Jarak Semen dengan Bibir Cap)  
Semen berfungsi untuk menggabungkan tabung lampu dengan cap yang berada pada setiap ujung lampu. Bahan utama dari semen yang campurannya disebut resin semen yaitu *alcohol*

*non food grade*, butanol N-, dan *premix cemen powder M11R for VTL*. Semen inilah yang nantinya dicetak dengan mesin pencetak pada cap yang akan di pasang pada lampu TL. Jarak cetakan semen dengan bibir cap adalah jarak semen dengan bibir cap yang diukur menggunakan jangka sorong.

### 3. Faktor C (Berat Semen)

Bahan utama dari semen yang campurannya disebut resin semen yaitu *alcohol non food grade*, butanol N-, dan *premix cemen powder M11R for VTL*. Semen inilah yang nantinya dicetak dengan mesin pencetak pada cap yang akan di pasang pada lampu TL. Setelah dicetak kemudian ditimbang dengan timbangan khusus yang hasil pengukuran itu disebut berat semen.

### 4. Respon Cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*)

*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap* merupakan cacat pada lampu TL yang terjadi pada akhir proses. Cacat ini muncul setelah lampu TL didiamkan minimal selama satu malam. Setelah itu dilakukan 100% cek. *Crack Near The Cap* adalah istilah dimana terdapat retak halus pada pinggiran ujung lampu TL di dekat *Cap* dan *Lose Cap* adalah istilah lepasnya *Cap* dari lampu TL.

## 3.3 Langkah Percobaan

Percobaan dilakukan setelah melakukan perundingan dengan manajer produksi dan mengarahkan operator sebelum percobaan dilakukan karena percobaan ini tergolong berbahaya dan bahan yang digunakan berbahan dasar kaca. Berikut merupakan langkah percobaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan studi literatur di perusahaan terkait faktor yang dicobakan yang secara produksi berpengaruh terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*). Informasi diperoleh dari manager produksi.
2. Menggunakan alat pelindung diri sebelum memasuki area proses produksi

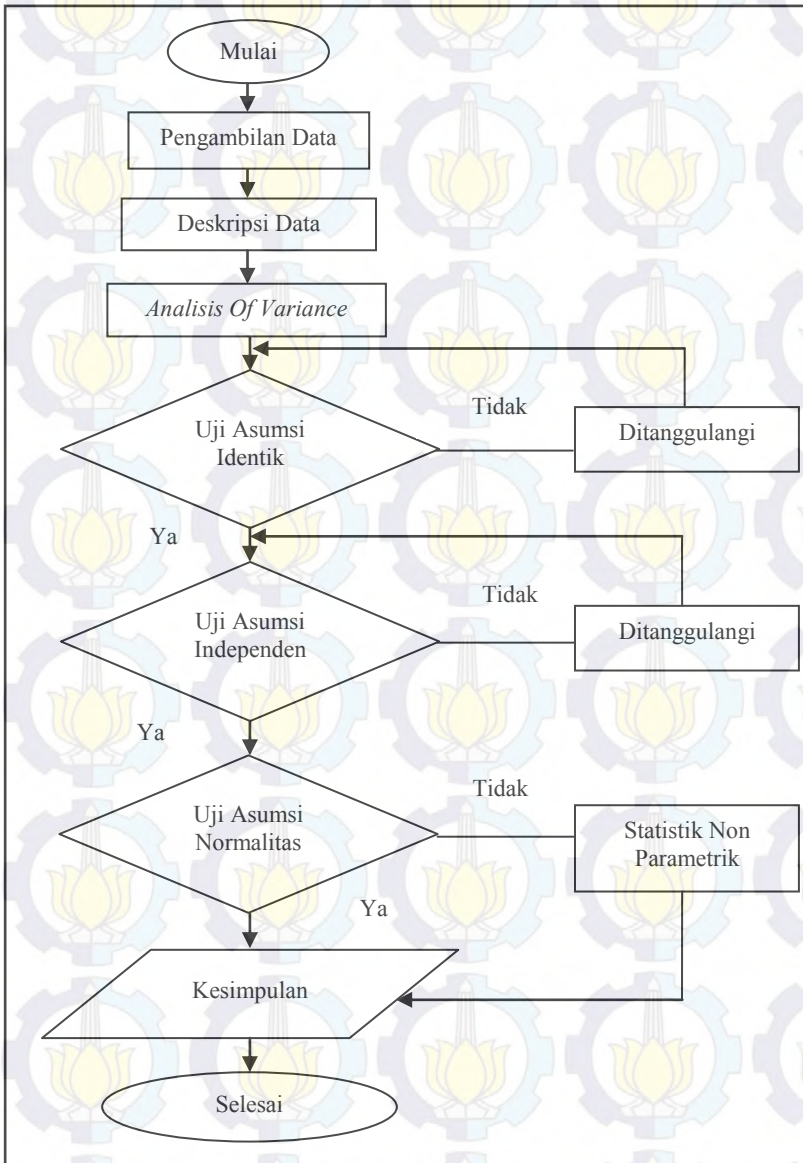
3. Melakukan koordinasi kepada beberapa operator yang menjadi mandor di masing-masing proses produksi
4. Melakukan persiapan secara proses produksi
5. Mengatur faktor-faktor yang telah dikombinasikan sebelumnya seperti pada tabel 3.1. Dimana masing-masing kombinasi faktor dibuat 400 lampu (n) dan dilakukan pengulangan kombinasi sebanyak 2 kali
6. Melakukan pengukuran terhadap faktor-faktor yang diamati sehingga kombinasi yang dilakukan benar
7. Packing lampu secara manual dan pemisahan antar kombinasi faktor agar memudahkan saat pengecekan
8. Pengecekan dengan operator dimana dilakukan 100% cek
9. Pencatatan jumlah cacat yang muncul di masing-masing kombinasi faktor

#### 3.4 Langkah Analisis

Langkah awal yang dilakukan sebelum menganalisis yaitu mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Berikut langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

1. Mendeskripsikan hasil percobaan dari faktor-faktor yang mempengaruhi cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) pada lampu TL melalui statistika deskriptif.
2. Melakukan pengujian terhadap efek perlakuan (*analysis of variance*) ANOVA.
3. Melakukan pengujian asumsi IIDN (Identik, Independen, Berdistribusi Normal)
4. Membuat interpretasi dan menarik kesimpulan.

Langkah analisis dapat dibuat dalam rangkuman faktor-faktor yang mempengaruhi cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) pada lampu TL dinyatakan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*

Karakteristik cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) pada lampu TL 36 W dapat diketahui melalui statistik deskriptif. Berdasarkan perhitungan seperti tabel 2.2 setelah dilakukan analisis dengan menggunakan *software SPSS* diperoleh hasil pada lampiran B, maka hasil deskriptif karakteristik cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dapat diringkas dengan tabel tiga dimensi ditampilkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Karakteristik dari Tiga Faktor pada Cacat

Panjang <i>Sealing Head</i>				Berat Semen		Total
				Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	
Panjang <i>Sealing Head</i> 6,8 mm/ Go	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	1	3	4
			Persentase	12,5%	37,5%	50,0%
		Jarak Semen 0 mm	Jumlah	3	1	4
			Persentase	37,5%	12,5%	50,0%
	Total		Jumlah	4	4	8
			Persentase	50,0%	50,0%	100,0%
Panjang <i>Sealing Head</i> < 6,5 mm/ No Go	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	6	13	19
			Persentase	12,2%	26,5%	38,8%
		Jarak Semen 0 mm	Jumlah	11	19	30
			Persentase	22,4%	38,8%	61,2%
	Total		Jumlah	17	32	49
			Persentase	34,7%	65,3%	100,0%
Total	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	7	16	23
			Persentase	12,3%	28,1%	40,4%
		Jarak Semen 0 mm	Jumlah	14	20	34
			Persentase	24,6%	35,1%	59,6%
	Total		Jumlah	21	36	57
			Persentase	36,8%	63,2%	100,0%

Data yang digunakan pada pembentukan tabel diatas adalah data jumlah cacat pada masing-masing kombinasi faktor. Berdasarkan tiga faktor yang diduga mempengaruhi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diketahui bahwa pada Panjang

*Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go*, Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0mm, serta Berat Semen 1,7 gr menghasilkan cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terbanyak yaitu 19 cacat atau 33,3% yang tidak terdapat pada tabel, hal ini sesuai dengan referensi yang diberikan oleh PT Philips Lighting Surabaya, bahwa bila Panjang *Sealing Head* mencapai kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go*, Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm serta Berat Semen mencapai 1,7 gr maka akan menimbulkan banyak cacat pada lampu TL dalam kasus ini lampu TL 36 W.

Berdasarkan faktor Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/ Diameter *Go* dapat diketahui bahwa jumlah cacat terbanyak yaitu pada Jarak Semen 1,5 mm dengan bibir *Cap* dan Berat Semen 1,7 gr yaitu 3 cacat atau 37,5% dengan jumlah yang sama juga terdapat pada Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dan Berat Semen 1,3 gr. Jumlah cacat total yang dihasilkan bila hanya dilihat faktor Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/ Diameter *Go* adalah 8 cacat.

Pada Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go* dapat diketahui bahwa jumlah cacat terbanyak yaitu pada Jarak Semen 0 mm dengan bibir *Cap* dan Berat Semen 1,7 gr yaitu 19 cacat atau 38,8%. Jumlah cacat lebih banyak dihasilkan pada Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go* yaitu 49 cacat dari total 57 cacat dibandingkan dengan Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/ Diameter *Go*.

Bila dilihat dengan menggunakan tabel kontingensi dua dimensi dimana masing-masing hanya dimasukkan dua faktor saja. Maka, dapat dilihat kombinasi dua faktor mana yang memberikan hasil percobaan cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terbanyak. Berdasarkan perhitungan seperti tabel 2.1 setelah dilakukan analisis dengan menggunakan *software SPSS* diperoleh hasil pada lampiran C, maka hasil deskriptif karakteristik cacat berdasarkan faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Karakteristik dari Faktor A dan Faktor B pada Cacat

		Jarak Semen		Total	
		Jarak Semen 1,5 mm	Jarak Semen 0 mm		
Panjang <i>Sealing Head</i>	Panjang <i>Sealing Head</i> 6,8 mm/ Go	Jumlah	4	4	8
		Persentase	7,0%	7,0%	14,0%
	Panjang <i>Sealing Head</i> < 6,5 mm/ No Go	Jumlah	19	30	49
		Persentase	33,3%	52,6%	86,0%
Total		Jumlah	23	34	57
		Persentase	40,4%	59,6%	100,0%

Berdasarkan faktor faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) diketahui bahwa dari 57 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang diperoleh dari percobaan faktorial  $2^3$  dengan pengulangan sebanyak dua kali dihasilkan 30 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) atau 52,6% cacat disebabkan oleh Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm.

Berdasarkan perhitungan seperti tabel 2.1 setelah dilakukan analisis dengan menggunakan *software SPSS* diperoleh hasil pada lampiran C, maka hasil deskriptif karakteristik cacat berdasarkan faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dan faktor Berat Semen (Faktor C) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Berdasarkan faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dan faktor Berat Semen (Faktor C) diketahui bahwa dari 57 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang diperoleh dari percobaan faktorial  $2^3$  dengan pengulangan sebanyak dua kali dihasilkan 32 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) atau 56,1% cacat disebabkan oleh Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/ Diameter *No Go* dengan Berat Semen 1,7 gr. Hasil ini semakin menguatkan asumsi bahwa Faktor Panjang *Sealing Head* yang kurang dari 6,5/ Diameter *No Go* sangat

mempengaruhi banyak cacat pada lampu TL 36 W. Namun, kepada kedua faktor lainnya belum dapat diketahui dan akan dilanjutkan dengan tabel kontingensi selanjutnya, walaupun berdasarkan referensi yang diperoleh dari PT Philips Lighting Surabaya menunjukkan ketiga faktor ini secara proses produksi mempengaruhi banyak cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*).

**Tabel 4.3** Karakteristik dari Faktor A dan Faktor C pada Cacat

			Berat Semen		Total
			Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	
Panjang Sealing Head	Panjang Sealing Head 6,8 mm/ Go	Jumlah	4	4	8
		Persentase	7,0%	7,0%	14,0%
	Panjang Sealing Head < 6,5 mm/ No Go	Jumlah	17	32	49
		Persentase	29,8%	56,1%	86,0%
Total		Jumlah	21	36	57
		Persentase	36,8%	63,2%	100,0%

**Tabel 4.4** Karakteristik dari Faktor B dan Faktor C pada Cacat

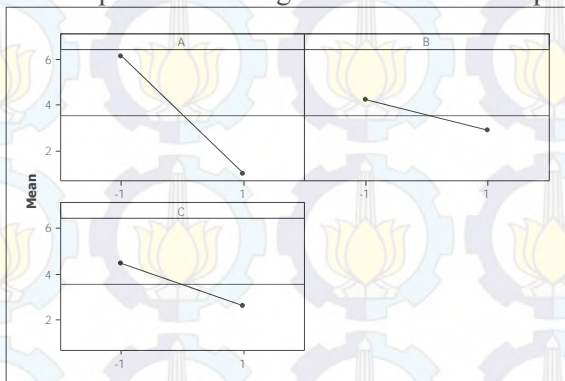
			Berat Semen		Total
			Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	
Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	7	16	23
		Persentase	12,3%	28,1%	40,4%
	Jarak Semen 0 mm	Jumlah	14	20	34
		Persentase	24,6%	35,1%	59,6%
Total		Jumlah	21	36	57
		Persentase	36,8%	63,2%	100,0%

Berdasarkan perhitungan seperti tabel 2.1 setelah dilakukan analisis dengan menggunakan *software SPSS* diperoleh hasil pada lampiran C, maka hasil deskriptif karakteristik cacat berdasarkan

faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) dan faktor Berat Semen (Faktor C) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Berdasarkan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) dan faktor Berat Semen (Faktor C) diketahui bahwa dari 57 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang diperoleh dari percobaan faktorial  $2^3$  dengan pengulangan sebanyak dua kali dihasilkan 20 cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) atau setara dengan 35,1% cacat disebabkan oleh Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dan Berat Semen 1,7 gr. Hasil ini menguatkan asumsi bahwa Berat Semen kurang lebih 1,7 gr dapat menyebabkan peningkatan jumlah cacat namun pada Jarak Semen dari Bibir *Cap* tidak begitu jauh perbedaan antara Jarak Semen 1,5 mm dengan 0 mm.

Deskripsi data jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) pada lampiran A terhadap masing-masing faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) secara visual dapat dilihat dari *main effect plot*. Gambar *main effect plot* dari masing-masing faktor dapat dilihat sebagai berikut sesuai lampiran D.

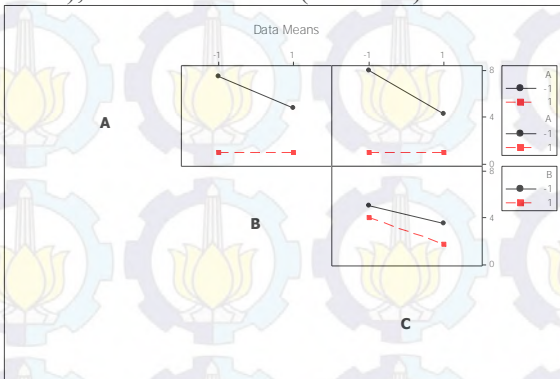


**Gambar 4.1** *Main Effect Plot* Faktor A, B, dan C

Gambar 4.1 *main effect plot* untuk faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dapat diketahui bahwa Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* menghasilkan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dibandingkan Panjang

*Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go*. Pada faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) diketahui bahwa Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm menghasilkan lebih banyak cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dibanding Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm. Serta Berat Semen 1,7 gr mengasilkan lebih banyak cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dibanding Berat Semen 1,3 gr pada faktor Berat Semen (Faktor C).

Selain *main effect plot* juga dapat ditampilkan secara visual dalam *interaction plot*. Plot ini merupakan plot interaksi antara dua faktor yang diduga mempengaruhi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Berikut merupakan *interaction plot* dari faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C).



**Gambar 4.2** *Interaction Plot* Faktor A, B, dan C

Gambar 4.2 interaksi antar Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) dilihat dari plotnya dapat diketahui bahwa pada Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm menghasilkan banyak cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dibanding Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm. Pada interaksi Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dengan Berat Semen (Faktor C) diketahui pula melalui plot bahwa Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Berat

Semen 1,7 gr menghasilkan lebih banyak cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dibanding Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dengan Berat Semen 1,3 gr. Cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) juga banyak dihasilkan pada interaksi antara Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dengan Berat Semen 1,7 gr dibanding Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dengan Berat Semen 1,3 gr.

#### 4.2 ANOVA *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*

PT Philips Lighting Surabaya mengindikasikan bahwa faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) sangat besar pengaruhnya terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Untuk mengetahui faktor mana yang mempunyai pengaruh terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) pada lampu TL 36 W maka dilakukan analisis dengan metode *analysis of variance*. Sesuai dengan persamaan 2.17 dan data pada lampiran A diperoleh hasil analisis *software minitab* pada lampiran E dapat diringkas pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** ANOVA dengan Faktor A, B, dan C

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	126,688	126,688	42,229	2,02	0,190
A	1	105,063	105,063	105,063	5,02	0,055
B	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
C	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436
2-Way Interactions	3	22,187	22,187	7,396	0,35	0,788
A*B	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
A*C	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436
B*C	1	0,563	0,563	0,563	0,03	0,874
3-Way Interactions	1	1,562	1,562	1,562	0,07	0,792
A*B*C	1	1,562	1,562	1,562	0,07	0,792
Residual Error	8	167,500	167,500	20,937		
PureError	8	167,500	167,500	20,938		
Total	15	317,938				



Pengujian analisis faktorial dengan tiga faktor menggunakan hipotesis mengacu pada tabel 4.5 sebagai berikut. Faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha_i = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

$H_1 : \alpha_i \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 5,02 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan *P-value* 0,055. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau *P-value*  $< 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*.

Faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \beta_j = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \beta_j \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,36 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan *P-value* 0,564. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau *P-value*  $< 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm.

Faktor Berat Semen (Faktor C) diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \gamma_k = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

$H_1 : \gamma_k \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,67 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P-value$  0,436. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P-value < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr.

Berdasarkan pengujian pengaruh masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa hanya faktor Panjang Sealing Head yang signifikan mempengaruhi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Bila dilihat secara visual sesuai pada gambar 4.1, namun pada gambar tidak bisa dilihat tingkat signifikan di tiap faktor. Selanjutnya akan dilakukan pengujian pada masing-masing interaksi yang terbentuk dari ketiga faktor tersebut apakah memberi pengaruh atau tidak.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \alpha\beta_{ij} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor

Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \alpha\beta_{ij} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,36 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P-value$  0,564. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P-value < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap

interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \alpha\gamma_{ik} = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\gamma_{ik} \neq 0$  artinya ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,67 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,436. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr.

Interaksi Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \beta\gamma_{jk} = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \beta\gamma_{jk} \neq 0$  artinya ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,03 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,874. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan

jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dengan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr.

Interaksi tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head*, Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \alpha\beta\gamma_{ijk} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\beta\gamma_{ijk} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,07 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,792. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm, dan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr.

Sesuai dengan persamaan 2.10 sampai 2.16, menggunakan data pada lampiran A dilakukan analisis dengan *software minitab* diperoleh hasil pada lampiran E diringkas pada tabel 4.6 berikut merupakan estimasi parameter untuk masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Efek faktor yang biasa disebut taraf faktor dapat dilihat pada tabel 4.6 bahwa masing-masing faktor memiliki taraf faktor yang berbeda.

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter dengan Faktor A, B, dan C

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		3,563	1,144	3,11	0,014
A	-5,125	-2,563	1,144	-2,24	0,055
B	-1,375	-0,688	1,144	-0,60	0,564
C	-1,875	-0,937	1,144	-0,82	0,436
A*B	1,375	0,687	1,144	0,60	0,564
A*C	1,875	0,937	1,144	0,82	0,436
B*C	-0,375	-0,188	1,144	-0,16	0,874
A*B*C	-0,625	-0,312	1,144	-0,27	0,792

Berdasarkan pengujian pengaruh interaksi masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa tidak terdapat interaksi yang berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*).

Mengacu pada tabel 4.7 model percobaan faktorial yang terdiri dari tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) adalah sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = 3,563 - 2,563A - 0,688B - 0,937C + 0,687AB + 0,937AC - 0,188BC - 0,312ABC$$

Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 47,32%. Variabilitas ini kecil dan banyak variabel yang tidak berpengaruh signifikan hal ini disebabkan karena pengulangan dalam percobaan sedikit dan faktor yang diamati hanya sedikit. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan asumsi residual IIDN (Independen, Identik dan Distribusi Normal) untuk mengetahui apakah residual yang diperoleh independen, identik dan berdistribusi normal. Bila asumsi IIDN tidak terpenuhi maka akan menyebabkan biasanya parameter yang ditaksir yang juga berpengaruh terhadap pengujian parameter yang dianalisis.

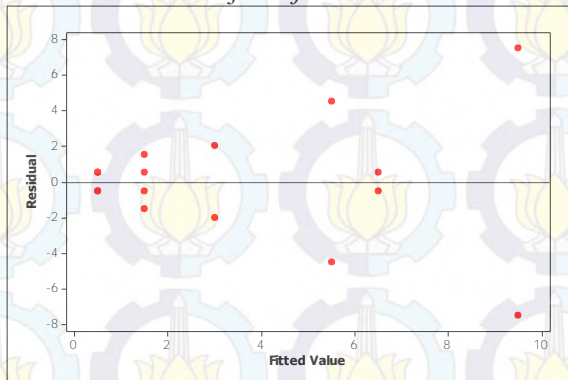
#### 4.3 Pengujian Asumsi Residual Model *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*

Analisis varians (ANOVA) terdapat sejumlah asumsi yang harus dipenuhi agar pengujian ANOVA tersebut dapat dilakukan,

yaitu asumsi residual yang bersifat IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal). Bila asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka kesimpulan dari ANOVA tidak bisa digunakan. Berikut merupakan hasil uji asumsi dari residual model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C).

#### 4.3.1 Pengujian Asumsi Identik *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*

Mengetahui residual data memenuhi asumsi identik maka dilakukan pemeriksaan asumsi identik residual. Residual data dapat dikatakan identik bila residual memiliki varians yang konstan. Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan dua cara yaitu Plot Residual Vs Fits dan Uji *Glejser*.



Gambar 4.3 Plot Residual vs Fits

Plot Residual vs Fits gambar 4.3 di atas dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa terdapat pola corong dari plot yang didapatkan. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual belum memenuhi asumsi identik. Bila dilihat secara visual saja pasti tidak meyakinkan maka dilakukan pengujian dengan Uji *Glejser* dengan melihat ANOVA dari absolut residual dengan masing-masing faktor yang digunakan dalam pembentukan model, diperoleh hasil sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$$

**Tabel 4.7** ANOVA Absolut Residual dengan Faktor A, B, dan C

Sumber Variansi	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	33,062	33,062	33,062	39,35	0,000
B	1	27,562	27,562	27,562	32,80	0,000
C	1	0,063	0,063	0,063	0,07	0,791
A*B	1	18,063	18,063	18,063	21,50	0,001
A*C	1	1,562	1,562	1,562	1,86	0,206
B*C	1	3,062	3,062	3,062	3,64	0,089
Error	9	7,562	7,562	0,840		
Total	15	90,937				

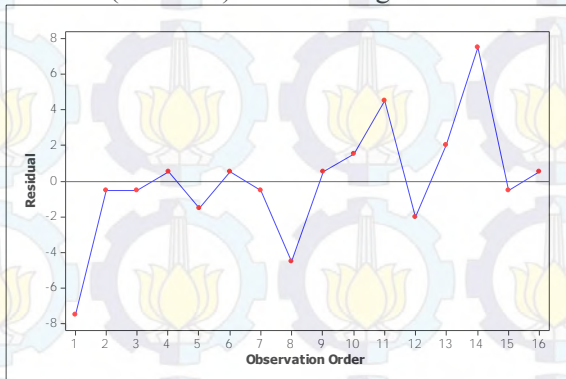
Sesuai dengan hipotesis diatas dan statistik uji pada persamaan 2.18 mengacu pada tabel 4.7 maka diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak pada faktor A, B, interaksi AB, dan interaksi BC pada  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46.  $H_0$  ditolak berarti faktor-faktor tersebut terdapat perbedaan variansi yang signifikan sehingga dapat dikatakan faktor-faktor tersebut menyebabkan residual data tidak identik. Interaksi tiga faktor tidak diikuti dalam regresi dengan absolut residual karena menyebabkan nilai *mean square error* bernilai nol secara numerik yang menyebabkan tidak dapat dikalkulasi nilai  $F_{hitung}$ . Maka dari itu dilakukan penganggulan asumsi dengan transformasi *arc sin*. Transformasi ini digunakan bila data berupa proporsi atau persentase dan ada data yang bernilai nol. Dalam kasus ini tidak digunakan transformasi box-cox karena transformasi tersebut tidak dapat digunakan bila data kurang dari satu.

### 4.3.2 Pengujian Asumsi Independen *Crack Near The Cap dan Lose Cap*

Agar dapat mengetahui residual data yang diperoleh bersifat independent atau tidak independent maka dilakukan pengujian independent residual. Independensi residual berarti masing-masing residual tidak mempunyai hubungan. Analisis dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan menggunakan plot

residual vs order, plot ACF (*Autocorrelation Function*) residual dan menggunakan uji Durbin Watson.

Setelah dilakukan analisis dengan *software minitab* diperoleh hasil residual vs order dari model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) adalah sebagai berikut.

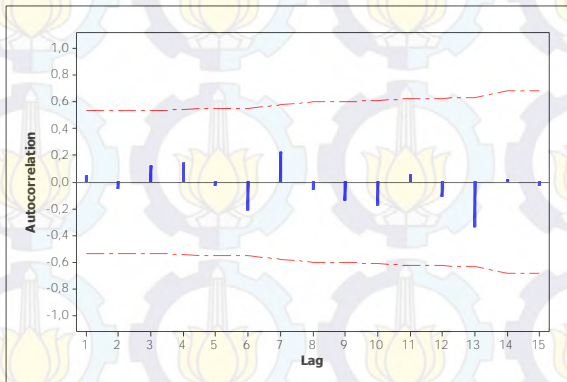


**Gambar 4.4** Plot Residual vs Order

Plot Residual vs Order gambar 4.4 di atas dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa tidak terdapat pola khusus dari plot yang didapatkan. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi independent secara visual. Namun secara visual saja dirasa kurang tepat karena melibatkan panca indra peneliti sehingga bersifat subjektif. Oleh karena itu dilanjutkan dengan ACF (*Autocorrelation Function*) dan Uji Durbin Watson. Pengujian autokorelasi menguji kembali apakah residual dari model telah memenuhi asumsi independen.

Plot ACF yang dihasilkan menunjukkan bahwa residual yang ditunjukkan dengan garis biru (lag) tidak melewati batas garis merah maka dapat dikatakan bahwa residual model tidak memiliki autokorelasi atau saling independen. Sehingga dengan analisis dengan Plot ACF (*Autocorrelation Function*) asumsi residual independen telah terpenuhi.





**Gambar 4.5** Plot ACF Residual Model

Asumsi residual independent dapat dianalisis secara inferensia yaitu dengan uji Durbin Watson. Hipotesis yang digunakan dalam uji ini ada tiga jenis yaitu hipotesis pertama tentang ada atau tidaknya korelasi positif (satu arah), hipotesis kedua tentang ada tidaknya korelasi negatif (satu arah), dan hipotesis ketiga tentang ada tidaknya korelasi positif atau negatif (dua arah) sesuai pada tabel 2.8.

$H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif

$H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

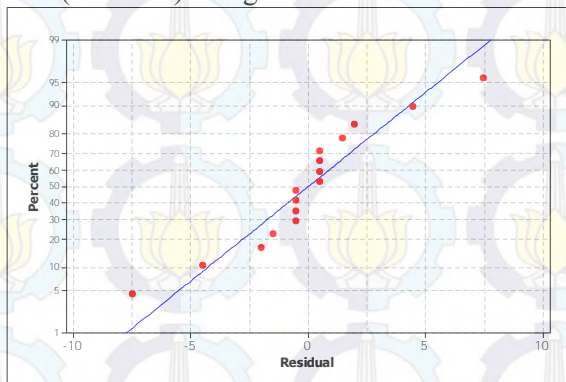
Pengambilan keputusan yang digunakan sesuai tabel 2.8.

Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.19.

Data yang dianalisis dengan perhitungan manual mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$  sehingga dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  diperoleh  $d_L$  yaitu 0,75. Diperoleh nilai  $d$  yaitu 1,573134. Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 1,573134$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $1,573134 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  diterima. Bahwa tidak ada korelasi positif atau negatif antar residual. Sehingga keputusan ini sesuai dengan hasil analisis ACF yaitu tidak ada korelasi antar residual maka asumsi residual independent telah terpenuhi pada taraf signifikansi 5%.

### 4.3.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal *Crack Near The Cap dan Lose Cap*

Agar mengetahui data yang diperoleh memenuhi distribusi normal atau tidak maka dilakukan analisis distribusi normal residual. Mengapa digunakan distribusi normal, karena setiap kejadian di alam dalam kehidupan sehari-hari pasti berdistribusi normal. Dimana dari data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis. Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan *Normal Probability Plot* dan Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*. Setelah dilakukan analisis diperoleh hasil normal probability plot dari model cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) sebagai berikut.



**Gambar 4.6** *Normal Probability Plot*

Normal Probability Plot gambar 4.6 diatas dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa plot merah berada di sekitar garis normal. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi berdistribusi normal secara visual, selanjutnya dilakukan Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov* untuk menguatkan keputusan yang diambil.

Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov* digunakan untuk mengetahui apakah residual sudah memenuhi asumsi distribusi normal atau tidak. Dimana dalam uji ini digunakan nilai D

dibandingkan dengan  $D_{\text{tabel}}$  *Kolmogorov Smirnov* dan P-value dibandingkan dengan  $\alpha$ . Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.20 dan lampiran H. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$

*Probability Plot* gambar lampiran H tertera bahwa nilai  $D$  untuk pengujian *Kolmogorov Smirnov* adalah 0,191 lebih kecil dari  $D_{(16;0,05)}=0,327$  serta nilai *P-value* = 0,121 lebih besar dari  $\alpha=0,05$  maka keputusan yang diambil adalah gagal tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan bahwa residual data telah memenuhi asumsi distribusi normal residual pada taraf signifikan 5%.

#### 4.4 ANOVA *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Hasil Transformasi *Arc Sin*

Hasil analisis ANOVA mengindikasikan adanya perbedaan variansi residual atau tidak identik maka dilakukan transformasi *arc sin*. Transformasi ini digunakan karena transformasi ini cocok untuk data yang terdapat nilai nol. Berikut merupakan ANOVA hasil transformasi cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) pada lampu TL 36 W. Sesuai dengan persamaan 2.17 dan data pada lampiran A diperoleh hasil analisis *software minitab* pada lampiran F dapat diringkan pada tabel 4.8.

Mengacu pada tabel 4.8 pengujian analisis faktorial dari data cacat yang telah di transformasi dengan tiga faktor menggunakan hipotesis sebagai berikut. Faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha_i = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

$H_1 : \alpha_i \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 7,45 dengan  $F_{(0,1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P$ -value 0,026. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P$ -value  $< 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*. Artinya faktor Panjang *Sealing Head* mempengaruhi cacat cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah di transformasi, hasil ini sama dengan hasil yang ditunjukkan pada data cacat sebelum transformasi.

**Tabel 4.8** ANOVA Hasil Transformasi Cacat

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	336,284	336,284	112,095	2,77	0,111
A	1	301,762	301,762	301,762	7,45	0,026
B	1	1,309	1,309	1,309	0,03	0,862
C	1	33,213	33,213	33,213	0,82	0,392
2-Way Interactions	3	38,019	38,019	12,673	0,31	0,816
A*B	1	9,554	9,554	9,554	0,24	0,640
A*C	1	14,564	14,564	14,564	0,36	0,565
B*C	1	13,901	13,901	13,901	0,34	0,574
3-Way Interactions	1	6,011	6,011	6,011	0,15	0,710
A*B*C	1	6,011	6,011	6,011	0,15	0,710
Residual Error	8	323,878	323,878	40,485		
PureError	8	323,878	323,878	40,485		
Total	15	704,192				

Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \beta_j = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \beta_j \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,03 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,752. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm. Artinya faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* tidak berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*).

Berat Semen (Faktor C) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \gamma_k = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

$H_1 : \gamma_k \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,82 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,392. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya faktor Berat Semen tidak signifikan berpengaruh terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah ditransformasi.

Pengaruh masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa hanya faktor Panjang Sealing Head yang signifikan mempengaruhi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah ditransformasi. Selanjutnya akan dilakukan pengujian pada masing-masing interaksi yang terbentuk dari ketiga faktor tersebut apakah memberi pengaruh atau tidak terhadap cacat

(*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data hasil transformasi yang telah dilakukan.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\beta_{ij} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \alpha\beta_{ij} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,24 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,640. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm. Artinya interaksi antara faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* tidak berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil transformasi.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\gamma_{ik} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\gamma_{ik} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,36 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,565. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai

$F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi antara faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen tidak berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil transformasi.

Interaksi Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \beta\gamma_{jk} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \beta\gamma_{jk} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,34 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,574. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dengan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi antara faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen tidak berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil transformasi.

Interaksi tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head*, Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\beta\gamma_{ijk} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\beta\gamma_{ijk} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 0,15 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,710. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  gagal ditolak. Jika  $H_0$  gagal ditolak maka tidak terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm, dan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi tiga faktor antara faktor Panjang *Sealing Head*, Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan Berat Semen tidak berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil transformasi.

Pengaruh interaksi masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa tidak terdapat interaksi yang berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) pada data cacat yang telah ditransformasi hasil ini menunjukkan hasil yang sama dengan pada saat data cacat sebelum dilakukan transformasi.

Tabel 4.9 merupakan estimasi parameter untuk masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Hasil estimasi ini diperoleh dari cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang telah ditransformasi agar dapat memenuhi asumsi identik. Sesuai dengan persamaan 2.10 sampai 2.16,



menggunakan data pada lampiran A dilakukan analisis dengan *software minitab* diperoleh hasil pada lampiran F diringkas pada tabel 4.9 berikut merupakan estimasi parameter untuk masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Efek faktor yang biasa disebut taraf faktor dapat dilihat pada tabel 4.9 bahwa masing-masing faktor memiliki taraf faktor yang berbeda.

**Tabel 4.9** Estimasi Parameter Hasil Transformasi Cacat

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		8,756	1,591	5,50	0,001
A	-8,686	-4,343	1,591	-2,73	0,026
B	-0,572	-0,286	1,591	-0,18	0,862
C	-2,882	-1,441	1,591	-0,91	0,392
A*B	1,545	0,773	1,591	0,49	0,640
A*C	1,908	0,954	1,591	0,60	0,565
B*C	-1,864	-0,932	1,591	-0,59	0,574
A*B*C	-1,226	-0,613	1,591	-0,39	0,710

Percobaan faktorial yang terdiri dari tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) pada data cacat yang telah ditransformasi menghasilkan model sebagai berikut mengacu pada tabel 4.9.

$$Y_{ijk} = 8,756 - 4,343A - 0,286B - 1,441C + 0,773AB + 0,954AC - 0,932BC - 0,613ABC$$

Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 54,01%. Variabilitas ini kecil dan banyak variabel yang tidak berpengaruh signifikan hal ini disebabkan karena pengulangan dalam percobaan sedikit dan faktor yang diamati hanya sedikit namun, setelah dilakukan transformasi variabilitas data meningkat walau tidak banyak. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan asumsi residual IIDN (Independen, Identik dan Distribusi Normal) untuk mengetahui apakah residual yang diperoleh independen, identik dan berdistribusi normal. Pembahasan sebelumnya asumsi identik belum terpenuhi, maka apakah penanggulangan asumsi telah dapat diatasi dengan transformasi, karena bila asumsi IIDN tidak

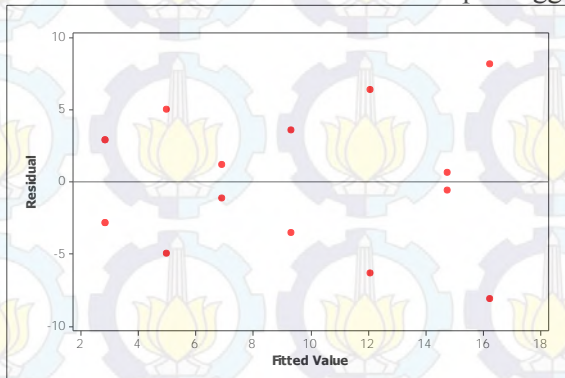
terpenuhi menyebabkan biasanya parameter yang ditaksir yang juga berpengaruh terhadap pengujian parameter yang dianalisis.

#### 4.5 Pengujian Asumsi Residual Model *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Hasil Transformasi *Arc Sin*

Asumsi residual klasik yaitu IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal). Bila asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka kesimpulan dari ANOVA belum tepat untuk digunakan karena model yang dihasilkan tidak robust (tetap). Berikut ini merupakan hasil uji asumsi dari residual model cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) dari data cacat yang telah ditransformasi.

##### 4.5.1 Pengujian Asumsi Identik *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Hasil Transformasi *Arc Sin*

Pembahasan sebelumnya asumsi identik belum dapat dipenuhi sehingga dilakukan transformasi untuk penanggulangannya. Residual data dapat dikatakan identik bila residual memiliki varians yang konstan. Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan dua cara yaitu Plot Residual Vs Fitted dan Uji *Glejser* dari data cacat hasil transformasi untuk penanggungan.



Gambar 4.7 Plot Residual vs Fitted Hasil Transformasi

Plot Residual vs Fits gambar 4.7 dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa terdapat pola corong dari plot residual dari data yang telah ditransformasi. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual belum memenuhi asumsi identik walaupun telah dilakukan penanggulangan dengan transformasi. Selanjutnya agar lebih meyakinkan keutusan hasil analisis visual maka dilakukan uji *Glejser* apakah residual data walaupun telah ditransformasi masih tidak identik.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$$

**Tabel 4.10** ANOVA Absolut Residual Data Hasil Transformasi

Sumber Variansi	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	11,242	11,242	11,242	14,89	0,004
B	1	49,502	49,502	49,502	65,58	0,000
C	1	6,343	6,343	6,343	8,40	0,018
A*B	1	10,534	10,534	10,534	13,96	0,005
A*C	1	1,617	1,617	1,617	2,14	0,177
B*C	1	4,679	4,679	4,679	6,20	0,034
Error	9	6,793	6,793	0,755		
Total	15	90,771				

Sesuai dengan hipotesis diatas dan statistik uji pada persamaan 2.18 mengacu pada tabel 4.10 maka diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak pada faktor A, B, C interaksi AB, dan interaksi BC pada  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46.  $H_0$  ditolak berarti faktor-faktor tersebut terdapat perbedaan varians yang signifikan sehingga dapat dikatakan faktor-faktor tersebut menyebabkan residual data tidak identik dilihat pada tabel 4.10. Pembahasan sebelumnya saat data tidak ditransformasi faktor C tidak signifikan namun setelah ditransformasi menjadi signifikan yang artinya menyebabkan residual data tidak identik. Interaksi tiga faktor tidak diikuti dalam regresi dengan absolut residual karena menyebabkan nilai *mean square error* bernilai nol secara numerik yang menyebabkan tidak dapat dikalkulasi nilai  $F_{hitung}$ . Sehingga, dari pengujian diperoleh bahwa asumsi identik belum

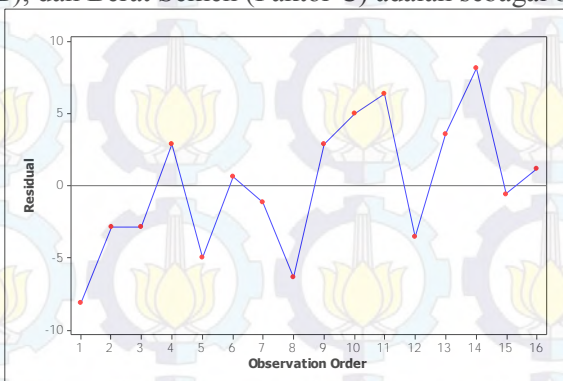
dapat terpenuhi walaupun telah dilakukan penanggulangan asumsi dengan transformasi.

Asumsi identik mungkin tidak terpenuhi karena terdapat data pencilan. Namun, pada analisis ini data pencilan tidak dapat dihilangkan karena bila dihilangkan data tidak dapat dianalisis serta data salah satu kombinasi dalam faktor akan hilang. Maka, diperlukan cara lain untuk memnanggulangi asumsi identik yang belum terpenuhi. Selanjutnya akan dilakukan penanggulangan dengan cara memberi pemboobot pada cacat yang sekiranya akan dapat memenuhi asumsi identik.

#### 4.5.2 Pengujian Asumsi Independen *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap* Hasil Transformasi Arc Sin

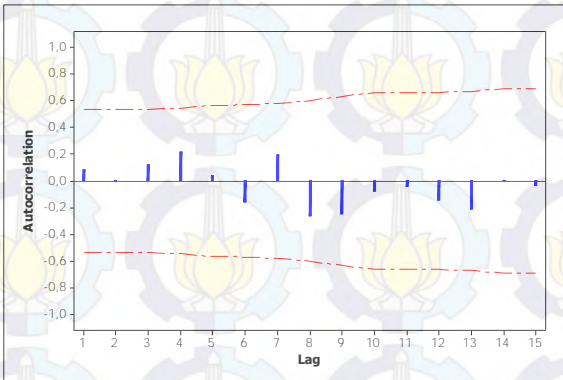
Independensi residual berarti masing-masing residual tidak mempunyai hubungan. Analisis dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan menggunakan plot residual vs order, plot ACF (*Autocorrelation Function*) residual dan menggunakan uji Durbin Watson dari data cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) hasil transformasi.

Residual vs order dari model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) hasil transformasi yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) adalah sebagai berikut.



Gambar 4.8 Plot Residual vs Order Hasil Transformasi

Plot Residual vs Order gambar 4.8 dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa tidak terdapat pola khusus dari plot residual data cacat yang telah ditransformasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi independent secara visual. Kemudian dilanjutkan dengan ACF (*Autocorrelation Function*) dan Uji Durbin Watson. Dari hasil residual model data hasil transformasi diperoleh plot ACF sebagai berikut.



**Gambar 4.9** Plot ACF Hasil Transformasi

Gambar 4.9 yaitu Plot ACF menunjukkan bahwa residual yang ditunjukkan dengan garis biru (lag) tidak melewati batas garis merah maka dapat dikatakan bahwa residual model tidak memiliki autokorelasi atau saling independent. Sehingga dengan analisis dengan Plot ACF (*Autocorrelation Function*) asumsi residual independen telah terpenuhi. Hasil ini sama dengan hasil pada residual data sebelum dilakukan transformasi.

Asumsi residual independent agar lebih meyakinkan dapat dilakukan dengan uji Durbin Watson. Hipotesis yang digunakan dalam uji ini sama dengan hipotesis yang digunakan pada pembahasan sebelumnya.

$H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif

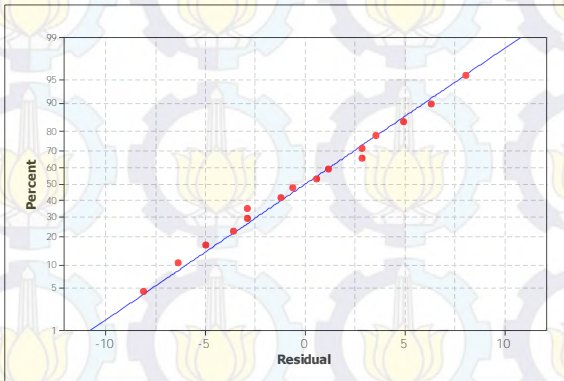
$H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

Pengambilan keputusan yang digunakan seperti tabel 2.8 sesuai dengan analisis sebelumnya. Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.19.

Data yang dianalisis dengan perhitungan manual mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$  sehingga dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  diperoleh  $d_L$  yaitu 0,75. Diperoleh nilai  $d$  yaitu 1,615407. Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 1,615407$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $1,615407 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  diterima. Bahwa tidak ada korelasi positif atau negatif antar residual. Sehingga keputusan ini sesuai dengan hasil analisis ACF yaitu tidak ada korelasi antar residual dengan menggunakan data cacat hasil transformasi maka asumsi residual independent telah terpenuhi pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji asumsi ini sesuai dengan hasil uji asumsi sebelumnya hanya saja nilai statistik uji meningkat karena hasil transformasi.

#### 4.5.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Hasil Transformasi Arc Sin

Distribusi normal selalu digunakan dalam pengujian asumsi residual karena setiap kejadian di alam dalam kehidupan sehari-hari pasti berdistribusi normal, selain itu agar model yang dihasilkan tidak bias. Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan *Normal Probability Plot* dan Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov. *Normal Probability Plot* diperoleh setelah dilakukan analisis dari model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) hasil transformasi yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) sebagai berikut.



**Gambar 4.10** Normal Probability Plot Hasil Transformasi

*Normal Probability Plot* gambar 4.10 diatas dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa plot merah berada di sekitar garis normal. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi berdistribusi normal secara visual sama dengan hasil data cacat sebelum transformasi, selanjutnya dilakukan Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov* untuk menguatkan keputusan yang diambil. Dimana dalam uji ini digunakan nilai  $D$  dibandingkan dengan  $D_{\text{tabel}}$  *Kolmogorov Smirnov* dan  $P$ -value dibandingkan dengan  $\alpha$ . Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.20. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0$  :  $F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$

$H_1$  :  $F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$

*Probability Plot* pada lampiran I tertera bahwa nilai  $D=0,106$  lebih kecil dari  $D_{(16;0,05)}=0,327$  serta nilai  $P$ -value =  $0,150$  lebih besar dari  $\alpha = 0,05$  maka keputusan yang diambil adalah gagal tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan bahwa residual data hasil transformasi telah memenuhi asumsi distribusi normal residual pada taraf signifikan 5%. Hasil ini juga menunjukkan hasil yang sama pada pengujian sebelumnya saat data belum ditransformasi yaitu memenuhi asumsi distribusi normal.

#### 4.6 ANOVA *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Terboboti

Hasil analisis ANOVA mengindikasikan adanya perbedaan variansi residual atau tidak identik maka dilakukan transformasi ars sin namun hasil transformasi masih tidak identik maka dilakukan penanggulangan dengan memberi pembobot. Pembobot yang digunakan sebelumnya tidak diketahui namun bisa ditaksir dengan menggunakan sisaan dari data awal yang dikuadratkan. Berikut merupakan ANOVA hasil pembobotan pada cacat (*Crack Near The Cap dan Lose Cap*) sesuai dengan persamaan 2.17 dan data pada lampiran A diperoleh hasil analisis *software minitab* pada lampiran G dapat diringkas pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11** ANOVA Hasil Cacat Terboboti

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	550,84	550,84	183,615	43,82	0,000
A	1	68,25	68,26	68,259	16,29	0,004
B	1	250,32	250,32	250,317	59,74	0,000
C	1	232,27	232,27	232,267	55,43	0,000
2-Way Interactions	3	404,42	404,42	134,807	32,17	0,000
A*B	1	110,00	110,00	110,000	26,25	0,001
A*C	1	98,15	98,15	98,148	23,42	0,001
B*C	1	196,27	196,27	196,271	46,84	0,000
3-Way Interactions	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
A*B*C	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
Residual Error	8	33,52	33,52	4,190		
PureError	8	33,52	33,52	4,190		
Total	15	1117,45				

Mengacu pada tabel 4.11 pengujian analisis faktorial dari data cacat yang telah di beri pembobot dengan tiga faktor menggunakan hipotesis sebagai berikut. Panjang *Sealing Head* (Faktor A) diuji dengan menggunakan hipotesis:



$H_0 : \alpha_i = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

$H_1 : \alpha_i \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 16,29 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,004. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*. Artinya faktor Panjang *Sealing Head* mempengaruhi cacat cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah terboboti, hasil ini sama dengan hasil yang ditunjukkan pada data cacat sebelum transformasi, dan setelah transformasi.

Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \beta_j = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \beta_j \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 59,74 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,000. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm. Artinya faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* berpengaruh signifikan terhadap cacat

(*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah terboboti.

Berat Semen (Faktor C) diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \gamma_k = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

$H_1 : \gamma_k \neq 0$  artinya ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 55,43 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,000. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya faktor Berat Semen signifikan berpengaruh terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah terboboti.

Pengaruh masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa faktor Panjang Sealing Head (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), Berat Semen (Faktor C) signifikan mempengaruhi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah diboboti. Hasil ini sangat berbeda jauh dengan hasil-hasil analisis sebelumnya. Selanjutnya akan dilakukan pengujian pada masing-masing interaksi yang terbentuk dari ketiga faktor tersebut apakah memberi pengaruh atau tidak terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data hasil pembobotan yang telah dilakukan.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\beta_{ij} = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

$H_1 : \alpha\beta_{ij} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 26,25 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,001. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm. Artinya interaksi antara faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil pembobotan.

Interaksi Panjang *Sealing Head* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\gamma_{ik} = 0$  artinya tidak ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\gamma_{ik} \neq 0$  artinya ada perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 23,42 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,001. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go* dengan Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi antara faktor Panjang *Sealing Head* dengan faktor Berat Semen

berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat yang telah diberi pembobot.

Interaksi Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \beta\gamma_{jk} = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

$H_1 : \beta\gamma_{jk} \neq 0$  artinya ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 46,84 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P\text{-value}$  0,000. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P\text{-value} < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm dengan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi antara faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan faktor Berat Semen berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat hasil transformasi.

Interaksi tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head*, Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan Berat Semen diuji dengan menggunakan hipotesis:

$H_0 : \alpha\beta\gamma_{ijk} = 0$  artinya tidak ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

$H_1 : \alpha\beta\gamma_{ijk} \neq 0$  artinya ada perbedaaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan faktor Berat Semen

Nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh yaitu 30,70 dengan  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46 dan  $P-value$  0,001. Dengan daerah penolakan  $H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau  $P-value < 0,1$ . Maka diambil keputusan  $H_0$  ditolak. Jika  $H_0$  ditolak maka terdapat perbedaan jumlah cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap interaksi tiga faktor yaitu faktor Panjang *Sealing Head* dengan tipe Panjang *Sealing Head* 6,8 mm/Diameter *Go* dan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*, faktor Jarak Semen dari Bibir *Cap* dengan tipe Jarak Semen dari Bibir *Cap* 1,5 mm dan Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm, dan faktor Berat Semen dengan tipe Berat Semen 1,3 gr dan Berat Semen 1,7 gr. Artinya interaksi tiga faktor antara faktor Panjang *Sealing Head*, Jarak Semen dari Bibir *Cap*, dan Berat Semen berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) dari data cacat terboboti.

Pengaruh interaksi masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) diperoleh bahwa terdapat interaksi yang berpengaruh signifikan terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) pada data cacat yang telah terboboti hasil ini menunjukkan hasil yang jauh berbeda dengan pada saat data cacat sebelum dilakukan transformasi dan setelah dilakukan transformasi.

Sesuai dengan persamaan 2.10 sampai 2.16, menggunakan data pada lampiran A dilakukan analisis dengan *software minitab* diperoleh hasil pada lampiran F diringkaskan pada tabel 4.12 berikut merupakan estimasi parameter untuk masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Efek faktor yang biasa disebut taraf faktor dapat dilihat pada tabel 4.12 bahwa masing-masing faktor memiliki taraf faktor yang berbeda.

**Tabel 4.12** Estimasi Parameter Hasil Cacat Terboboti

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4,732	0,5118	9,25	0,000
A	-4,131	-2,065	0,5118	-4,04	0,004
B	7,911	3,955	0,5118	7,73	0,000
C	-7,620	-3,810	0,5118	-7,45	0,000
A*B	-5,244	-2,622	0,5118	-5,12	0,001
A*C	4,953	2,477	0,5118	4,84	0,001
B*C	-7,005	-3,502	0,5118	-6,84	0,000
A*B*C	5,672	2,836	0,5118	5,54	0,001

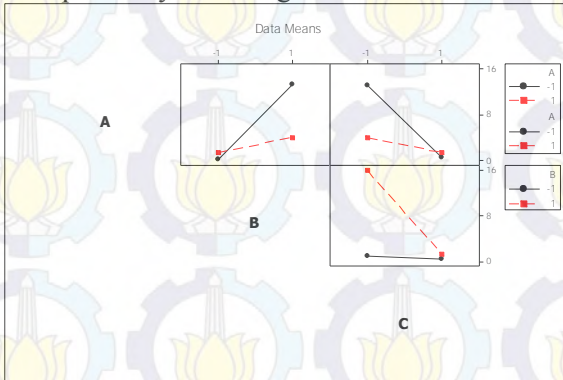
Percobaan faktorial yang terdiri dari tiga faktor yaitu Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) pada data cacat yang telah diberi pembobot menghasilkan model mengacu pada tabel 4.12 sebagai berikut.

$$\frac{Y_{ijk}}{\hat{\sigma}_i} = \frac{4,732}{\hat{\sigma}_i} - \frac{2,065}{\hat{\sigma}_i} A + \frac{3,955}{\hat{\sigma}_i} B - \frac{3,810}{\hat{\sigma}_i} C - \frac{2,622}{\hat{\sigma}_i} AB + \frac{2,477}{\hat{\sigma}_i} AC - \frac{3,502}{\hat{\sigma}_i} BC + \frac{2,836}{\hat{\sigma}_i} ABC$$

Pada model tersebut dapat dilihat bahwa semua variabel signifikan berpengaruh terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 97,00%. Variabilitas ini sudah tinggi dan cukup memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai model karena semua variabel juga telah signifikan berbeda jauh dengan hasil-hasil sebelum diberi pembobot model tidak dapat digunakan karena variabilitas data yang ditangkap model sangat kecil dan banyak variabel yang tidak signifikan berpengaruh terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*). Selanjutnya dilakukan pemeriksaan asumsi residual IIDN (Independen, Identik dan Distribusi Normal) untuk mengetahui apakah residual yang diperoleh independen, identik dan berdistribusi normal. Pembahasan sebelumnya asumsi identik belum terpenuhi, maka apakah penanggulangan asumsi telah dapat diatasi dengan pembobotan, karena bila asumsi IIDN tidak terpenuhi

menyebabkan biasanya parameter yang ditaksir yang juga berpengaruh terhadap pengujian parameter yang dianalisis.

Secara visual interaksi model yang telah diboboti dapat dilihat pada gambar *interaction plot* lampiran I mengacu pada data pada lampiran A yaitu sebagai berikut.



**Gambar 4.11** *Interaction Plot* Data Terboboti

Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa terdapat interaksi antara Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dengan Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) ksrena pada gambar terjadi persilangan yang ditunjukkan dengan garis merah dan hitam. Hal ini mendukung hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Interaksi Panjang *Sealing Head* (Faktor A) dengan Berat Semen (Faktor C) diketahui pula pada gambar sesuai dengan ANOVA. Cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) juga banyak dihasilkan pada interaksi antara Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B) dengan Berat Semen (Faktor C).

#### 4.7 Pengujian Asumsi Residual Model *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap* Terboboti

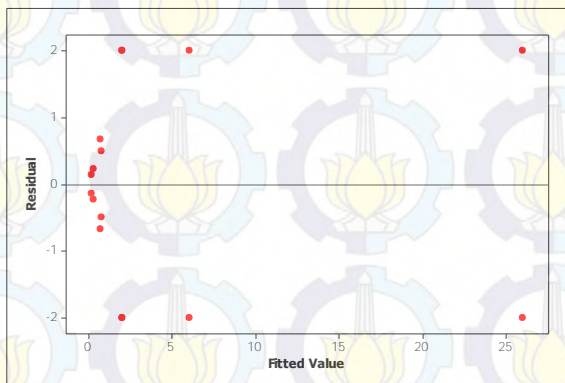
Asumsi residual klasik yaitu IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal). Bila asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka kesimpulan dari ANOVA belum tepat untuk digunakan karena model yang dihasilkan tidak robust (tetap). Berikut ini merupakan hasil uji asumsi dari resiadual model cacat (*Crack Near The Cap*

dan *Lose Cap*) yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) dari data cacat yang telah terboboti.

#### 4.7.1 Pengujian Asumsi Indentik *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Terboboti

Pembahasan sebelumnya asumsi indentik belum dapat dipenuhi walaupun telah melakukan penanggulangan dengan transformasi, maka kali ini digunakan bobot untuk penanggulangannya. Residual data dapat dikatakan indentik bila residual memiliki varians yang konstan. Pemeriksaan asumsi ini dilakukan dengan dua cara yaitu Plot Residual Vs Fits dan Uji *Gleiser* dari data cacat hasil transformasi untuk penanggulangan.

Plot Residual vs Fits gambar 4.12 di atas dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa tidak terdapat pola corong dari plot residual dari data yang telah terboboti. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi indentik. Selanjutnya agar lebih meyakinkan keputusan hasil analisis visual maka dilakukan uji *Gleiser* apakah residual data telah memenuhi asumsi indentik.



**Gambar 4.12** Plot Residual vs Fits Data Cacat Terboboti



$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$$

**Tabel 4.13** ANOVA Absolut Residual Data Cacat Terboboti

Sumber Variansi	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	3,6311	3,6311	3,6311	15,31	0,004
B	1	3,0237	3,0237	3,0237	12,75	0,006
C	1	1,8830	1,8830	1,8830	7,49	0,020
A*B	1	0,1645	0,1645	0,1645	0,69	0,427
A*C	1	0,0015	0,0015	0,0015	0,01	0,938
B*C	1	0,0163	0,0163	0,0163	0,07	0,799
Error	9	2,1348	2,1348	0,2372		
Total	15	10,8550				

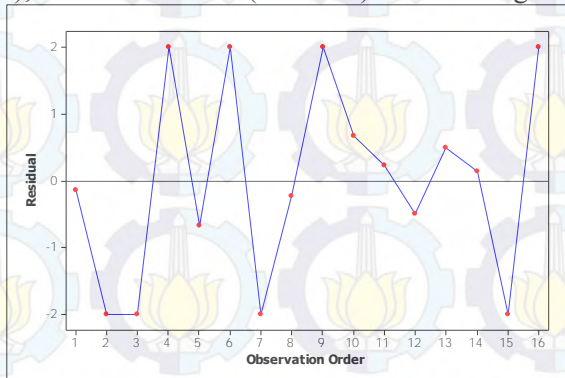
Sesuai dengan hipotesis diatas dan statistik uji pada persamaan 2.18 mengacu pada tabel 4.13 maka diperoleh keputusan  $H_0$  ditolak pada faktor A, B, C pada  $F_{(0,1;1;8)}$  yaitu 3,46.  $H_0$  ditolak berarti faktor-faktor tersebut terdapat perbedaan variansi yang signifikan sehingga dapat dikatakan faktor-faktor tersebut menyebabkan residual data tidak identik. Pembobotan yang dilakukan ternyata belum berhasil menangani masalah asumsi identik yang belum terpenuhi, karena lagi-lagi faktor pada analisis sebelumnya tetap berpengaruh signifikan terhadap absolut residualnya. Interaksi tiga faktor tidak diikuti dalam regresi dengan absolut residual karena menyebabkan nilai *mean square error* bernilai nol secara numerik yang menyebabkan tidak dapat dikalkulasi nilai  $F_{hitung}$ . Sehingga, dari pengujian diperoleh bahwa asumsi identik belum dapat terpenuhi walaupun telah dilakukan penanggulangan asumsi dengan pembobotan.

Asumsi identik mungkin tidak terpenuhi karena terdapat data pencilan. Namun, pada analisis ini data pencilan tidak dapat dihilangkan karena bila dihilangkan data tidak dapat dianalisis serta data salah satu kombinasi dalam faktor akan hilang.

#### 4.7.2 Pengujian Asumsi Independen *Crack Near The Cap* dan *Lose Cap* Terboboti

Independensi residual berarti masing-masing residual tidak mempunyai hubungan. Analisis dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan menggunakan plot residual vs order, plot ACF (*Autocorrelation Function*) residual dan menggunakan uji Durbin Watson dari data cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) hasil pembobotan.

Residual vs order dari model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) hasil transformasi yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) adalah sebagai berikut.

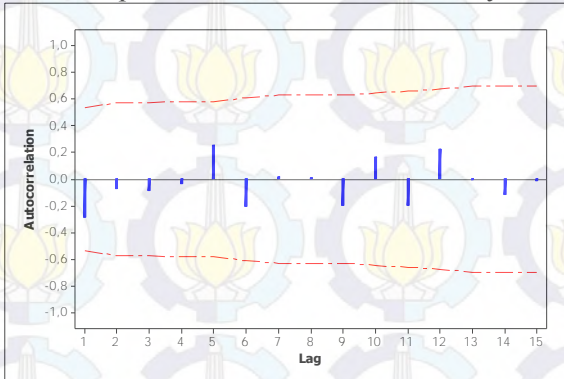


Gambar 4.13 Plot Residual vs Order Data Cacat Terboboti

Plot Residual vs Order gambar 4.13 dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa tidak terdapat pola khusus dari plot residual data cacat yang telah terboboti. Sehingga dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi independen secara visual. Kemudian dilanjutkan dengan ACF (*Autocorrelation Function*) dan Uji Durbin Watson.

Gambar 4.14 yaitu Plot ACF menunjukkan bahwa residual yang ditunjukkan dengan garis biru (lag) tidak melewati batas garis merah maka dapat dikatakan bahwa residual model tidak memiliki autokorelasi atau saling independen. Sehingga dengan

analisis dengan Plot ACF (*Autocorrelation Function*) asumsi residual independen telah terpenuhi. Hasil ini sama dengan hasil pada residual data pada analisis-analisis sebelumnya.



**Gambar 4.14** Plot ACF Data Cacat Terboboti

Asumsi residual independent agar lebih meyakinkan dapat dilakukan dengan uji Durbin Watson. Hipotesis yang digunakan dalam uji ini sama dengan hipotesis yang digunakan pada pembahasan sebelumnya.

$H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif

$H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

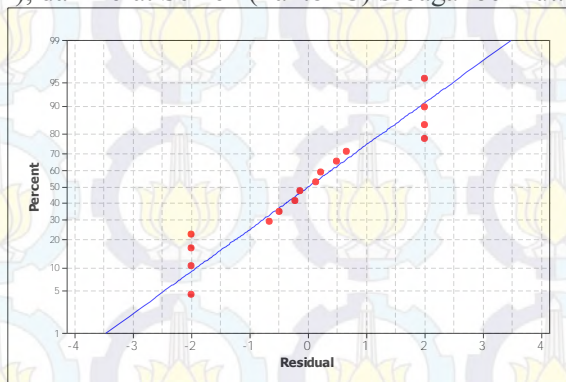
Pengambilan keputusan yang digunakan seperti tabel 2.8 sesuai dengan analisis sebelumnya. Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.19.

Data yang dianalisis mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$  sehingga dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  diperoleh  $d_L$  yaitu 0,75. Diperoleh nilai  $d$  yaitu 2,445706. Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 2,445706$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $2,445706 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  gagal ditolak. Bahwa tidak ada korelasi positif atau negatif antar residual. Sehingga keputusan ini sesuai dengan hasil analisis ACF yaitu tidak ada korelasi antar residual dengan menggunakan data cacat terboboti maka asumsi residual independen telah terpenuhi pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji asumsi ini sesuai dengan hasil uji

asumsi sebelumnya hanya saja nilai statistik uji meningkat karena hasil pembobotan.

#### 4.7.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal *Crack Near The Cap dan Lose Cap* Terboboti

Distribusi normal selalu digunakan dalam pengujian asumsi residual karena setiap kejadian di alam dalam kehidupan sehari-hari pasti berdistribusi normal, selain itu agar model yang dihasilkan tidak bias. Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan *Normal Probability Plot* dan Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov. *Normal Probability Plot* diperoleh setelah dilakukan analisis dari model cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terboboti yang dimodelkan dengan tiga faktor yaitu *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) sebagai berikut.



**Gambar 4.15** *Normal Probability Plot* Data Cacat Terboboti

*Normal Probability Plot* gambar 4.15 dapat dilihat secara visual menunjukkan bahwa plot merah berada di sekitar garis normal. Sehingga dari hasil ini dapat dikatakan bahwa residual sudah memenuhi asumsi berdistribusi normal secara visual sama dengan hasil data cacat sebelum transformasi, selanjutnya dilakukan Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov* untuk menguatkan keputusan yang diambil. Dimana dalam uji ini digunakan nilai  $D$  dibandingkan dengan  $D_{\text{tabel}}$  *Kolmogorov Smirnov* dan P-value

dibandingkan dengan  $\alpha$ . Statistik uji yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.20. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$

*Probability Plot* pada lampiran J tertera bahwa nilai  $D=0,106$  lebih kecil dari  $D_{(16;0,05)}=0,327$  serta nilai  $P\text{-value} = 0,150$  lebih besar dari  $\alpha = 0,05$  maka keputusan yang diambil adalah gagal tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan bahwa residual data hasil transformasi telah memenuhi asumsi distribusi normal residual pada taraf signifikan 5%. Hasil ini juga menunjukkan hasil yang sama pada pengujian sebelumnya yaitu memenuhi asumsi distribusi normal.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) pada lampu TL di PT Philips Lighting Surabaya dipengaruhi secara signifikan oleh faktor-faktor: (i) berat semen, (ii) jarak semen dengan bibir cap, (iii) panjang/diameter *sealing head*. Oleh karena itu, perusahaan harus menjaga agar panjang *sealing head* 6,8 mm/ Diameter Go, Jarak Semen dengan Bibir Cap 1,5 mm dan Berat Semen kurang lebih 1,3 gr sehingga jumlah cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) dapat seminimum mungkin.

### 5.2 Saran

Analisis yang telah dilakukan belum memenuhi asumsi identik. Hal ini disebabkan karena terdapat data pencilan yaitu pada kombinasi perlakuan Panjang *Sealing Head* kurang dari 6,5 mm/Diameter *No Go*, Jarak Semen dari Bibir *Cap* 0 mm, dan Berat Semen 1,7 gr. Pada analisis ini data tidak dapat dihilangkan karena akan menyebabkan data tidak dapat dianalisis. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya pengulangan di tiap kombinasi dilakukan lebih dari dua kali dan faktor yang mempengaruhi lebih dikaji secara produksi.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. 2007. *Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Arifin, Miftachul. 2012. *Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen Gls (General Lighting Services) Pt. Philips Lighting Surabaya*. S1 Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Fatima, Ayu. 2012. *Optimasi Lumen, Wattage dan Life Time Pada Lampu Gls Produksi PT Philips Indonesia Secara Serentak dengan Pendekatan Fungsi Desirability*. S1 Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Gujarati, Damodar N. dan Porter, Dawn C. 2013. *Dasar-dasar Ekonometrika Edisi 5 Buku 1*. Salemba Empat. Jakarta
- Montgomery, Douglas C. 2001. *Design and Analysis of Experiment 5<sup>th</sup> Edition*. John Willey & Sons, Inc. New York
- PT Philips Lighting Surabaya. 2013. *VTL-Contol Plan*. Edition 5 Revision 6. Surabaya





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Data Untuk Analisis

A	B	C	Jumlah Cacat	Jumlah Cacat Transformasi	Jumlah Cacat Terboboti
1	1	1	0	0,000	0,000
1	1	1	1	5,737	4,000
1	1	2	1	5,737	4,000
1	1	2	2	8,127	8,000
1	2	1	0	0,000	0,000
1	2	1	3	9,970	1,333
1	2	2	0	0,000	0,000
1	2	2	1	5,737	4,000
2	1	1	1	5,737	0,250
2	1	1	5	12,916	1,250
2	1	2	7	15,336	28,000
2	1	2	6	14,173	24,000
2	2	1	1	5,737	0,049
2	2	1	10	18,428	0,494
2	2	2	2	8,127	0,036
2	2	2	17	24,340	0,302

#### **A (Panjang/Diameter *sealing head*)**

1 : A<sup>+</sup> (Panjang *sealing head* 6,8 mm/Diameter Go)

2 : A<sup>-</sup> (Panjang *sealing head* < 6,5 mm/Diameter No Go)

#### **B (Jarak Semen dengan Bibir Cap)**

1 : B<sup>+</sup> (Jarak Semen dengan Bibir Cap 1,5 mm)

2 : B<sup>-</sup> (Jarak Semen dengan Bibir Cap 0 mm)

#### **C (Berat Semen)**

1 : C<sup>+</sup> (Berat Semen 1,3gr)

2 : C<sup>-</sup> (Berat Semen 1,7gr)

### Lampiran B. Tabulasi Silang Tiga Dimensi

Panjang			Berat_cemen		Total	
			Berat cement 1,3gr	Berat cement 1,7gr		
panjang sealing head 6,8 mm/ Go	No cement	Count	1	3	4	
	1,5 mm	% of Total	12,5%	37,5%	50,0%	
	no_cemen	No cement	Count	3	1	4
		1,5 mm	% of Total	37,5%	12,5%	50,0%
	Total	Count	4	4	8	
		% of Total	50,0%	50,0%	100,0%	
panjang sealing head < 6,5 mm/ No Go	No cement	Count	6	13	19	
	1,5 mm	% of Total	12,2%	26,5%	38,8%	
	no_cemen	No cement	Count	11	19	30
		1,5 mm	% of Total	22,4%	38,8%	61,2%
	Total	Count	17	32	49	
		% of Total	34,7%	65,3%	100,0%	
Total	No cement	Count	7	16	23	
	1,5 mm	% of Total	12,3%	28,1%	40,4%	
	no_cemen	No cement	Count	14	20	34
		1,5 mm	% of Total	24,6%	35,1%	59,6%
	Total	Count	21	36	57	
		% of Total	36,8%	63,2%	100,0%	

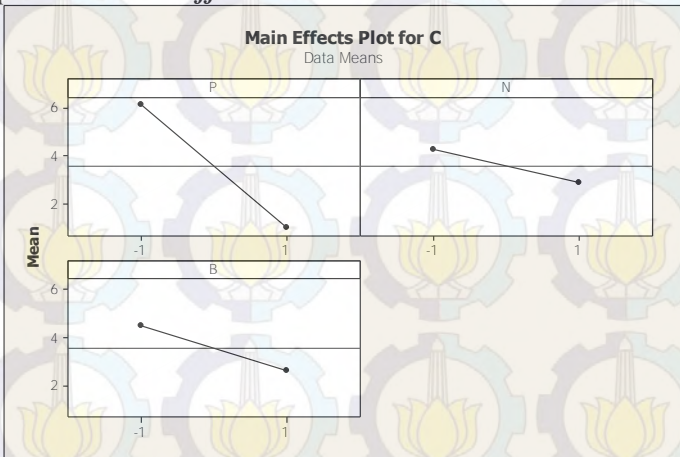
### Lampiran C. Tabulasi Silang Dua Dimensi

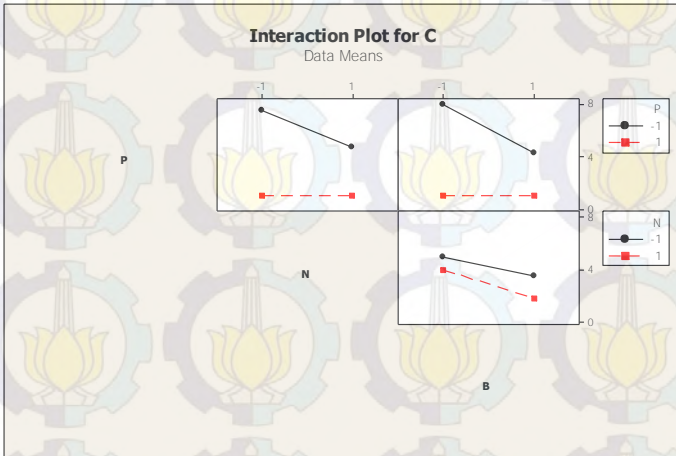
		no_cemen		Total
		No cement 1,5 mm	No cement	
panjang	panjang sealing head 6,8 mm/ Go	Count 4	4	8
	% of Total	7,0%	7,0%	14,0%
	panjang sealing head < 6,5 mm/ No Go	Count 19	30	49
	% of Total	33,3%	52,6%	86,0%
Total	Count	23	34	57
	% of Total	40,4%	59,6%	100,0%

		berat_cemen		Total
		Berat cement 1,3gr	Berat cement 1,7gr	
panjang	panjang sealing head 6,8 mm/ Go	Count 4	4	8
	% of Total	7,0%	7,0%	14,0%
	panjang sealing head < 6,5 mm/ No Go	Count 17	32	49
	% of Total	29,8%	56,1%	86,0%
Total	Count	21	36	57
	% of Total	36,8%	63,2%	100,0%

			no_cemen		Total
			No cement 1,5 mm	No cement	
berat_cemen	Berat cement 1,3gr	Count % of Total	7 12,3%	14 24,6%	21 36,8%
	Berat cement 1,7gr	Count % of Total	16 28,1%	20 35,1%	36 63,2%
	Total	Count % of Total	23 40,4%	34 59,6%	57 100,0%

**Lampiran D. Main Effect Plot dan Interaction Plot**





### Lampiran E. Analisis of Variance (ANOVA)

#### Factorial Fit: C versus P; N; B

Estimated Effects and Coefficients for C (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		3,563	1,144	3,11	0,014
P	-5,125	-2,563	1,144	-2,24	0,055
N	-1,375	-0,688	1,144	-0,60	0,564
B	-1,875	-0,937	1,144	-0,82	0,436
P*N	1,375	0,687	1,144	0,60	0,564
P*B	1,875	0,937	1,144	0,82	0,436
N*B	-0,375	-0,188	1,144	-0,16	0,874
P*N*B	-0,625	-0,312	1,144	-0,27	0,792

S = 4,57575

PRESS = 670

R-Sq = 47,32%

R-Sq(pred) = 0,00%

R-Sq(adj) = 1,22%

Analysis of Variance for C (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	126,688	126,688	42,229	2,02	0,190
P	1	105,063	105,063	105,063	5,02	0,055
N	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
B	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436
2-Way Interactions	3	22,187	22,187	7,396	0,35	0,788
P*N	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
P*B	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436
N*B	1	0,563	0,563	0,563	0,03	0,874
3-Way Interactions	1	1,562	1,562	1,562	0,07	0,792
P*N*B	1	1,562	1,562	1,562	0,07	0,792
Residual Error	8	167,500	167,500	20,937		
Pure Error	8	167,500	167,500	20,938		
Total	15	317,938				

## Lampiran F. Analisis of Variance (ANOVA) Setelah Transformasi Arc Sin

### Factorial Fit: C2 versus A; B; C

Estimated Effects and Coefficients for C2 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		8,756	1,591	5,50	0,001
A	-8,686	-4,343	1,591	-2,73	0,026
B	-0,572	-0,286	1,591	-0,18	0,862
C	-2,882	-1,441	1,591	-0,91	0,392
A*B	1,545	0,773	1,591	0,49	0,640
A*C	1,908	0,954	1,591	0,60	0,565
B*C	-1,864	-0,932	1,591	-0,59	0,574
A*B*C	-1,226	-0,613	1,591	-0,39	0,710

S = 6,36277

PRESS = 1295,51

R-Sq = 54,01%

R-Sq(pred) = 0,00%

R-Sq(adj) = 13,76%

Analysis of Variance for C2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	336,284	336,284	112,095	2,77	0,111
A	1	301,762	301,762	301,762	7,45	0,026
B	1	1,309	1,309	1,309	0,03	0,862
C	1	33,213	33,213	33,213	0,82	0,392
2-Way Interactions	3	38,019	38,019	12,673	0,31	0,816
A*B	1	9,554	9,554	9,554	0,24	0,640
A*C	1	14,564	14,564	14,564	0,36	0,565
B*C	1	13,901	13,901	13,901	0,34	0,574
3-Way Interactions	1	6,011	6,011	6,011	0,15	0,710
A*B*C	1	6,011	6,011	6,011	0,15	0,710
Residual Error	8	323,878	323,878	40,485		
Pure Error	8	323,878	323,878	40,485		
Total	15	704,192				



### Lampiran G. Analisis of Variance (ANOVA) Setelah Pembobotan

#### Factorial Fit: y/bobot versus A; B; C

Estimated Effects and Coefficients for y/bobot (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4,732	0,5118	9,25	0,000
A	-4,131	-2,065	0,5118	-4,04	0,004
B	7,911	3,955	0,5118	7,73	0,000
C	-7,620	-3,810	0,5118	-7,45	0,000
A*B	-5,244	-2,622	0,5118	-5,12	0,001
A*C	4,953	2,477	0,5118	4,84	0,001
B*C	-7,005	-3,502	0,5118	-6,84	0,000
A*B*C	5,672	2,836	0,5118	5,54	0,001

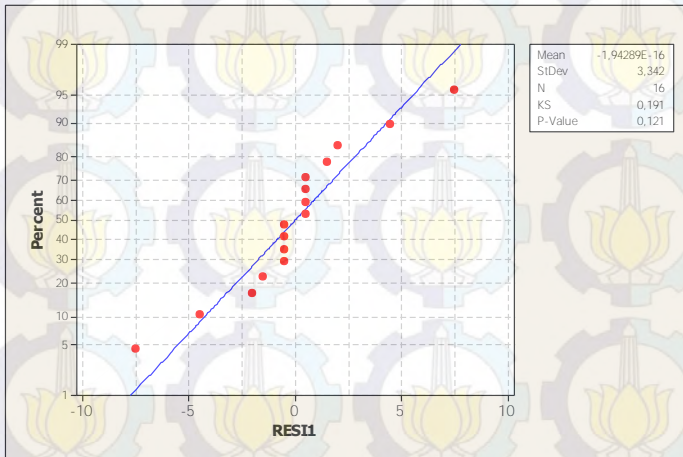
S = 2,04705 PRESS = 134,093

R-Sq = 97,00% R-Sq(pred) = 88,00% R-Sq(adj) = 94,38%

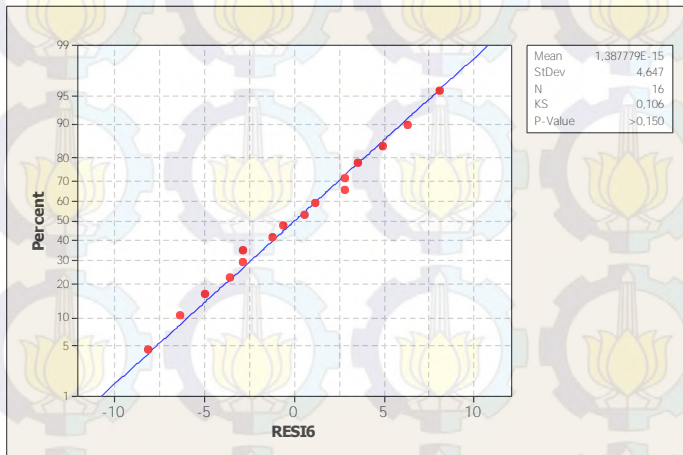
Analysis of Variance for y/bobot (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	550,84	550,84	183,615	43,82	0,000
A	1	68,26	68,26	68,259	16,29	0,004
B	1	250,32	250,32	250,317	59,74	0,000
C	1	232,27	232,27	232,267	55,43	0,000
2-Way Interactions	3	404,42	404,42	134,807	32,17	0,000
A*B	1	110,00	110,00	110,000	26,25	0,001
A*C	1	98,15	98,15	98,148	23,42	0,001
B*C	1	196,27	196,27	196,271	46,84	0,000
3-Way Interactions	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
A*B*C	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
Residual Error	8	33,52	33,52	4,190		
Pure Error	8	33,52	33,52	4,190		
Total	15	1117,45				

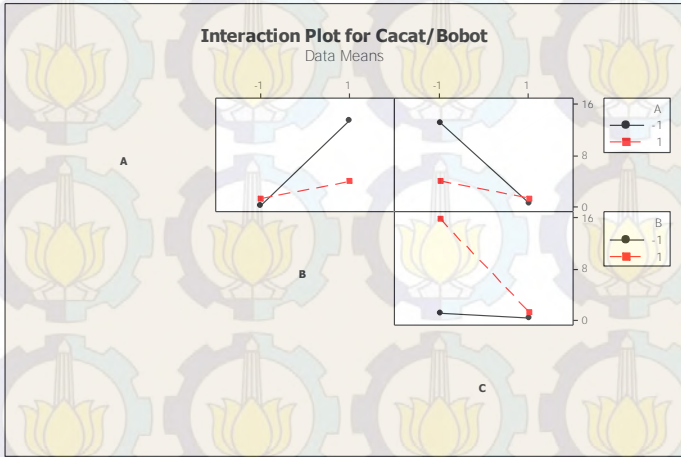
### Lampiran H. Normal Probability Plot Kolmogorov Smirnov



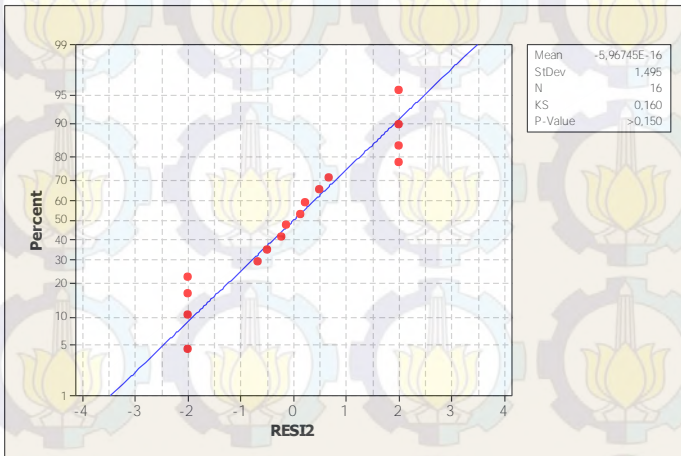
### Lampiran I. Normal Probability Plot Kolmogorov Smirnov Data Transformasi



Lampiran J. *Interaction Plot Data Terboboti*



Lampiran K. *Normal Probability Plot Kolmogorov Smirnov Data Terboboti*



## BIODATA PENULIS



Penulis terlahir sebagai anak pertama dari dua bersaudara pada 24 Maret 1994 di daerah yang terkenal paling sepi di pulau dewata Bali yaitu Bangli. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di TK Kemala Bhayangkari Bangli, SDN 5 Kawan, SMPN 1 Bangli, dan SMAN 1 Bangli tahun 2012. Selanjutnya penulis diterima di Jurusan Statistika sebagai angkatan ke 23 (Sigma 23) dan terdaftar dengan NRP 1312 030 025. Aktif dalam beberapa kegiatan maupun organisasi merupakan usaha penulis untuk menjadi orang yang berarti bagi orang lain dan mengembangkan diri di luar aktivitas akademik yang sedemikian padat. Aktif di TPKH-ITS periode 2012-2013 dan 2013-2014, HIMADATA-ITS periode 2014-2015. Penulis sangat gemar membaca buku motivasi dan psikologi sejak masa SMA, karena dari buku tersebut penulis mendapat inspirasi dan motivasi untuk membangun. Buku tersebut diantaranya *The Secret* oleh Rhonda Byrne, *The Power* oleh Rhonda Byrne, *Young On Top* oleh Billy Boen, *Top Word* dan *Top Word 2* oleh Billy Boen, *Hidupkan Suksesmu* oleh Billy Boen, *MOU (Maximum Of You)* oleh Danang Girindrawardana, serangkaian buku oleh Jhon C. Maxwell yang tidak dapat disebutkan satu per satu, serangkaian buku dari pengusaha muda Bong Candra, *Mimpi Sejuta Dollar* oleh Merry Riana, *Kisah Sukses Chairul Tanjung Si Anak Singkong*, dan buku terakhir yang penulis baca adalah *The Choice Is Your* oleh Jhon C. Maxwell. Buku-buku tersebut sangat membantu penulis dalam membangun karakter dan sikap menuju kesuksesan dan bagaimana orang lain bersikap sebelum kesuksesan menghampirinya. Bagi pembaca yang memiliki saran, kritik dan lain sebagainya bisa disampaikan melalui e-mail: [shintyahandayani24@gmail.com](mailto:shintyahandayani24@gmail.com).



**Analisis Faktor–Faktor  
yang Mempengaruhi *Crack Near The Cap*  
dan *Lose Cap* Lampu TL  
PT Philips Lighting Surabaya**

Luh Putu Shintya Handayani (1312030025)

Dosen Pembimbing:

**Dr. Muhammad Mashuri, M.T**





# 1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Tujuan Penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

1.5 Batasan Masalah

# 1.1 Latar Belakang

Kerusakan yang membahayakan konsumen yaitu cacat (*crack near the cap dan lose cap*)

Lampu TL

Keinginan  
Konsumen

Jumlah Produksi  
Menurun

Faktor belum  
teruji secara  
Statistik



Variasi Lampu

Kualitas

Persaingan Perdagangan  
(MEA)

# 1.1 Latar Belakang

Fatima, 2012

Optimasi Lumen, Wattage dan Life Time pada Lampu GLS Produksi PT Philips Indonesia Secara Serentak dengan Pendekatan Fungsi Desirability

Arifin, 2012

Aplikasi Metode Lean Six Sigma untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen GLS (General Lighting Services) PT Philips Lighting Surabaya



# 1.2 Rumusan Masalah

Berat Semen

Panjang  
*Sealing Head* dan  
Diameter  
*Sealing Head*

*Cacat (Crack Near The Cap  
dan Lose Cap)*

Jarak Semen dengan Bibir Cap

# 1.3 Tujuan Penelitian

Berat Semen

PHILIPS

Panjang  
*Sealing Head* dan  
Diameter  
*Sealing Head*

*Cacat (Crack Near The Cap  
dan Lose Cap)*

Jarak Semen dengan Bibir Cap

## 1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan masukan terhadap PT Philips Lighting Surabaya terhadap proses produksi lampu TL terkait parameter yang dianalisis sehingga dapat mengurangi peluang terjadinya cacat.

RESEARCH

# 1.5 Batasan Masalah

Proses

*Capping Mill*

*(Berat Semen dan Jarak Semen dengan Bibir Cap)*

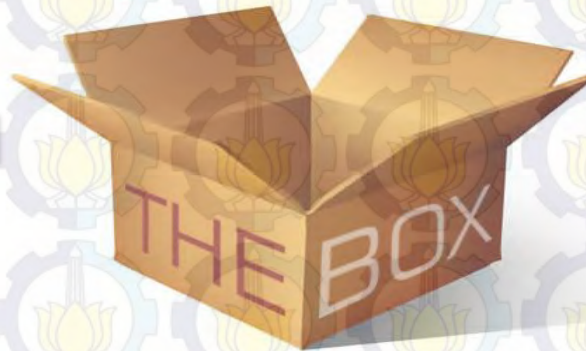
VTL 2

Proses

*Machine Sealing*

*(Diameter Sealing Head dan Panjang Sealing Head)*

thinking





## 2. Tinjauan Pustaka

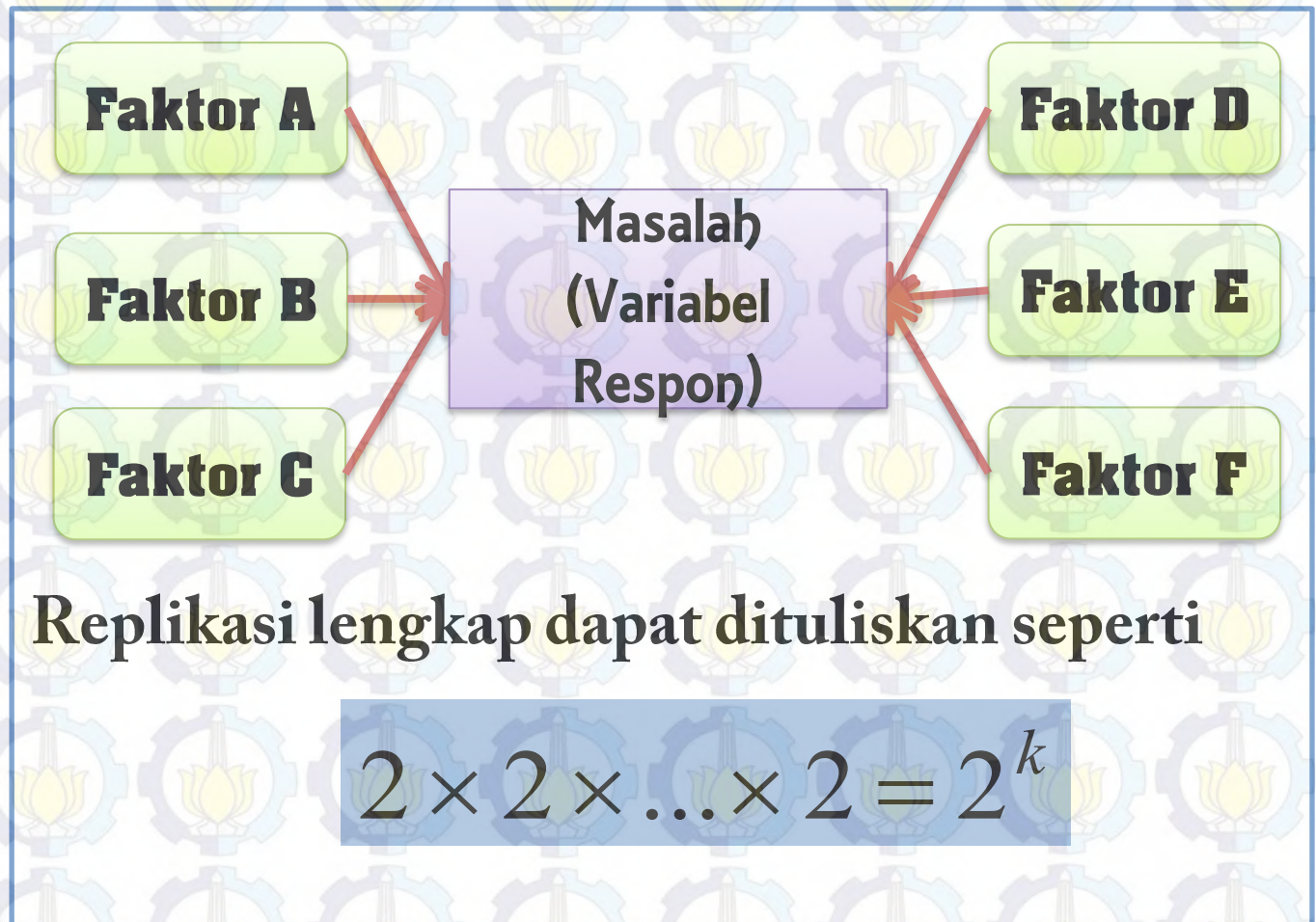
2.1 Percobaan Faktorial  $2^k$

2.2 Uji Asumsi Residual IIDN

2.3 Proses Produksi Lampu TL

2.4 Penanggulangan Heteroskedastisitas

## 2.1 Percobaan Faktorial $2^k$



Replikasi lengkap dapat dituliskan seperti

$$2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$$

# 2.1.1 Percobaan Faktorial 2<sup>2</sup>

Kombinasi Perlakuan pada percobaan faktorial 2<sup>2</sup>

Faktor		Kombinasi Perlakuan	Simbol
A	B		
-	-	A rendah, B rendah	(1)
+	-	A tinggi, B rendah	a
-	+	A rendah, B tinggi	b
+	+	A tinggi, B tinggi	ab

$$A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)]$$

$$B = \frac{1}{2n} [ab + b - a - (1)]$$

$$AB = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b]$$

$$SS_A = \frac{[ab + a - b - (1)]^2}{4n}$$

$$SS_B = \frac{[ab + b - a - (1)]^2}{4n}$$

$$SS_{AB} = \frac{[ab + (1) - a - b]^2}{4n}$$

# 2.1.1 Percobaan Faktorial $2^2$

$$SS_T = \sum_i^2 \sum_j^2 \sum_k^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{4n}$$

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

Sehingga model yang terbentuk yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, r \end{array}$$

Pengaruh  
Faktor A

Pengaruh  
Interaksi AB

Pengaruh  
Faktor B

Asumsi yang harus terpenuhi adalah

$$\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \sigma^2)$$



## 2.1.2 Percobaan Faktorial $2^3$

Percobaan faktorial dimana terdapat tiga faktor A, B, dan C. Kombinasi perlakuan dapat dilihat pada tabel:

Kombinasi Perlakuan	A	B	C	Simbol	A	B	C
1	-	-	-	(1)	0	0	0
2	+	-	-	a	1	0	0
3	-	+	-	b	0	1	0
4	+	+	-	ab	1	1	0
5	-	-	+	c	0	0	1
6	+	-	+	ac	1	0	1
7	-	+	+	bc	0	1	1
8	+	+	+	abc	1	1	1

$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]$$

$$B = \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac]$$

$$C = \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab]$$

## 2.1.2 Percobaan Faktorial $2^3$

$$AB = \frac{[abc - bc + ab - b - ac + c - a + (1)]}{4n}$$

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc]$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc]$$

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)]$$

Nilai **SS** sangat mudah dihitung karena setiap taraf faktor memiliki derajat bebas 1.

$$SS = \frac{(\text{Selisih})^2}{8n}$$

## 2.2 Uji Asumsi Residual IIDN



Analisis klasik terdapat tiga asumsi yang harus terpenuhi yaitu residual **identik dalam varians**, residual **independen**, dan residual **berdistribusi normal**. Asumsi yang tidak terpenuhi membuat **pengujian parameter menjadi bias**. Sehingga, bila asumsi klasik tidak terpenuhi maka dilakukan **penanggulangan asumsi**.

## 2.2.1 Asumsi Residual Identik

Residual bersifat Identik yaitu mempunyai variansi yang homogen (homogenitas varians).

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$$

$H_1$  : minimal terdapat satu  $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}}$$

$H_0$  ditolak, jika nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha (k, n-k-1)}$ .

## 2.2.2 Asumsi Residual Independen

Bila kita menangani data berbentuk deret waktu maka diperlukan pengujian untuk menentukan bahwa data tersebut tidak berkorelasi.

$H_0$  : Tidak ada korelasi antar residual

$H_1$  : Ada korelasi antar residual

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

## 2.2.2 Asumsi Residual Independen

Daerah kritis dapat dicari dengan mengambil  $d_L$  sebagai batas bawah dan  $d_U$  sebagai batas atas dengan taraf signifikan.

No	$H_0$	Keputusan	Daerah Pengujian
1	Tidak ada korelasi positif	Tolak $H_0$	$d < d_L$
		Terima $H_0$	$d > d_U$
		No decision	$d_L \leq d \leq d_U$
2	Tidak ada korelasi negatif	Tolak $H_0$	$d > 4 - d_L$
		Terima $H_0$	$d < 4 - d_U$
		No decision	$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$
3	Tidak ada korelasi positif dan negatif	Tolak $H_0$	$d < d_L$
		Terima $H_0$	$d > 4 - d_L$
		No decision	$d_U \leq d \leq 4 - d_U$
		No decision	$d_L \leq d \leq d_U$
			$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$

## 2.2.3 Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal digunakan untuk mendeteksi kenormalan residual. Asumsi distribusi normal dapat diketahui dengan melihat plot (qq plot), jika plot mengikuti dan mendekati garis linier maka data berdistribusi normal dan jika plot tidak mengikuti dan menjauhi garis linier maka data tidak berdistribusi normal.

- $H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$
- $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$

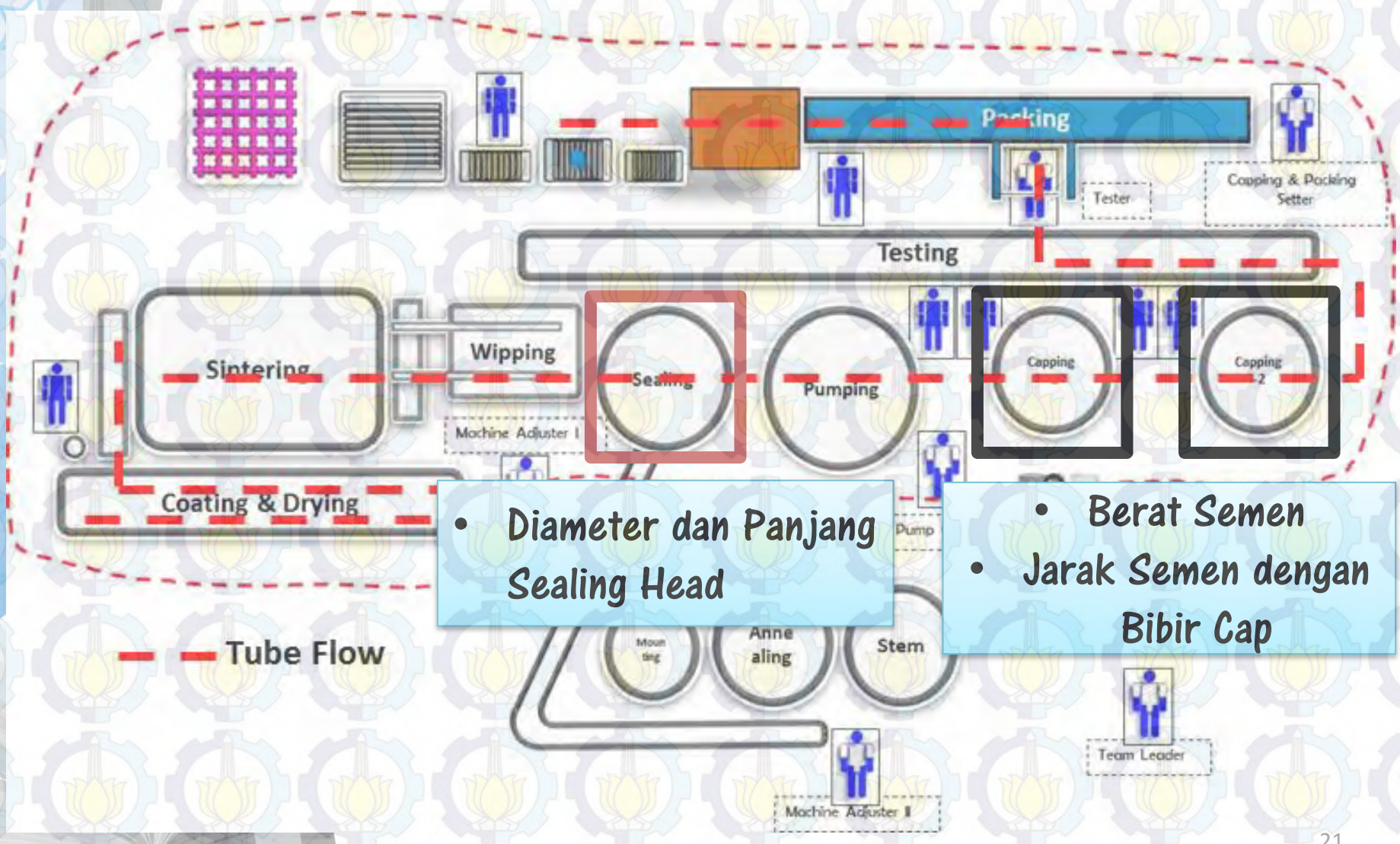
## 2.2.3 Asumsi Residual Berdistribusi Normal

$$D = \sup |S_n(x) - F_0(x)|$$

$H_0$  ditolak , jika  $|D| > D_{\text{tabel}}$  *Kolmogorov Smirnov*. Jika  $H_0$  ditolak maka residual tidak memenuhi asumsi distribusi normal.



## 2.3 Proses Produksi Lampu TL



## 2.4 Penanggulangan Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah kejadian dimana asumsi identik tidak terpenuhi dalam pemodelan.

$$E(e_i^2) = \sigma_i^2 \quad \text{dimana } i=1,2,\dots,n$$

Ketika  $\sigma_i^2$  tidak diketahui maka digunakan metode White dengan menaksir  $\sigma_i^2$  dengan  $\hat{e}_i^2$

$$\frac{Y_i}{\sigma_i} = \hat{\beta}_1^* \left( \frac{1}{\sigma_i} \right) + \hat{\beta}_2^* \left( \frac{X_i}{\sigma_i} \right) + \left( \frac{e_i}{\sigma_i} \right)$$

# 3. Metodologi Penelitian



3.1 Sumber Data



3.2 Variabel Penelitian

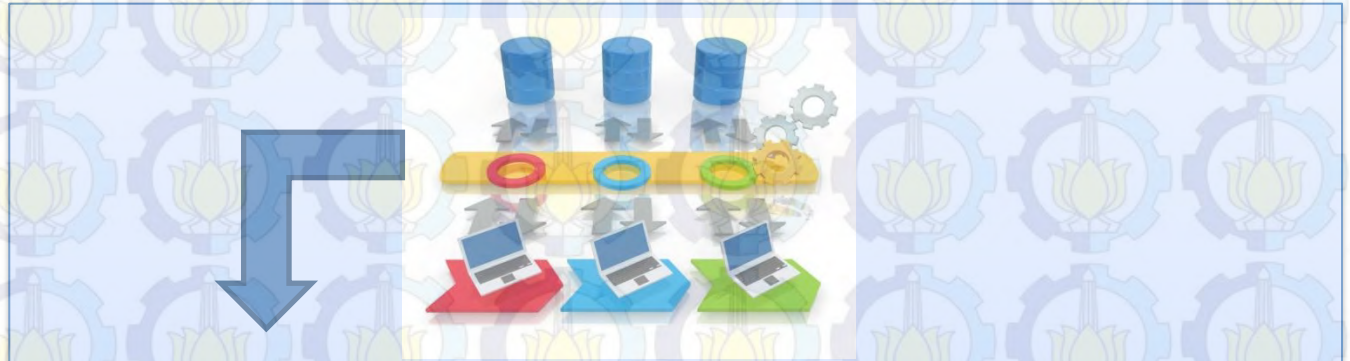


3.3 Langkah Percobaan



3.4 Langkah Analisis

# 3.1 SUMBER DATA



## Data primer

- **Jumat, 23 Januari 2015 dan Senin, 27 Januari 2015.**
- **Pada hari pertama dilakukan percobaan dengan kombinasi  $2^3$ , jadi terdapat delapan kombinasi faktor yang masing-masing dibuat 400 lampu dimana percobaan diulang dua kali. Jadi, dalam percobaan ini terdapat total 6400 lampu yang dicobakan.**
- **Senin, 27 Januari 2015 dilakukan proses pengecekan secara manual dengan bantuan operator dimana pengecekan dilakukan 100%.**

## 3.2 VARIABEL PENELITIAN

Panjang  
*Sealing Head* (mm)  
dan Diameter  
*Sealing  
Head* (Go/No Go)  
Faktor A

Jarak Semen dengan  
Bibir Cap (mm)  
Faktor B

Berat Semen (gr)  
Faktor C



***Crack Near the Cap dan Lose Cap***

## 3.3 LANGKAH PERCOBAAN

- Melakukan studi literatur di perusahaan terkait faktor yang dicobakan yang secara produksi berpengaruh terhadap cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*)
- Menggunakan alat pelindung diri sebelum memasuki area proses produksi
- Melakukan koordinasi kepada beberapa operator yang menjadi mandor di masing-masing proses produksi
- Melakukan persiapan secara proses produksi
- Mengatur faktor-faktor yang telah dikombinasikan sebelumnya

## 3.3 LANGKAH PERCOBAAN

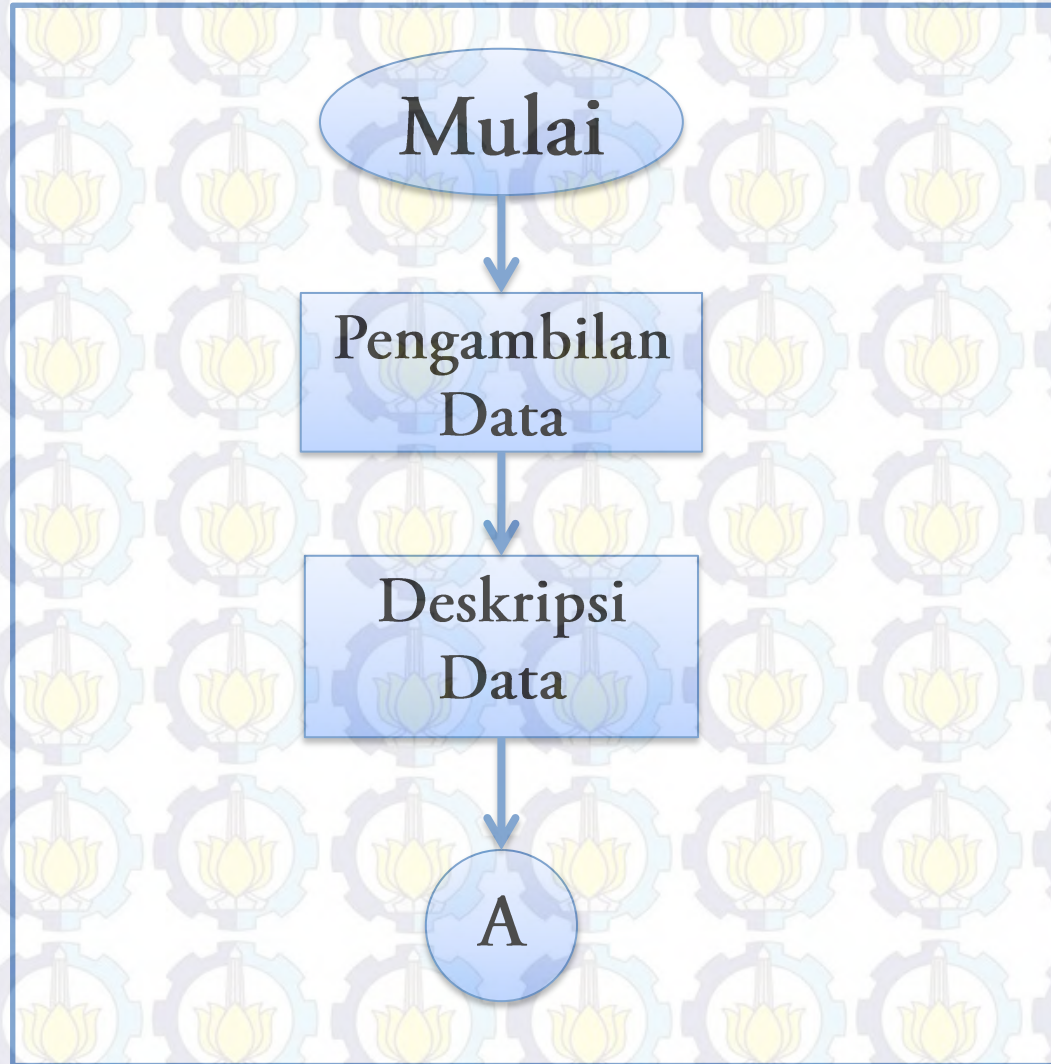
- Melakukan pengukuran terhadap faktor-faktor yang diamati sehingga kombinasi yang dilakukan benar
- Packing lampu secara manual dan pemisahan antar kombinasi faktor agar memudahkan saat pengecekan
- Pengecekan dengan operator dimana dilakukan 100% cek
- Pencatatan jumlah cacat yang muncul di masing-masing kombinasi faktor

## 3.4 LANGKAH ANALISIS

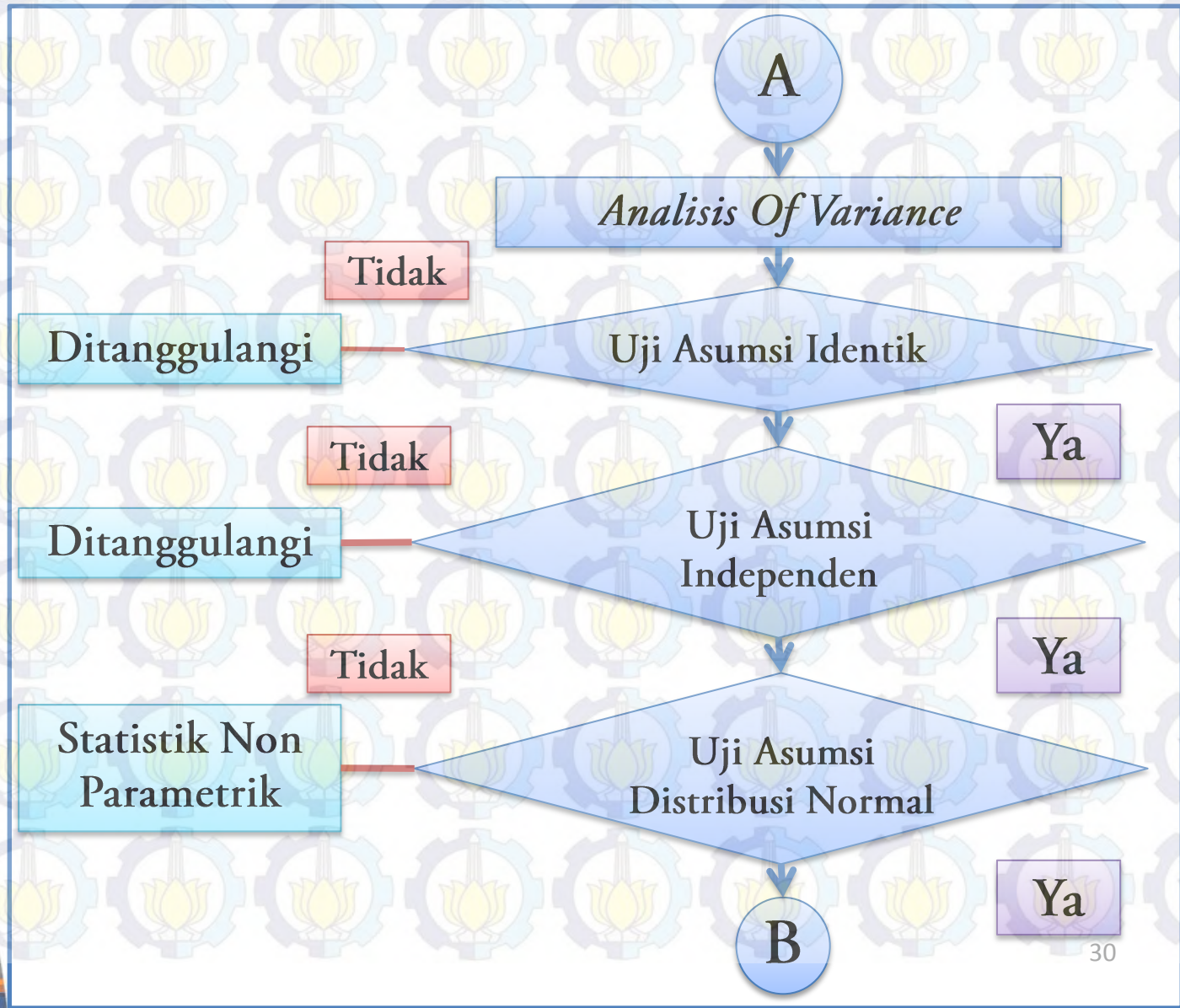
- Mendeskripsikan hasil percobaan dari faktor-faktor yang mempengaruhi cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) pada lampu TL melalui statistika deskriptif.
- Melakukan pengujian terhadap efek perlakuan (*analysis of variance*).
- Melakukan pengujian asumsi IIDN (Identik, Independen, Berdistribusi Normal)
- Membuat interpretasi dan menarik kesimpulan.



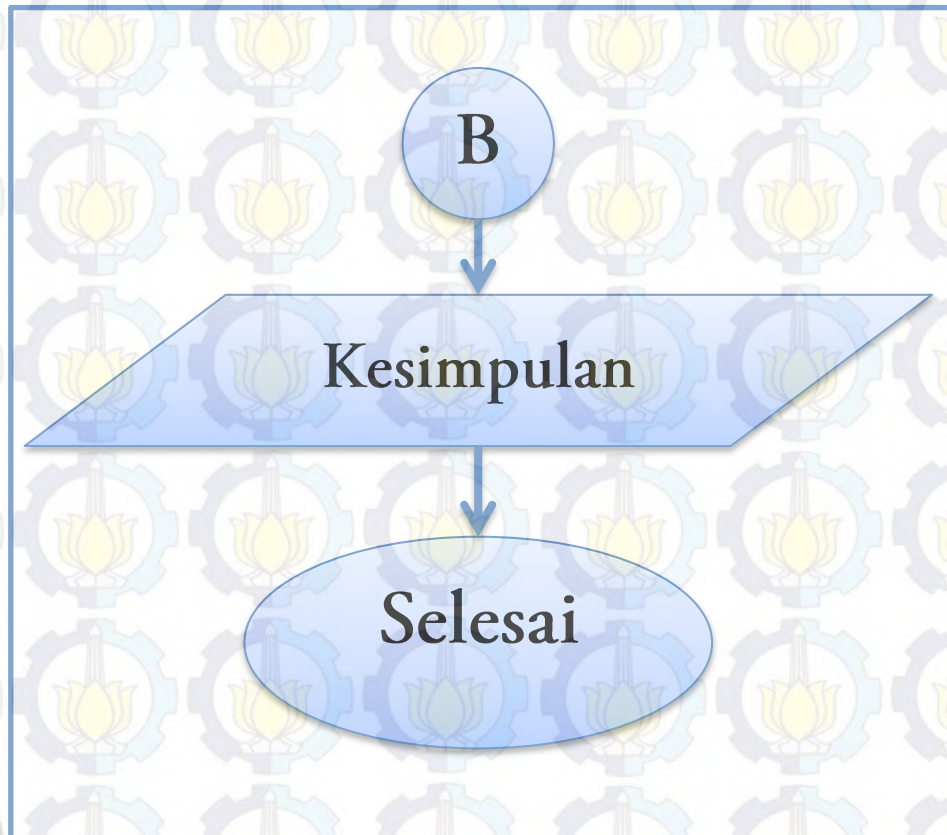
# DIAGRAM ALIR



# DIAGRAM ALIR



# DIAGRAM ALIR





## 4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Karakteristik pada Cacat Lampu TL

4.2 ANOVA Faktorial  $2^k$  Cacat Lampu TL

4.3 Pengujian Asumsi IIDN Cacat Lampu TL

4.4 ANOVA Hasil Transformasi



## 4. Analisis dan Pembahasan

4.5 Pengujian Asumsi IIDN Transformasi

4.6 ANOVA pada Cacat Terboboti

4.7 Pengujian Asumsi IIDN Cacat Terboboti

# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W

Panjang <i>Sealing Head</i>				Berat Semen		Total
				Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	
Panjang <i>Sealing Head</i> 6,8 mm/ Go	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	1	3	4
		Persentase		12,5%	37,5%	50,0%
	Jarak Semen 0 mm	Jumlah	3	1	4	
		Persentase	37,5%	12,5%	50,0%	
	Total		Jumlah	4	4	8
			Persentase	50,0%	50,0%	100,0%
Panjang <i>Sealing Head</i> < 6,5 mm/ No Go	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	6	13	19
		Persentase		12,2%	26,5%	38,8%
	Jarak Semen 0 mm	Jumlah	11	19	30	
		Persentase	22,4%	38,8%	61,2%	
	Total		Jumlah	17	32	49
			Persentase	34,7%	65,3%	100,0%
Total	Jarak Semen	Jarak Semen 1,5 mm	Jumlah	7	16	23
		Persentase		12,3%	28,1%	40,4%
	Jarak Semen 0 mm	Jumlah	14	20	34	
		Persentase	24,6%	35,1%	59,6%	
	Total		Jumlah	21	36	57
			Persentase	36,8%	63,2%	100,0%

# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W

		Jarak Semen		Total	
		Jarak Semen 1,5 mm	Jarak Semen 0 mm		
Panjang Sealing Head	Panjang <i>Sealing</i> <i>Head</i> 6,8 mm/ Go	Jumlah	4	4	8
		Persentase	7,0%	7,0%	14,0%
	Panjang <i>Sealing</i> <i>Head</i> < 6,5 mm/ No Go	Jumlah	19	30	49
		Persentase	33,3%	52,6%	86,0%
Total		Jumlah	23	34	57
		Persentase	40,4%	59,6%	100,0%

# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W

		Berat Semen			
		Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	Total	
Panjang Sealing Head	Panjang Sealing Head 6,8 mm/ Go	Jumlah	4	4	8
		Persentase	7,0%	7,0%	14,0%
	Panjang Sealing Head < 6,5 mm/ No Go	Jumlah	17	32	49
		Persentase	29,8%	56,1%	86,0%
Total		Jumlah	21	36	57
		Persentase	36,8%	63,2%	100,0%



# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W

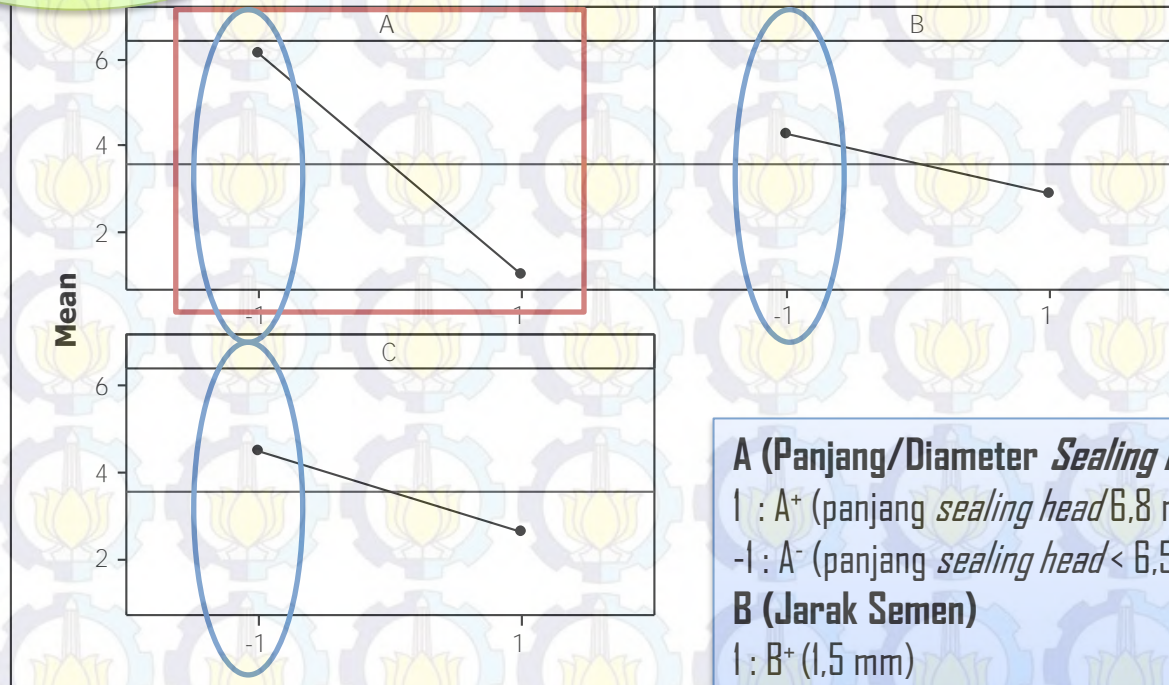
			Berat Semen		Total
			Berat Semen 1,3gr	Berat Semen 1,7gr	
Jarak Semen	Jarak Semen	Jumlah	7	16	23
	1,5 mm	Persentase	12,3%	28,1%	40,4%
	Jarak Semen	Jumlah	14	20	34
	0 mm	Persentase	24,6%	35,1%	59,6%
Total	Jumlah		21	36	57
	Persentase		36,8%	63,2%	100,0%

# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W

Signifikan

Main Effects Plot for CACAT

Data Means



**A (Panjang/Diameter *Sealing Head*)**

1 : A<sup>+</sup> (panjang *sealing head* 6,8 mm/ Go)

-1 : A<sup>-</sup> (panjang *sealing head* < 6,5 mm/ No Go)

**B (Jarak Semen)**

1 : B<sup>+</sup> (1,5 mm)

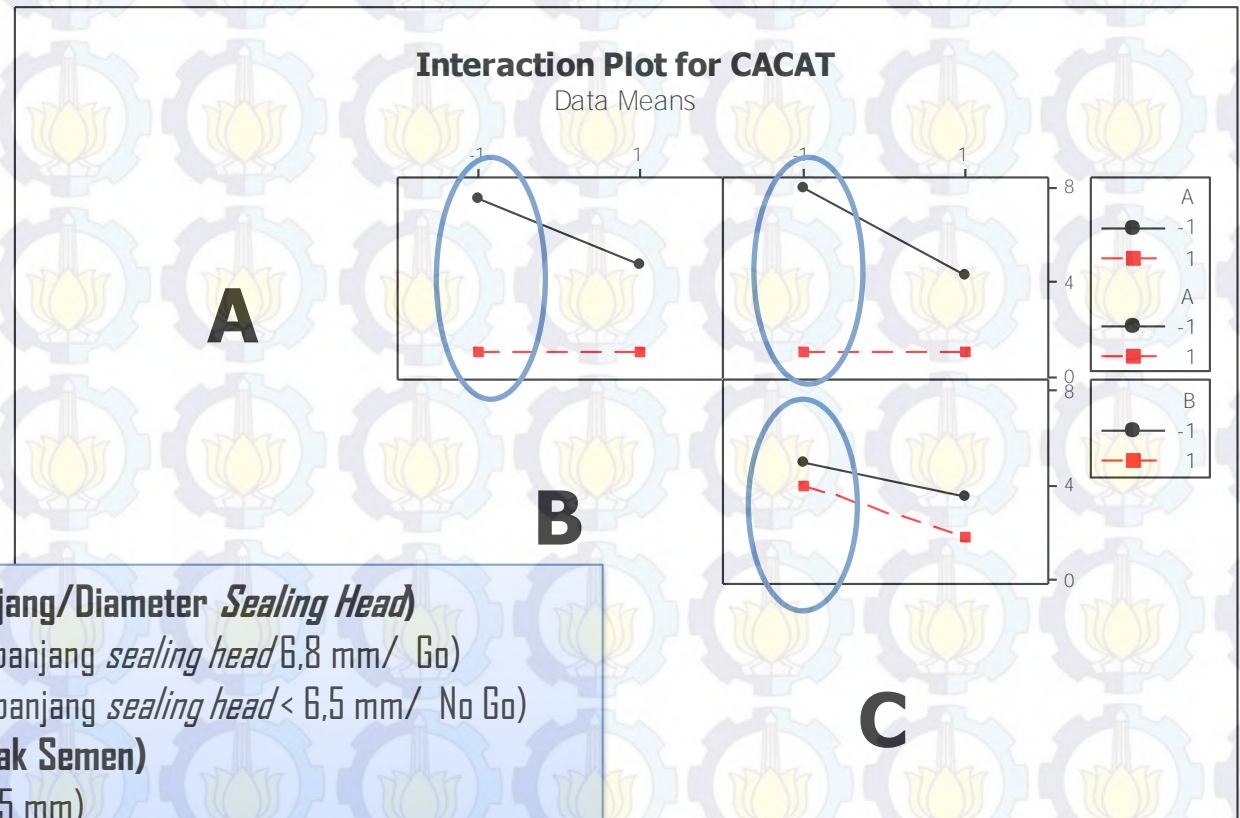
-1 : B<sup>-</sup> (0 mm)

**C (Berat Semen)**

1 : C<sup>+</sup> (Berat *cement* 1,3gr)

-1 : C<sup>-</sup> (Berat *cement* 1,7gr)

# 4.1 Karakteristik Cacat pada Lampu TL 36W



**A (Panjang/Diameter *Sealing Head*)**  
 1 : A<sup>+</sup> (panjang *sealing head* 6,8 mm/ Go)  
 -1 : A<sup>-</sup> (panjang *sealing head* < 6,5 mm/ No Go)

**B (Jarak Semen)**  
 1 : B<sup>+</sup> (1,5 mm)  
 -1 : B<sup>-</sup> (0 mm)

**C (Berat Semen)**  
 1 : C<sup>+</sup> (Berat *cement* 1,3gr)  
 -1 : C<sup>-</sup> (Berat *cement* 1,7gr)

# 4.2 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W

Signifikan

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	126,688	126,688	42,229	2,02	0,190
A	1	105,063	105,063	105,063	5,02	0,055
B	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
C	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436
2-Way Interactions	3	22,187	22,187	7,396	0,35	0,788
A*B	1	7,563	7,563	7,563	0,36	0,564
A*C	1	14,062	14,062	14,062	0,67	0,436

## A (Panjang/Diameter *Sealing Head*)

1 : A<sup>+</sup> (panjang *sealing head* 6,8 mm/ Go)

-1 : A<sup>-</sup> (panjang *sealing head* < 6,5 mm/ No Go)

## B (Jarak Semen)

1 : B<sup>+</sup> (1,5 mm)

-1 : B<sup>-</sup> (0 mm)

## C (Berat Semen)

1 : C<sup>+</sup> (Berat *cement* 1,3gr)

-1 : C<sup>-</sup> (Berat *cement* 1,7gr)

5,563	0,563	0,03	0,874
5,562	1,562	0,07	0,792
5,562	1,562	0,07	0,792
5,500	20,937		
5,500	20,938		

## 4.2 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W

Signifikan

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		3,563	1,144	3,11	0,014
<b>A (Panjang/Diameter <i>Sealing Head</i>)</b>					
1 : A <sup>+</sup> (panjang <i>sealing head</i> 6,8 mm/ Go)				-2,24	0,055
-1 : A <sup>-</sup> (panjang <i>sealing head</i> < 6,5 mm/ No Go)				-0,60	0,564
<b>B (Jarak Semen)</b>					
1 : B <sup>+</sup> (1,5 mm)				-0,82	0,436
-1 : B <sup>-</sup> (0 mm)				0,60	0,564
<b>C (Berat Semen)</b>					
1 : C <sup>+</sup> (Berat <i>cement</i> 1,3gr)				0,82	0,436
-1 : C <sup>-</sup> (Berat <i>cement</i> 1,7gr)				-0,16	0,874
				-0,27	0,792

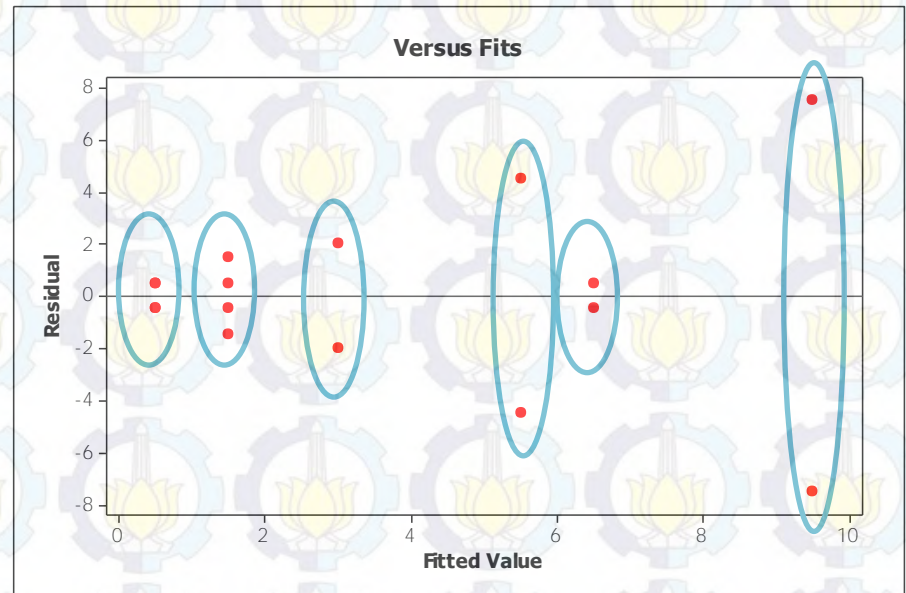
$$Y_{ijk} = 3,563 - 2,563A - 0,688B - 0,937C + 0,687AB + 0,937AC - 0,188BC - 0,312ABC$$

Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 47,32%.

# 4.3 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W

## 4.3.1 Pengujian Asumsi Identik

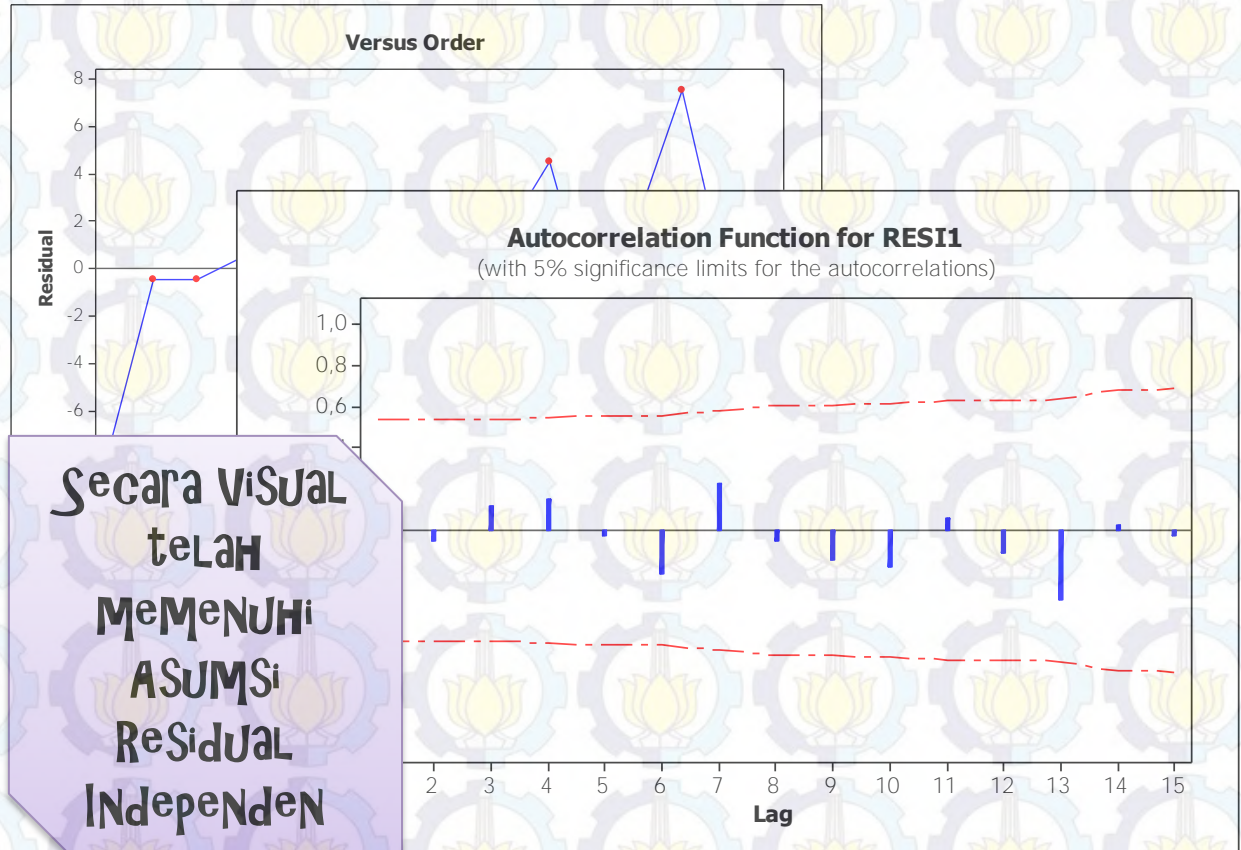
**Tidak Identik**



- $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$
- $H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$
- $H_0$  ditolak pada faktor A, B, interaksi AB, dan interaksi BC

# 4.3 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W

## 4.3.2 Pengujian Asumsi Independen



Secara visual telah memenuhi asumsi Residual Independen

## 4.3 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W

### 4.3.2 Pengujian Asumsi Independen Uji Durbin Watson

- $H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif
- $H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

$$\alpha = 0,05$$

Data yang dianalisis mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$

$$d_L = 0,75$$

$$d = 1,573134.$$

Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 1,573134$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $1,573134 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  diterima.

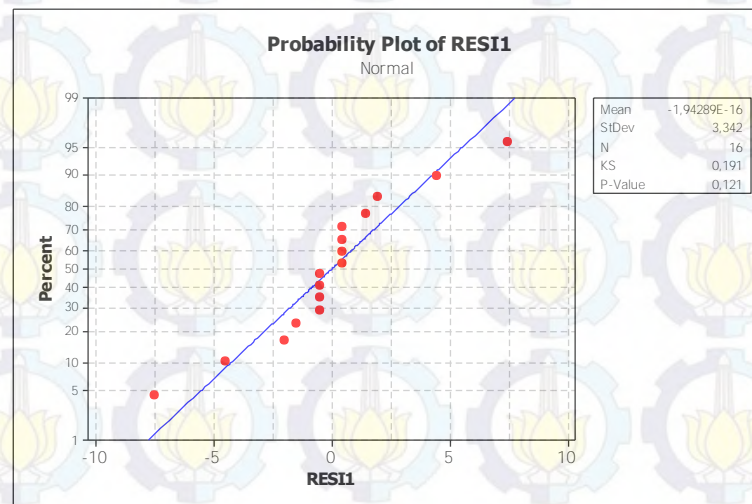


# 4.3 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W

## 4.3.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal

Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*.

- $H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$
- $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$



$D=0,191$

$D_{(16;0,05)}=0,327$

P-value = 0,121

$\alpha = 0,05$

Gagal tolak  $H_0$

# 4.4 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

ANOVA hasil transformasi cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) pada lampu TL 36 W.

**Signifikan**

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	336,284	336,284	112,095	2,77	0,111
A	1	301,762	301,762	301,762	7,45	0,026
B	1	1,309	1,309	1,309	0,03	0,862
C	1	33,213	33,213	33,213	0,82	0,392
2-Way	3	38,019	38,019	12,673	0,31	0,816

## A (Panjang/Diameter *Sealing Head*)

1 : A<sup>+</sup> (panjang *sealing head* 6,8 mm/ Go)

-1 : A<sup>-</sup> (panjang *sealing head* < 6,5 mm/ No Go)

## B (Jarak Semen)

1 : B<sup>+</sup> (1,5 mm)

-1 : B<sup>-</sup> (0 mm)

## C (Berat Semen)

1 : C<sup>+</sup> (Berat *cement* 1,3gr)

-1 : C<sup>-</sup> (Berat *cement* 1,7gr)

9,554	9,554	0,24	0,640
4,564	14,564	0,36	0,565
13,901	13,901	0,34	0,574
6,011	6,011	0,15	0,710
6,011	6,011	0,15	0,710
23,878	40,485		
23,878	40,485		

# 4.4 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

Estimasi parameter untuk masing-masing faktor terhadap cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*).

Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 54,01%.

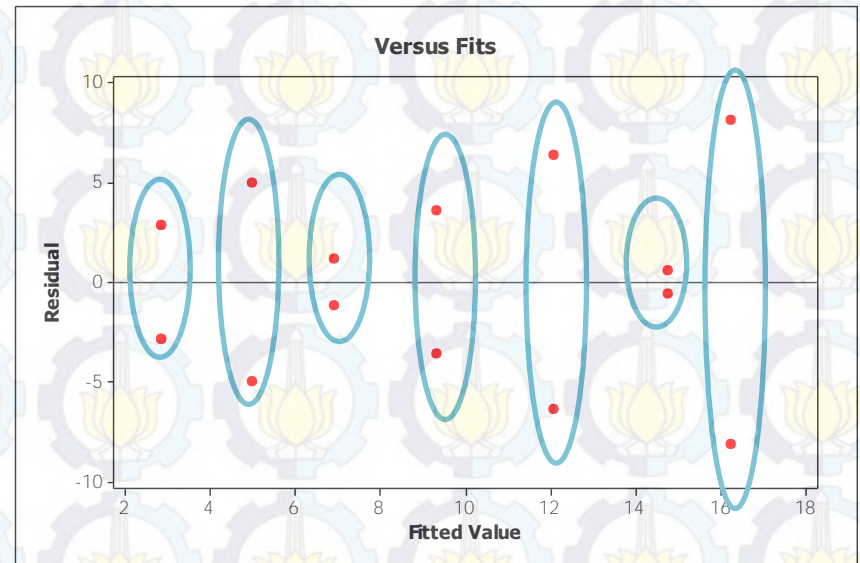
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		8,756	1,591	5,50	0,001
A	-8,686	-4,343	1,591	-2,73	0,026
B	-0,572	-0,286	1,591	-0,18	0,862
C	-2,882	-1,441	1,591	-0,91	0,392
A*B	1,545	0,773	1,591	0,49	0,640
A*C	1,908	0,954	1,591	0,60	0,565
B*C	-1,864	-0,932	1,591	-0,59	0,574
A*B*C	-1,226	-0,613	1,591	-0,39	0,710

$$Y_{ijk} = 8,756 - 4,343A - 0,286B - 1,441C + 0,773AB + 0,954AC - 0,932BC - 0,613ABC$$

# 4.5 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

## 4.5.1 Pengujian Asumsi Identik

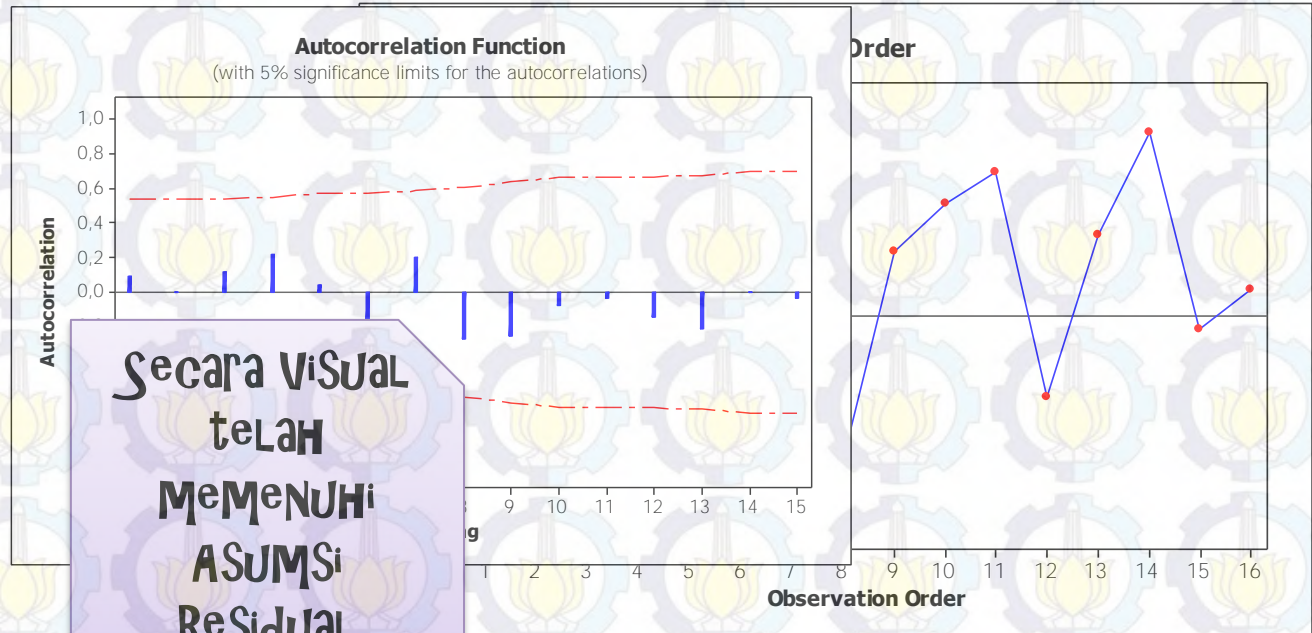
**Tidak Identik**



- $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$
- $H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, k$
- Keputusan  $H_0$  ditolak pada faktor A, B, C interaksi AB, dan interaksi BC

# 4.5 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

## 4.5.2 Pengujian Asumsi Independen



Secara visual telah memenuhi asumsi Residual Independen

# 4.5 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

## 4.5.2 Pengujian Asumsi Independen

### Uji Durbin Watson

- $H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif
- $H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

$$\alpha = 0,05$$

Data yang dianalisis mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$

$$d_L = 0,75$$

$$d = 1,615407.$$

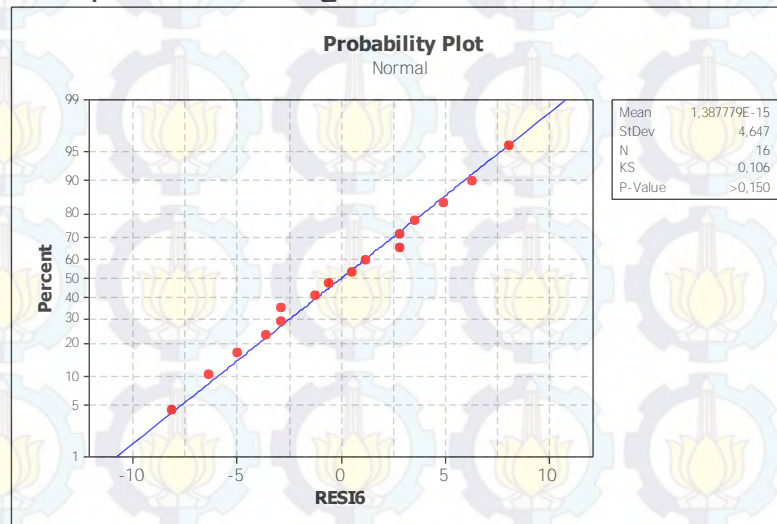
Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 1,615407$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $1,615407 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  diterima.

# 4.5 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Hasil Transformasi Arc Sin

## 4.5.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal

Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*.

- $H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$
- $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$



$$D=0,106$$

$$D_{(16;0,05)}=0,327$$

$$P\text{-value} = 0,150$$

$$\alpha = 0,05$$

Gagal tolak  $H_0$

# 4.6 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

Berikut merupakan ANOVA hasil pembobotan pada cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) terhadap faktor Panjang *Sealing Head* (Faktor A), Jarak Semen dari Bibir *Cap* (Faktor B), dan Berat Semen (Faktor C) pada lampu TL 36 W.

Sumber Variasi	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	550,84	550,84	183,615	43,82	0,000
A	1	68,25	68,26	68,259	16,29	0,004
B	1	250,32	250,32	250,317	59,74	0,000
C	1	232,27	232,27	232,267	55,43	0,000
2-Way Interactions	3	404,42	404,42	134,807	32,17	0,000
A*B	1	110,00	110,00	110,000	26,25	0,001
A*C	1	98,15	98,15	98,148	23,42	0,001
B*C	1	196,27	196,27	196,271	46,84	0,000
3-Way Interactions	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
A*B*C	1	128,66	128,66	128,664	30,70	0,001
Residual Error	8	33,52	33,52	4,190		
Pure Error	8	33,52	33,52	4,190		
Total	15	1117,45				

Semua Variabel Sisnifikan setelah Diboboti



# 4.6 ANOVA Faktorial $2^3$ pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

Hasil estimasi ini diperoleh dari cacat (*Crack Near The Cap* dan *Lose Cap*) yang telah terboboti agar dapat memenuhi asumsi identik.

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4,732	0,5118	9,25	0,000
A		-4,131	0,5118	-4,04	0,004
B		7,911	0,5118	7,73	0,000
C		-7,620	0,5118	-7,45	0,000
A*B		-5,244	0,5118	-5,12	0,001
A*C		4,953	0,5118	4,84	0,001
B*C		-7,005	0,5118	-6,84	0,000
A*B*C		5,672	0,5118	5,54	0,001

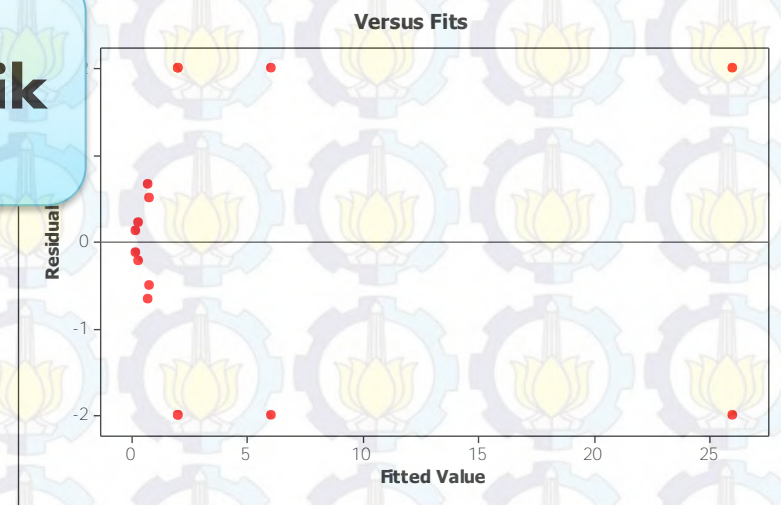
Model mampu menjelaskan variabilitas data sebesar 97,00%.

$$\frac{Y_{ijk}}{\hat{\sigma}_i} = \frac{4,732}{\hat{\sigma}_i} - \frac{2,065}{\hat{\sigma}_i} A + \frac{3,955}{\hat{\sigma}_i} B - \frac{3,810}{\hat{\sigma}_i} C - \frac{2,622}{\hat{\sigma}_i} AB + \frac{2,477}{\hat{\sigma}_i} AC - \frac{3,502}{\hat{\sigma}_i} BC + \frac{2,836}{\hat{\sigma}_i} ABC$$

# 4.7 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

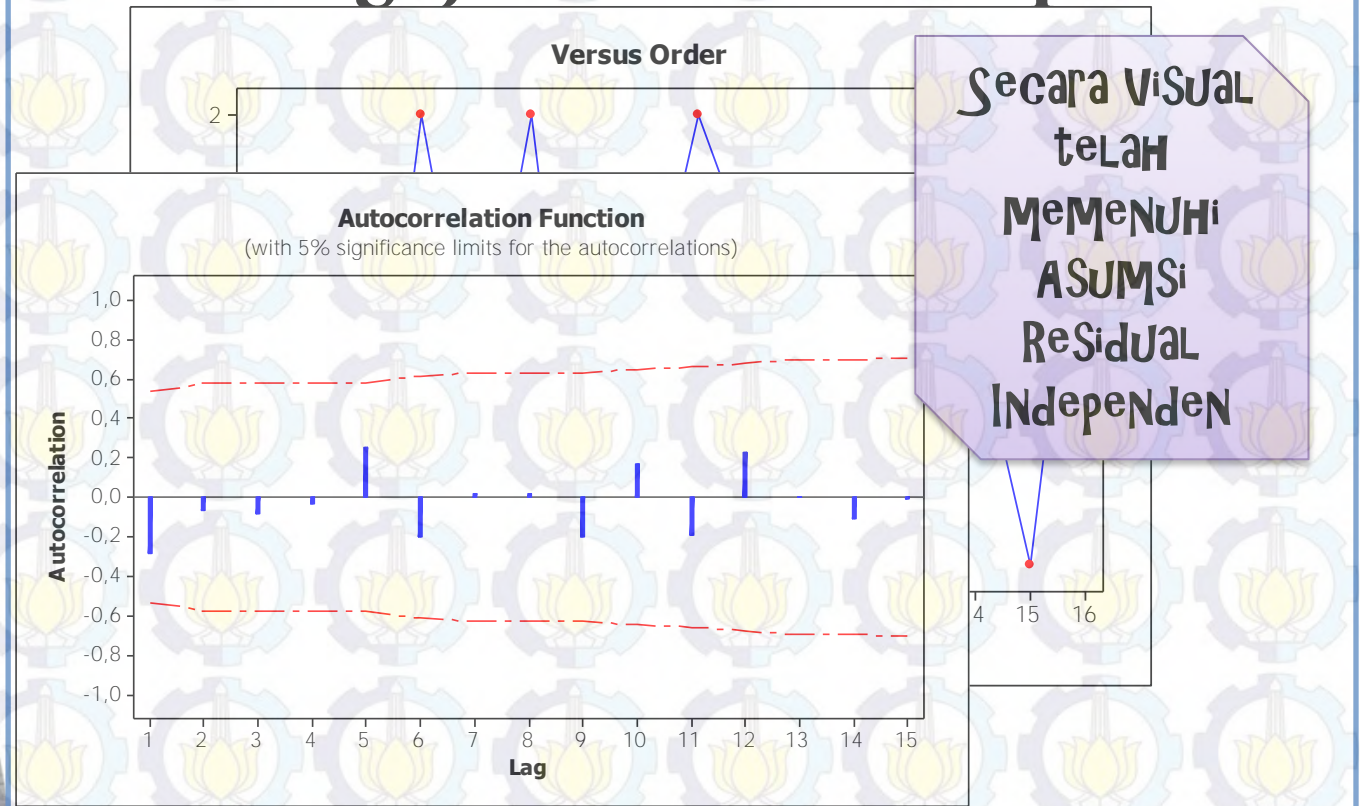
## 4.7.1 Pengujian Asumsi Identik

Identik



# 4.7 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

## 4.7.2 Pengujian Asumsi Independen



# 4.7 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

## 4.7.2 Pengujian Asumsi Independen

### Uji Durbin Watson

- $H_0$ : tidak ada korelasi residual positif atau negatif
- $H_1$ : ada korelasi residual positif atau negatif

$$\alpha = 0,05$$

Data yang dianalisis mempunyai 3 faktor ( $k=3$ ) dan  $n=16$

$$d_L = 0,75$$

$$d = 2,445706.$$

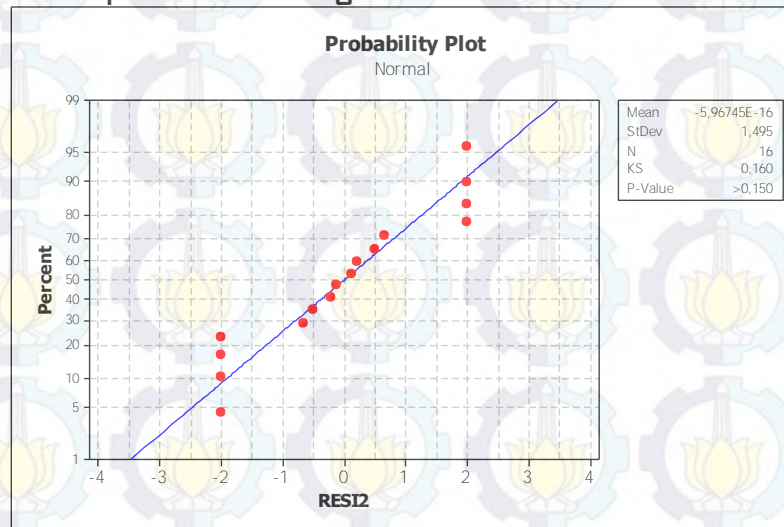
Sehingga dengan pengambilan keputusan  $d < d_L$  maka  $0,75 < 2,445706$ , serta  $d > 4-d_L$  maka  $2,445706 < 3,25$  yang berarti bahwa  $H_0$  diterima.

# 4.7 Pengujian Asumsi IIDN pada Cacat pada Lampu TL 36W Terboboti

## 4.7.3 Pengujian Asumsi Distribusi Normal

Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*.

- $H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua nilai  $x$
- $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  paling sedikit untuk satu nilai  $x$



$D=0,106$

$D_{(16;0,05)}=0,327$

P-value = 0,150

$\alpha = 0,05$

Gagal tolak  $H_0$

# 5. *Kesimpulan*



## 5.1 Kesimpulan



## 5.2 Saran

# 5.1 Kesimpulan

Cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) pada lampu TL di PT Philips Lighting Surabaya dipengaruhi secara signifikan oleh faktor-faktor: (i) berat semen, (ii) jarak semen dengan bibir cap, (iii) panjang/diameter *sealing head*.

Oleh karena itu, perusahaan harus menjaga agar panjang *sealing head* 6,8 mm/ Diameter Go, Jarak Semen dengan Bibir Cap 1,5 mm dan Berat Semen kurang lebih 1,3 gr sehingga jumlah cacat (*crack near the cap* dan *lose cap*) dapat seminimum mungkin.

## 5.2 Saran

- Analisis yang telah dilakukan belum memenuhi asumsi identik.
- Pada penelitian selanjutnya sebaiknya pengulangan di tiap kombinasi dilakukan lebih dari dua kali dan faktor yang mempengaruhi lebih dikaji secara produksi.



# DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. 2007. *Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Arifin, Miftachul. 2012. *Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Studi Kasus: Departemen Gls (General Lighting Services) Pt. Philips Lighting Surabaya*. S1 Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Fatima, Ayu. 2012. *Optimasi Lumen, Wattage dan Life Time Pada Lampu Gls Produksi PT Philips Indonesia Secara Serentak dengan Pendekatan Fungsi Desirability*. S1 Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

# DAFTAR PUSTAKA

- Gujarati, Damodar N. dan Porter, Dawn C. 2013. *Dasar-dasar Ekonometrika Edisi 5 Buku 1*. Salemba Empat. Jakarta
- Montgomery, Douglas C. 2001. *Design and Analysis of Experiment 5<sup>th</sup> Edition*. John Willey & Sons, Inc. New York
- PT Philips Lighting Surabaya. 2013. *VTL-Contol Plan*. Edition 5 Revision 6. Surabaya