



TUGAS AKHIR - SS 145561

***ANALISIS MEASUREMENT SYSTEM PADA PROSES
PUMPING DAN GAS PRESSURE PRODUKSI LAMPU
SPIRAL JENIS X DI PT. "XYZ"***

AYUB SAMUEL YOSEPHA
NRP 1312 030 055

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, MT

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



FINAL PROJECT - SS 145561

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS ON PROCESS
PUMPING AND GAS PRESSURE PRODUCTION LAMP OF
SPIRAL TYPE X IN PT. "XYZ"**

AYUB SAMUEL YOSEPHA
NRP 1312 030 055

Supervisor
Dr. Muhammad Mashuri, MT

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS MEASUREMENT SYSTEM PADA PROSES PUMPING DAN GAS PRESSURE PRODUKSI LAMPU SPIRAL JENIS X DI PT. "XYZ"

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

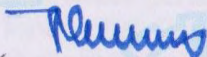
Program Studi Diploma III Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AYUB SAMUEL YOSEPHA
NRP. 1312 030 055

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS



Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

JURUSAN
STATISTIKA
STARABAYA Juli 2015

**ANALISIS *MEASUREMENT SYSTEM* PADA PROSES
PUMPING DAN GAS PRESSURE PRODUKSI LAMPU
SPIRAL JENIS X DI PT. “XYZ”**

Nama Mahasiswa : Ayub Samuel Yosepha
NRP : 1312 030 055
Program : Diploma III
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, MT

Abstrak

Pada era *modern* dan globalisasi, banyak hal yang tidak dapat dipisahkan dengan kecanggihan teknologi, termasuk lampu yang terus menerus berkembang. Lampu yang awalnya hanya berbentuk lampu pijar, kini justru muncul lampu *LED* dengan kecanggihan teknologi dan daya hemat listrik serta waktu hidup yang panjang. PT. “XYZ” sebagai perusahaan produsen lampu terbesar di Indonesia memproduksi lampu jenis spiral. Guna menjaga hasil proses tetap terjaga dengan baik, maka perusahaan memerlukan suatu sistem pengukuran yang tepat. Oleh karena itu diperlukan *measurement system analysis* guna mengetahui apakah sistem pengukuran, alat ukur serta *operator* dapat kapabel. Analisis yang digunakan dengan memperhatikan hasil *ANOVA* dan nilai *Total Gauge R&R*. Hasil analisis pada setiap jenis lampu dengan variabel pengamatan yang bersesuaian, dengan memperhatikan nilai *persent study varians* dari *total Gauge R&R*, nilai *ndc* adalah *measurement system* tidak kapabel. Oleh karena itu, perbaikan terhadap sistem pengukuran perlu dilakukan dengan mengimprovisasi kemampuan kerja *operator* ataupun kehandalan dari alat ukur.

Kata Kunci : *ANOVA, Gauge R&R, Lampu, Measurement System Analysis, NDC, Persent Study Varians.*



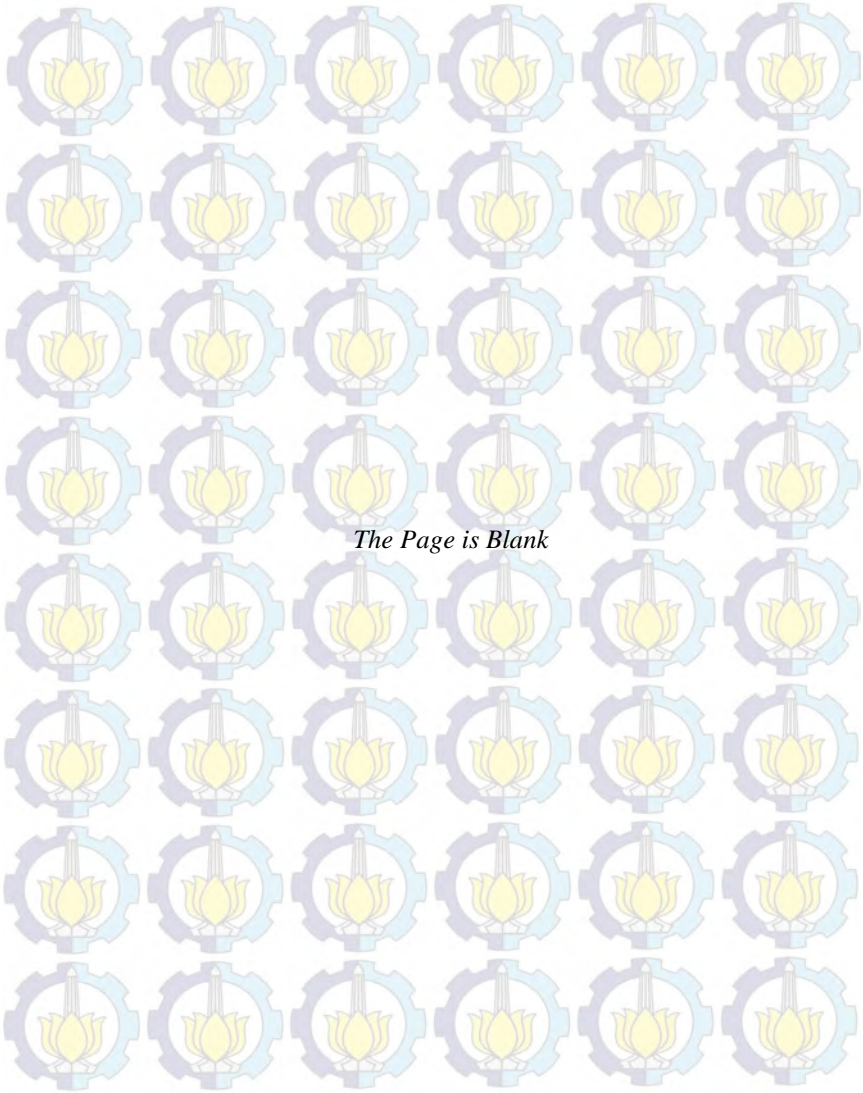
MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS ON PROCESS PUMPING AND GAS PRESSURE PRODUCTION SPIRAL LAMP TYPE X IN PT. "XYZ"

Student Name : Ayub Samuel Yosepha
NRP : 1312 030 055
Programe : Diploma III
Departement : Statistika FMIPA ITS
Academic Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

Abstract

In the modern era, many things can not be separated by the sophistication of the technology, including lights that constantly evolving. The lights, which originally shaped as icandescent lamps, now turn into LED lamps which emerged with sophisticated technology, power-saving electricity, and long life time. PT. "XYZ" as the company's biggest lighting manufacturer in Indonesia is producing spiral type of lamps. To keep the results of the process is maintained properly, the company needs a proper measurement system. Therefore a measurement system analysis is needed to determine whether the measurement system, measuring tool, and operator is capable. The analysis is using the results of ANOVA and value Total Gauge R & R. The analysis of each type of lamp with corresponding variable observations, regarding the value of variance percent study of total R & R Gauge and NDC, proves that the measurement system is not capable. Therefore, the improvement of the measurement system needs to be done by improvising either the ability of the operator or the reliability of the measuring instrument.

Keyword : ANOVA, Gauge R&R, Lamp, Measurement System Analysis, NDC, Persent Study Variance.



KATA PENGANTAR

Shalom,
Damai Sejahtera ada pada kita.

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena berkat kasih karunia-Nya yang begitu besar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis *Measurement System* Pada Proses *Pumping* dan *Gas Pressure* Produksi Lampu Spiral Jenis X di PT. “XYZ”

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan bantuan, dukungan dan peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku dosen pembimbing dan Ketua Jurusan Statistika ITS yang dengan ikhlas membantu memberikan waktu, tenaga dan pikiran serta nasehat kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Drs. Haryono, MSIE dan Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritik dan masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir.
3. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T selaku Koordinator Program Studi Diploma III dan Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Diploma III yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Bapak Prof. Dr. Nyoman Budiantara, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan banyak motivasi dan nasehat kepada penulis.
5. Seluruh civitas akademika Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan banyak ilmu dan pelajaran hidup.
6. Seluruh Karyawan Perusahaan yang telah membantu dalam pengumpulan data dan administrasi perusahaan.
7. Bapak Elkana Suprano Yosepha, Mama Orpa Ismiaty dan Ibu Debora Kusmiyati yang selama ini selalu memberikan motivasi hidup terbesar, tangis dan peluh keringat serta tawa bahagia selama 21 tahun lebih kepada penulis. Tugas Akhir

ini hanya sebagian kecil yang bisa diberikan penulis untuk membalas kasih sayang yang telah diberikan. Terimakasih juga kepada Adek Yakub Andrew Yosepha.

8. Keluarga Besar HIMASTA-ITS dan HIMADATA-ITS yang telah memberikan banyak pelajaran tentang organisasi. Untuk Keluarga Sigma, terlebih lagi Keluarga EXCELLENT, Sigma 23 yang telah memberikan kehangatan sebagai keluarga baru di ITS dan Surabaya.
9. Keluarga Besar Muda Bersahabat BEM ITS 13/14, terlebih lagi Keluarga PSDM Ragam Warna yang telah memberikan banyak Ilmu dan Pelajaran berharga. Terimakasih Mas Oka, terlebih mbak Farroh yang telah mengajarkan banyak tentang arti kepemimpinan.
10. Keluarga Besar Metamorfosa BEM FMIPA 14/15, terlebih BAKOR Pemandu FMIPA ITS. Terimakasih atas arti kekeluargaan dan pengabdian. Terimakasih Beta, Fatati, Rizka Tambun, Sheerty Ndutz, dan Dewi. Terimakasih atas kerjasama selama satu tahun ini.
11. Teman-teman Diploma III Statistika ITS 2012 yang telah bekerja dalam team, menyukseskan Study Excursion dan segala macam kuliah lapangan.
12. Keluarga Tim Pemandu Berarti LKMM TM ITS 2015. Terimakasih Pemandu dan Fasilitator untuk kesempatannya. Terimakasih sudah diijinkan mempunyai keluarga baru.
13. Teman-teman AKSARA FTSP, terimakasih atas segala ilmu dan kekeluargaan yang diberikan. Tetaplah belajar untuk memberi arti.
14. Teman-teman satu mimpi, satu aksi. Pejuang 112. Catur Budi, Dias Setya, Galih Cahya, Sinta Amalia, Desi Puji, Adelila, dan teman-teman pejuang 1121 lainnya, semangat untuk meraih mimpi kalian.
15. Pihak-pihak lain yang telah mendukung dan membantu atas terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat dan menambah wawasan keilmuan bagi kita semua. Serta mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Shalom,

Surabaya, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rancangan Percobaan Faktorial axb.....	5
2.2 Uji Keacakan.....	7
2.3 Uji Distribusi Normal.....	8
2.4 Uji Homogenitas Varians.....	9
2.5 <i>Measurement System Analysis</i>	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Variabel Penelitian.....	21
3.3 Langkah Analisis.....	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Asumsi.....	25
4.2 <i>Measurement System Analysis (MSA)</i>	28

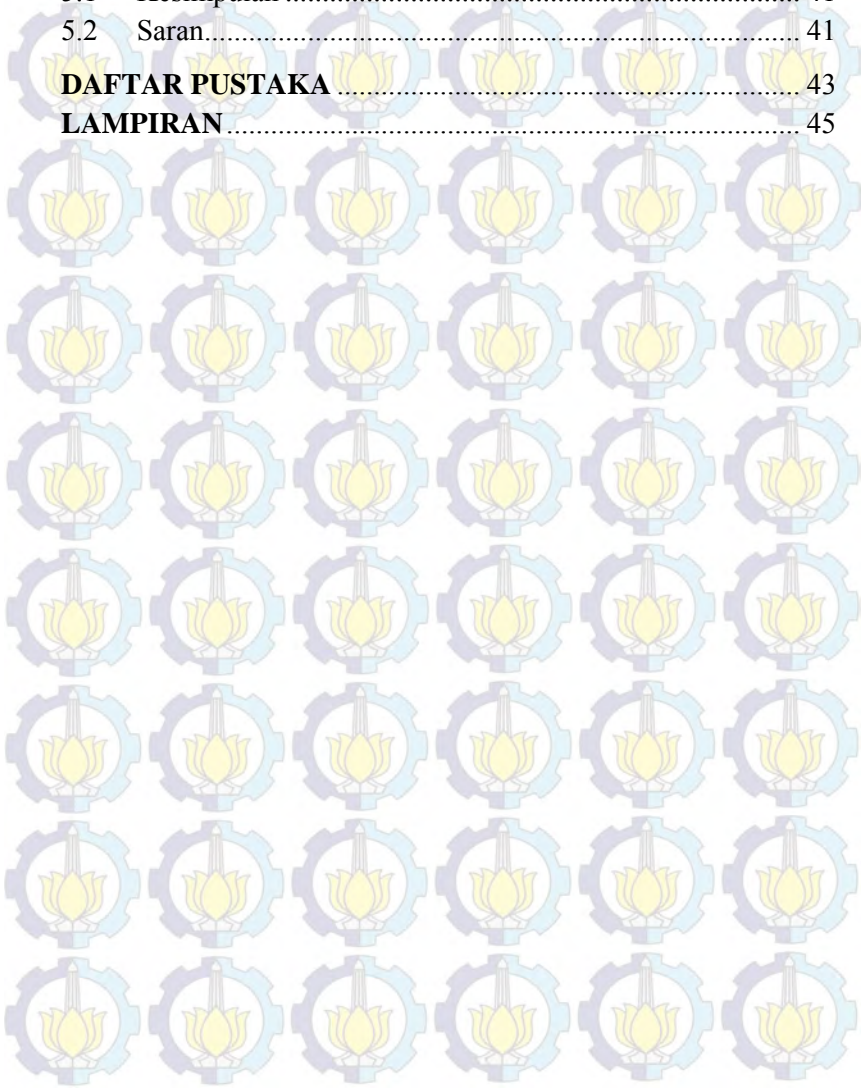
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 41

5.2 Saran..... 41

DAFTAR PUSTAKA 43

LAMPIRAN 45



DAFTAR GAMBAR

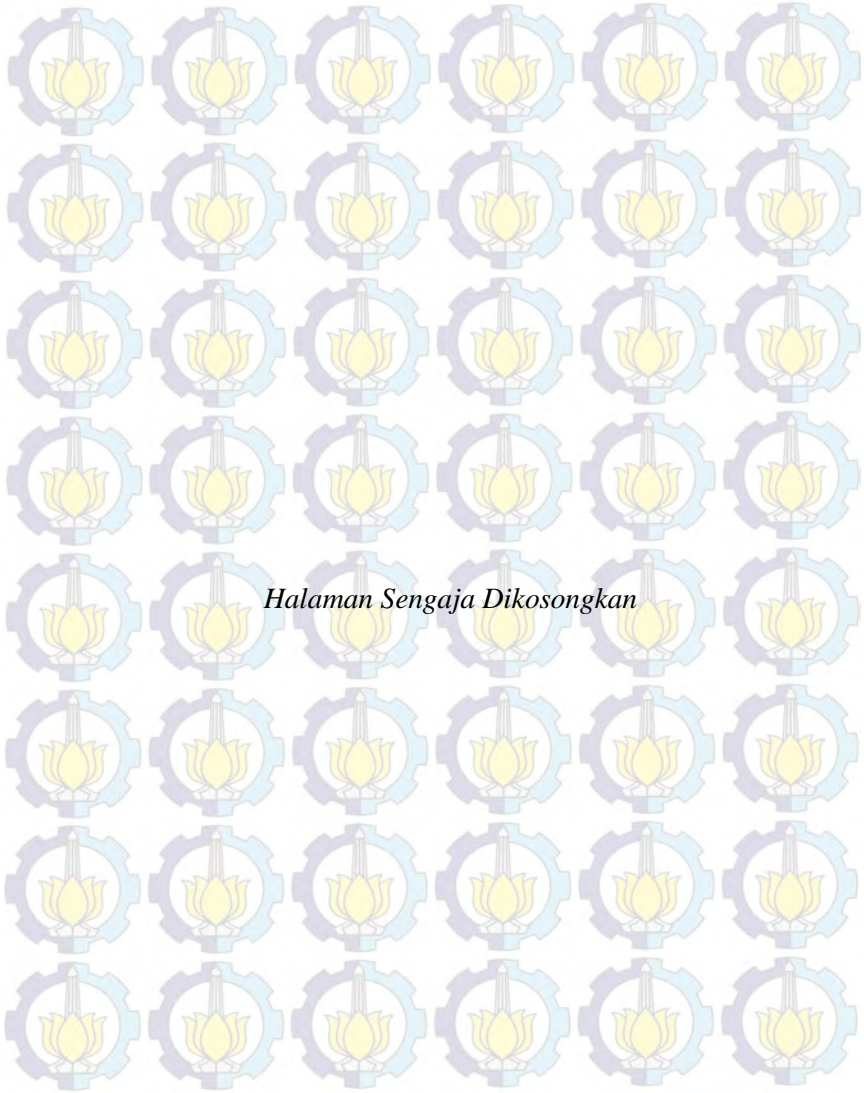
	Halaman
Gambar 2.1	Proses Produksi..... 18
Gambar 3.1	Diagram Alir..... 24
Gambar 4.1	Homogenitas Data <i>Emitter Weight</i> 27
Gambar 4.2	Homogenitas Data <i>Gas Pressure</i> 28
Gambar 4.3	Peta Kendali <i>Xbar-R MSA Gage R&R Emitter Weight</i> 33
Gambar 4.4	Interaksi <i>Part</i> dengan <i>Operator</i> 34
Gambar 4.5	Peta Kendali <i>Xbar-R MSA Gage R&R Gas Pressure</i> 38
Gambar 4.6	Interaksi <i>Part</i> dengan <i>Operator</i> 39





DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rancangan Faktorial	5
Tabel 2.2 ANOVA	7
Tabel 3.1 Stuktur Data	21
Tabel 3.2 Variabel Pengamatan	21
Tabel 3.3 Stuktur Data <i>Emitter Weight</i>	22
Tabel 4.1 Uji Keacakan Data	25
Tabel 4.2 Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>	26
Tabel 4.3 Uji Homogenitas <i>Varians</i>	27
Tabel 4.4 <i>Gage R&R Type I</i>	29
Tabel 4.5 Hasil ANOVA pada <i>Emitter Weight</i>	31
Tabel 4.6 <i>Gauge R&R</i> Variabel <i>Emitter Weight</i>	31
Tabel 4.7 Komponen <i>Gage R&R</i> Variabel <i>Emitter Weight</i> ...	32
Tabel 4.8 <i>MSA</i> Variabel <i>Emitter Weight</i>	32
Tabel 4.9 Hasil ANOVA pada <i>Gas Pressure</i>	36
Tabel 4.10 <i>Gauge R&R</i> Variabel <i>Gas Pressure</i>	36
Tabel 4.11 Komponen <i>Gage R&R</i> Variabel <i>Emitter Weight</i> ...	37
Tabel 4.12 <i>MSA</i> Variabel <i>Emitter Weight</i>	37



Halaman Sengaja Dikосongkan

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1 Data Pengukuran Lampu dengan Variabel Pengamatan <i>Emitter Weight</i>	45
LAMPIRAN 2 Data Pengukuran Lampu dengan Variabel Pengamatan <i>Gas Pressure</i>	46
LAMPIRAN 3 <i>Output Software Run Test</i> Asumsi Keacakan Data	46
LAMPIRAN 4 <i>Output Software Probability Plot</i> Asumsi Kenormalan Data	47
LAMPIRAN 5 <i>Output Software Uji Levene</i> Asumsi Homogenitas Data	48
LAMPIRAN 6 <i>Output Software Gauge Study Type 1</i>	49
LAMPIRAN 7 <i>Output Software Gauge R&R Study (ANOVA Method)</i>	49



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era *modern* dan globalisasi ini, semua peralatan sudah mencapai kemajuan dan perkembangan yang sangat pesat. Alat-alat elektronik sudah berkembang seperti jamur yang dengan mudah menyebar. Tak ingin ketinggalan dengan alat elektronik lain, lampu juga mulai memasuki era baru. Lampu jenis *LED* sudah mulai dikembangkan dan digunakan oleh masyarakat. Disamping harganya yang murah, lampu *LED* juga hemat energi dan memiliki *lifetime* yang cukup panjang. Namun bukan hanya lampu jenis *LED* saja, lampu jenis spiral yang dahulu sangat terkenal sekarang juga mulai memodernkan diri dengan melakukan inovasi yang baru. Inovasi yang dimaksud adalah dengan memperpendek ukuran diameter dan panjang lampu. Dahulu lampu jenis spiral harus dibuat agak panjang agar memiliki masa hidup yang cukup lama. Oleh karena itu, sekarang lampu jenis spiral sudah dikembangkan dengan metode-metode yang baru sehingga tidak kalah *modern* dengan lampu *LED* atau lampu lainnya.

Sebagai salah satu perusahaan yang mengembangkan perkembangan lampu jenis spiral ini, PT “XYZ” memiliki kebijakan untuk menekan angka *reject order* agar kepercayaan dan kualitas produksi yang dihasilkan memang benar-benar produksi yang unggul dan terbaik. Oleh karena itu, perusahaan PT. “XYZ” mengaplikasikan hal tersebut dengan membentuk departemen *Quality Assurance* (QA). Departemen ini diharapkan mampu menekan *reject order* dari konsumen sehingga juga menimbulkan biaya kerugian yang minim pada setiap kali produksi. Pada umumnya, angka *reject order* yang ditimbulkan disebabkan oleh banyaknya produksi cacat yang diterima oleh konsumen. Keakuratan alat ukur dan hasil pengukuran *operator* menjadi hal terpenting bagi perusahaan karena hal tersebut menjadi pengukuran data dan validasi sistem pengukuran (Pan,

2006). Kapabilitas proses dari *Gauge R&R* merupakan salah satu alat untuk mengetahui keakuratan alat ukur dan hasil pengukuran oleh *operator*. *Measurement System Analysis Gauge R&R* yang diaplikasikan hanya memperhatikan nilai *reproducibility* dan nilai *repeatability* tanpa memperhatikan nilai variasi produk serta nilai interaksi dari *part* dan *operator*. Penelitian Anggrek, 2013 yang berjudul penerapan *repeatability* dan *reproducibility* (*MSA Gauge R&R*) pada part lampu di PT, “X” memberikan hasil yang *unacceptable* dan terjadi perbedaan pengukuran oleh *inspector*.

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat alat ukur yang belum dicek kapabilitas dan *operator* yang belum mendapat *training* serta sistem pengukuran yang belum diterapkan, maka perumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah apakah *operator* dan alat ukur dari hasil pengukuran yang dilakukan sudah kapabel? Rekomendasi apa yang dapat diberikan kepada perusahaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui apakah terdapat pengaruh dari faktor *operator* dan faktor *part* serta interaksinya terhadap hasil keakuratan pengukuran di PT. “XYZ”.
2. Mengetahui apakah *measurement system* untuk part lampu spiral di PT. “XYZ” telah kapabel.
3. Mengetahui *operator* pada *part* dengan variabel manakah yang memberikan hasil pengukuran *part* yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk dapat menjadikan metode sebagai pertimbangan dalam kasus pengukuran pada *measurement system* dan dapat memberikan saran dan rekomendasi untuk perusahaan dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh *operator*. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut,

1. Alat ukur yang dianalisis hanya alat ukur dari variabel pengamatan hasil pengamatan primer untuk *part* lampu. Serta alat ukur tersebut telah dikalibrasi sebelum pengamatan dimulai.
2. Data yang digunakan diperoleh pada bulan Februari 2015.
3. Semua *operator* sebagai objek penelitian mempunyai kondisi yang sama, dalam keadaan sehat dan memiliki kemampuan kerja yang sama.
4. *Measurement system* yang kapabel memiliki arti bahwa *operator* yang sama telah mampu mengukur part yang sama dalam beberapa kali pengulangan (*repeatability*) dan alat ukur telah mampu memberikan hasil pengukuran dengan variasi yang rendah (*reproducibility*).



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas beberapa tinjauan pustaka yang terkait dengan penelitian *Measurement System Analysis Repeatability and Reproducibility (MSA Gauge R&R)*, yaitu rancangan percobaan, asumsi untuk analisis data, ANOVA, dan MSA.

2.1 Rancangan Percobaan Faktorial axb

Rancangan faktorial adalah rancangan yang paling efisien untuk kasus yang mempelajari pengaruh dari dua atau lebih faktor. Dengan rancangan faktorial menyatakan bahwa dalam masing-masing replikasi percobaan, semua kombinasi perlakuan yang mungkin dari faktor-faktor tersebut diteliti. Misalkan ada a level dari faktor A dan b level dari faktor B, masing-masing replikasi mengandung semua ab kombinasi perlakuan. Secara umum, terdapat n replikasi. Secara umum, percobaan rancangan faktorial dengan 2 faktor disusun dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Rancangan Faktorial

Faktor <i>Operator</i>	Faktor Produk				$y_{i..}$
	1	2	...	b	
1	$y_{111}, y_{112},$..., y_{11n}	$y_{121}, y_{122},$..., y_{12n}	...	$y_{1b1}, y_{1b2},$..., y_{1bn}	$y_{1..}$
2	$y_{211}, y_{212},$..., y_{21n}	$y_{221}, y_{222},$..., y_{22n}	...	$y_{2b1}, y_{2b2},$..., y_{2bn}	$y_{2..}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$y_{a11}, y_{a12},$..., y_{a1n}	$y_{a21}, y_{a22},$..., y_{a2n}	...	$y_{ab1}, y_{ab2},$..., y_{abn}	$y_{a..}$
$y_{.j.}$	$y_{.1.}$	$y_{.2.}$	...	$y_{.b.}$	$y_{...}$

Secara umum, pengamatan ke- i dan ke- j pada pengulangan ke- k dapat dinotasikan sebagai y_{ijk} . Rancangan faktorial pada Tabel 2.1 merupakan rancangan faktorial dengan faktor *operator*

dan faktor produk. Faktor produk pada penelitian ini dipilih dari beberapa produk yang disampling dari jumlah produk yang diproduksi oleh perusahaan sehingga faktor *operator* dan faktor produk pada penelitian ini merupakan *random factor*. Model matematis untuk rancangan faktorial 2 faktor ini adalah (Montgomery, 2001)

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2.1)$$

Berdasarkan persamaan 2.1, μ merupakan rata-rata keseluruhan, τ_i merupakan efek faktor *operator* level ke- i , β_j adalah efek faktor produk level ke- j , $(\tau\beta)_{ij}$ adalah efek interaksi kedua faktor sedangkan *error* dinyatakan dengan ε_{ijk} yang memiliki asumsi IIDN($0, \sigma^2$) (Montgomery, 2001).

Pengujian terhadap model dilakukan untuk mengetahui apakah efek dari faktor *operator*, faktor produk dan interaksi kedua faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Montgomery (2001) mengatakan pengujian terhadap hasil pengamatan dari rancangan percobaan dilakukan dengan menggunakan tabel *analysis of variance* (ANOVA) yang disajikan pada Tabel 2.2. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut,

Hipotesis untuk Faktor *Operator*

H_0 : Tidak ada perbedaan antar operator

H_1 : Ada perbedaan antar operator

Hipotesis untuk Faktor *Part*

H_0 : Tidak ada perbedaan antar *part*

H_1 : Ada perbedaan antar *part*

Hipotesis untuk Interaksi Kedua Faktor

H_0 : Tidak ada interaksi antara *operator* dan *part*

H_1 : Ada interaksi antara *operator* dan *part*

Pengujian ANOVA dua faktor ini memiliki daerah kritis yaitu menolak H_0 jika nilai *p-value* lebih kecil dari α (*p-value* $< \alpha$) atau nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} ($F_0 > F_{\alpha, (a-1), ab(k-1)}$) (Montgomery, 2001).

Tabel 2.2 ANOVA

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F_0
<i>Operator</i>	$SS_o = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i.}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$a - 1$	$MS_o = \frac{SS_o}{a - 1}$	$\frac{MS_o}{MS_E}$
<i>Part</i>	$SS_p = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$b - 1$	$MS_p = \frac{SS_p}{b - 1}$	$\frac{MS_p}{MS_E}$
Interaksi	$SS_{op} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2}{n} - \frac{y_{i.}^2}{bn} - \frac{y_{.j}^2}{an} - SS_A - SS_B$	$(a - 1)$ $(b - 1)$	$MS_{op} = \frac{SS_{op}}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{MS_{op}}{MS_E}$
<i>Error</i>	$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$	ab $(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$abn - 1$		

2.2 Uji Keacakan

Uji Keacakan data adalah pengujian yang dilakukan jika terjadi keraguan terhadap keacakan sampel yang diperoleh. Uji keacakan didasarkan pada runtun, yaitu deretan huruf atau tanda yang berbeda. Uji keacakan bertujuan untuk mengetahui data yang diolah telah diambil secara acak atau tidak.

Hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

H_0 : Data dari populasi diambil secara acak

H_1 : Data dari populasi diambil tidak acak

Statistik Uji:

Statistik uji yang digunakan adalah r yaitu total banyaknya rangkaian. Namun jika n_1 dan n_2 lebih dari 20, maka menggunakan rumus *aproksimasi* sebagai berikut.

$$Z = \frac{r - \left\{ \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} \right\} + 1}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (2.2)$$

Jika ditetapkan tingkat signifikan sebesar α , maka menolak H_0 dengan $r_{atas} < r$ atau $r > r_{bawah}$. Apabila menggunakan nilai *aproksimasi* maka, menolak H_0 jika $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$. (Daniel, 1989).

2.3 Uji Distribusi Normal

Uji kenormalan data dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* dilakukan untuk mengetahui apakah data yang digunakan telah mengikuti distribusi normal. Asumsi uji *Kolmogorov Smirnov* adalah data terdiri atas hasil-hasil pengamatan bebas X_1, X_2, \dots, X_n yang merupakan sebuah sampel acak berukuran n dari suatu fungsi distribusi yang belum diketahui dan dinyatakan dengan $F(x)$.

Berikut ini adalah pengujian hipotesis dari uji *Kolmogorov Smirnov*:

Hipotesis :

$H_0 : F_0(x) = F_e(x)$ (Data berdistribusi normal)

$H_1 : F_0(x) \neq F_e(x)$ (Data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji :

$$D = \sup_x |F_e(x) - F_0(x)| \quad (2.3)$$

Nilai $F_0(x)$ merupakan fungsi distribusi teorik yang diperoleh dari nilai peluang kumulatif, sedangkan $F_e(x)$ merupakan fungsi distribusi empirik yang diperoleh dari nilai peluang kumulatif berdasarkan data sampel.

Jika ditetapkan tingkat signifikan sebesar α maka menolak H_0 dengan nilai $D > D_\alpha$ dimana nilai D_α merupakan nilai kritis Uji Kolmogorov-Smirnov satu sampel. (Razali & Wah, 2011).

2.4 Uji Homogenitas

Metode yang digunakan dalam pengujian kehomogenan varians adalah uji levene. Uji levene digunakan untuk mengetahui kehomogenan suatu data hasil pengukuran tanpa memenuhi asumsi normal namun data tersebut harus berbentuk data *kontinu*.

Hipotesis:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ (Varians hasil pengukuran homogen)

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ untuk sedikitnya satu pasangan (i,j) (Varians hasil pengukuran tidak homogen)

Statistik Uji :

$$W = \frac{(n-k) \sum_{i=1}^k n_i \left(\bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{..} \right)^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \left(Z_{ij} - \bar{Z}_{i.} \right)^2} \quad (2.4)$$

dimana

N = jumlah total observasi, dimana $N = 1, 2, \dots, xv$

N_u = jumlah observasi di kelompok ke- x

u = jumlah kelompok, dimana $u = 1, 2, \dots, x$

Z_{uv} = $|Y_{uv} - \bar{Y}_u|$

\bar{Y}_u = rata-rata kelompok ke- u

\bar{Z}_u = rata-rata kelompok dari Z

\bar{Z} = rata-rata keseluruhan dari Z_{uv} .

Jika ditetapkan tingkat signifikan sebesar α , maka menolak H_0 dengan nilai $W > F(\alpha, k-1, n-k)$. (Lim, 1996)

2.5 Measurement System Analysis

Measurement System Analysis (MSA) merupakan sekumpulan ukuran dan peralatan, prosedur, manusia, dan lingkungan yang menjadi faktor penentu utama suatu keadaan menjadi terukur. Ketika proses *measurement system* diaplikasikan, penyebab variasi yang mengalami ketidaktepatan pengukuran akan lebih mudah teridentifikasi (Joglekar, 2003). Metode *Gauge R&R* digunakan

untuk memperoleh hasil pengukuran alat atau unit secara berulang dengan *operator* yang sama serta hasil pengukuran alat atau unit dengan *operator* yang berbeda-beda (Louka & Besseris, 2010).

2.5.1 MSA Tipe I

Measurement System Analysis Type I (MSA Tipe I) digunakan untuk melihat kapabilitas suatu sistem pengukuran atau *measurement system* dengan cara mengombinasikan pengaruh *bias* dan *repeatability* pada pengukuran produk. MSA Tipe I digunakan ketika suatu pengukuran telah diketahui karakteristik datanya dan telah diketahui pula berapa kali pengukuran akan dilakukan. Saat pengukuran sudah tidak *bias*, kapabilitas proses pengukuran MSA Tipe I dapat dinyatakan dengan persamaan 2.5 (Roth, 2013).

$$C_g = \frac{h.(BSA - BSB)}{6.s_m} \quad (2.5)$$

dimana BSA dan BSB adalah batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah, s_m merupakan nilai standar deviasi dari data hasil pengukuran, sedangkan 6 menyatakan *number of standart deviation* yang digunakan sehingga nilai *study variation* $6 \times S_m$. Nilai 6 menjelaskan 99,73% dari pengukuran. Penggunaan nilai 6 dikarenakan proses pengukuran dalam keadaan terkendali, dimana 0,27% hasil pengukuran berada diluar batas kendali dan terjadi secara *random*. Selain itu, nilai h menyatakan prosentase toleransi dengan formula untuk nilai prosentase toleransi adalah

$h = \frac{c}{100}$, dimana $c = 2\sigma_g$ atau $c = 3\sigma_g$. C_g merupakan nilai yang menyatakan kapabilitas aktual potensial proses dengan *bias* merupakan selisih antara nilai karakteristik dan nilai pengukuran, sehingga perlu adanya parameter yang lebih baik untuk menyatakan kapabilitas suatu proses.

Salah satu besaran lain yang lebih baik digunakan adalah C_{gk} , yang dinyatakan dengan persamaan 2.6,

$$C_{gk} = \frac{2 \cdot (h \cdot (BSA - BSB) - |x_m - x_g|)}{6 \cdot s_m} \quad (2.6)$$

C_{gk} merupakan estimasi dari kapabilitas aktual. *Bias* dari pengukuran dapat dihitung dari selisih antara nilai rata-rata pengukuran (x_m) dengan *reference value* (x_g) (Roth, 2013).

2.5.2 MSA Tipe II

Measurement System Analysis Type II (MSA Tipe II) merupakan tipe MSA yang umum digunakan dalam dunia industri. *Measurement system* minimal terdiri atas alat ukur atau *gauge*, yang terdiri dari beberapa komponen, seperti *operator* yang menggunakan alat ukur tersebut dan perbedaan hasil pengukuran saat alat ukur tersebut digunakan. Secara umum, total variasi hasil pengukuran dapat ditulis sebagai berikut,

$$\sigma_{Total}^2 = \sigma_{Part}^2 + \sigma_{gauge}^2 \quad (2.7)$$

dimana σ_{Total}^2 merupakan variasi total, σ_{Part}^2 merupakan variasi *part*, sedangkan σ_{gauge}^2 merupakan variabilitas dari proses *measurement* (Montgomery, 2005).

MSA tipe II disebut juga dengan *gauge reproducibility and repeatability* atau *Gauge R&R*. *Gauge repeatability* dan *reproducibility* merupakan salah satu jenis *Measurement System Analysis* yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari sistem pengukuran. Roth (2013) menyatakan bahwa *repeatability* merupakan besaran yang menunjukkan seberapa presisi suatu sistem pengukuran. Sedangkan *reproducibility* merupakan bagian dari variasi total yang disebabkan oleh perbedaan kemampuan *operator* dalam mengukur produk yang sama dan atau interaksi antara perbedaan operator dan produk yang diukur.

Montgomery (2005) menunjukkan bahwa terdapat 3 metode yang dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai kondisi suatu *measurement system*, apakah telah *acceptable* atau *capable*. Tiga metode tersebut adalah sebagai berikut.

1. Metode ANOVA

Variabilitas dari proses *measurement system* dijabarkan sebagai berikut,

$$\sigma_{gauge}^2 = \sigma_{repeatability}^2 + \sigma_{reproducibility}^2 \quad (2.8)$$

dimana σ_{gauge}^2 merupakan variabilitas dari proses *measurement*, $\sigma_{repeatability}^2$ merupakan *repeatability* dan $\sigma_{reproducibility}^2$ merupakan *reproducibility*.

Nilai *repeatability* atau EV (*equipment variation*) merupakan variasi nilai pengukuran dengan kondisi *operator* yang sama mengukur produk yang sama dalam beberapa kali pengulangan. Nilai ini diformulasikan pada persamaan berikut.

$$EV = k\sqrt{MSE} \quad (2.9)$$

Nilai *reproducibility* atau AV (*appraiser or operator variation*) merupakan variasi dari nilai pengukuran dengan alat ukur yang sama namun *operator* yang berbeda. Nilai ini diformulasikan pada persamaan berikut.

$$AV = k\sqrt{\frac{MS_O - MS_{OP}}{bn}} \quad (2.10)$$

Nilai variasi produk atau PV (*process variation*) merupakan nilai pengukuran yang diperoleh dari hasil pengukuran beberapa produk yang diukur oleh *operator* yang sama. Nilai ini diformulasikan pada persamaan berikut.

$$PV = k\sqrt{\frac{MS_P - MS_{OP}}{an}} \quad (2.11)$$

Nilai variasi interaksi dan IV (*interaction variation*) merupakan nilai rata-rata pengukuran dari produk yang berbeda dengan *operator* yang berbeda. Nilai ini diformulasikan pada persamaan berikut.

$$IV = k\sqrt{\frac{MS_{OP} - MS_E}{n}} \quad (2.12)$$

Nilai variasi *Gauge R&R* atau *Combined Gauge R&R* merupakan penjumlahan dari sumber-sumber variasi pada persamaan 2.9 sampai dengan 2.12. Nilai ini diformulasikan pada persamaan berikut.

$$R \& R = k \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2} \quad (2.13)$$

Komponen rumus pada persamaan 2.9 s ampai dengan persamaan 2.12 diperoleh dari hasil pada Tabel 2.3. Muhammad (2012) menyatakan bahwa nilai k merupakan konstanta yang berkaitan dengan banyaknya jumlah pengulangan atau secara matematis ditunjukkan dengan $k = \frac{6}{d_2}$.

Hasil dari *Gauge R&R* pada persamaan 2.13 akan memberikan informasi mengenai kondisi *measurement system* melalui 2 cara. Cara pertama adalah dengan menginterpretasikan hasil *Gauge R&R* menggunakan statistik uji pada persamaan 2.14. Selain itu, cara kedua yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *number distinct categories* atau *classification ratio* yang secara matematis dituangkan pada persamaan 2.15 (Woodall & Borror, 2008).

$$\% \text{ Total Gauge R \& R} = \left[\frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{BSA - BSB} \right] \times 100\% \quad (2.14)$$

Dengan nilai BSA dan BSB merupakan batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah dari alat ukur yang digunakan. Menurut AIAG (2002), ada tiga syarat yang digunakan untuk mengambil kesimpulan dengan menggunakan nilai prosentase *Gauge R&R*, yaitu.

1. Jika Nilai prosentase *Gauge R&R* < 10%, maka *measurement system* dikatakan *acceptable*.
2. Jika 10% < *Gauge R&R* < 30%, maka *measurement system* dikatakan *acceptable* dengan syarat tertentu.

3. Jika nilai *Gauge R&R* > 30%, maka *measurement system* dikatakan *unacceptable* sehingga perlu dilakukan perbaikan dalam sistem.

Sedangkan apabila kesimpulan diambil dengan menggunakan *present contribution*, maka syarat yang digunakan adalah.

1. Jika *percent contribution variation gauge R&R* ≤ 1%, maka *measurement system acceptable*
2. Jika 1% < *percent contribution variation gauge R&R* ≤ 9%, maka *measurement system acceptable* dengan syarat tertentu.
3. Jika *percent contribution variation gauge R&R* > 9%, maka *measurement system unacceptable* dan perlu adanya perbaikan dalam sistem.

Kemudian cara kedua untuk menentukan kesimpulan apakah sistem pengukuran sudah *acceptable* atau tidak dengan melihat nilai *number of distinct categories*.

$$ndc = \left[\frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \right] \times 1,41 \quad (2.15)$$

Nilai *ndc* merupakan *number distinct categories*, $\hat{\sigma}_{part}$ merupakan nilai taksiran standar deviasi dari *part*, sedangkan $\hat{\sigma}_{R\&R}$ merupakan nilai taksiran standar deviasi dari *Gauge R&R*. Syarat bahwa *measurement system acceptable* dengan menggunakan *ndc* adalah apabila nilai *ndc* lebih besar dari 5 ($ndc \geq 5$) (Woodall & Borror, 2008).

2. *Rasio Precision-to-tolerance (P/T)*

Precision-to-tolerance (P/T) ratio sering juga disebut sebagai ratio dari $k \hat{\sigma}_{gauge}$ dengan batas toleransi. Ukuran ini biasa digunakan, namun tidak terlalu baik, untuk membandingkan estimasi dari kapabilitas alat ukur dengan batas spesifikasi yang ditentukan dari *part* yang diukur. *Precision-to-tolerance (P/T) ratio* secara matematis dinyatakan pada persamaan berikut.

$$P/T = \frac{6 \cdot \hat{\sigma}_{gauge}}{BSA - BSB} \quad (2.16)$$

Berdasarkan persamaan 2.16, *BSA* dan *BSB* menyatakan batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah, sedangkan 6 menyatakan nilai dari standar deviasi dari batas toleransi suatu populasi yang mengikuti distribusi normal.

Nilai P/T menunjukkan 0,1 atau kurang biasanya memberikan kesimpulan bahwa hasil estimasi kapabilitas dari alat ukur cukup baik. Sebuah alat ukur harus *capable* dalam mengukur suatu produk dengan akurat dan presisi, sehingga analisis dari hasil pengukuran dapat memberikan kesimpulan dengan tepat. Hal tersebut dapat diimplikasikan jika nilai $P/T \leq 0,1$.

3. Rasio Signal-to-noise (SNR)

Ukuran lain yang dapat digunakan untuk melihat kondisi suatu *measurement system* adalah *signal-to-noise ratio* (SNR). Secara matematis, SNR ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$SNR = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{part}}{1 - \rho_{part}}} \quad (2.17)$$

Dengan $\rho_{part} = \frac{\sigma_{part}^2}{\sigma_{total}^2}$. Nilai σ_{part} dan σ_{total} diperoleh dari hasil pada Tabel 2.2.

AIAG (2002) menjelaskan bahwa SNR menunjukkan nilai dari perbedaan level atau kategori, yang diperoleh dari pengukuran. Nilai yang direkomendasikan adalah 5 atau lebih ($SNR \geq 5$), dan nilai yang kurang dari 2 ($SNR < 2$) mengindikasikan bahwa alat ukur kurang *capable*.

2.6 Proses Produksi Perusahaan

Berbagai jenis produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ telah diproduksi seperti.

- 1 TL (*tabular lamp*) atau dikenal dengan lampu neon yaitu lampu yang memiliki prinsip kerjanya dalam mengubah energi listrik menjadi energi cahaya berdasarkan pada

berpendarnya radiasi ultra violet pada permukaan yang dilapisi dengan serbuk *fluorescent* misalnya jenis fosfor

2 Lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) atau dikenal dengan lampu hemat energi adalah lampu neon yang menggunakan *ballast* yang lebih menghemat daya listrik saat penggunaannya.

PT. XYZ merupakan perusahaan lampu yang terus berusaha mengembangkan produk termasuk *branding* perusahaan. Salah satunya adalah pengembangan produk lampu hemat energi yang akhirnya dengan berbagai cara pemasaran menjadikannya sebagai perusahaan percontohan pengelolaan lingkungan secara global maupun regional.

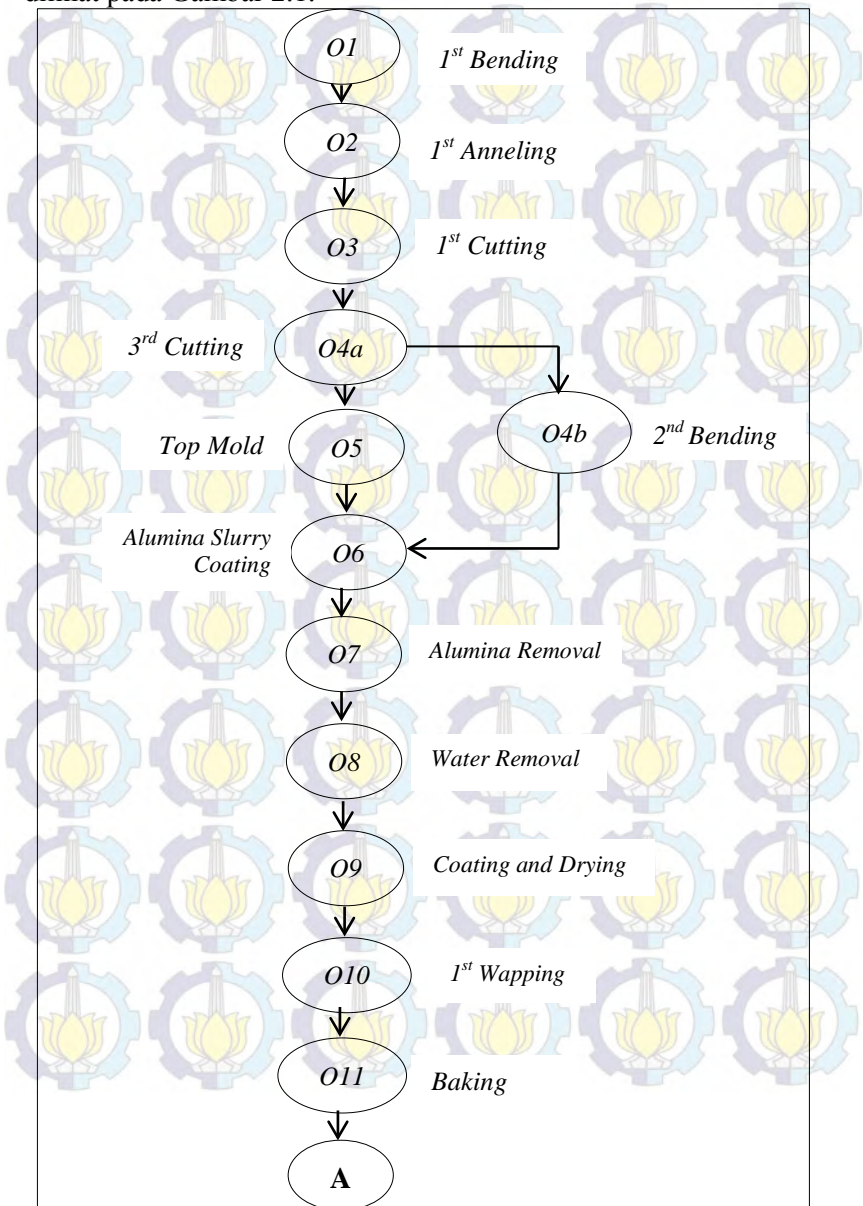
Saat ini jenis produk yang dibuat/dirakit di PT. XYZ adalah PB & GPB, *Spiral Pa-look*, LED & HID, Aplikasi LED. Disamping itu, PT. XYZ juga memiliki *Glass Factory* yang memproduksi *long tube* dan *globe* untuk PB, GPB dan LED.

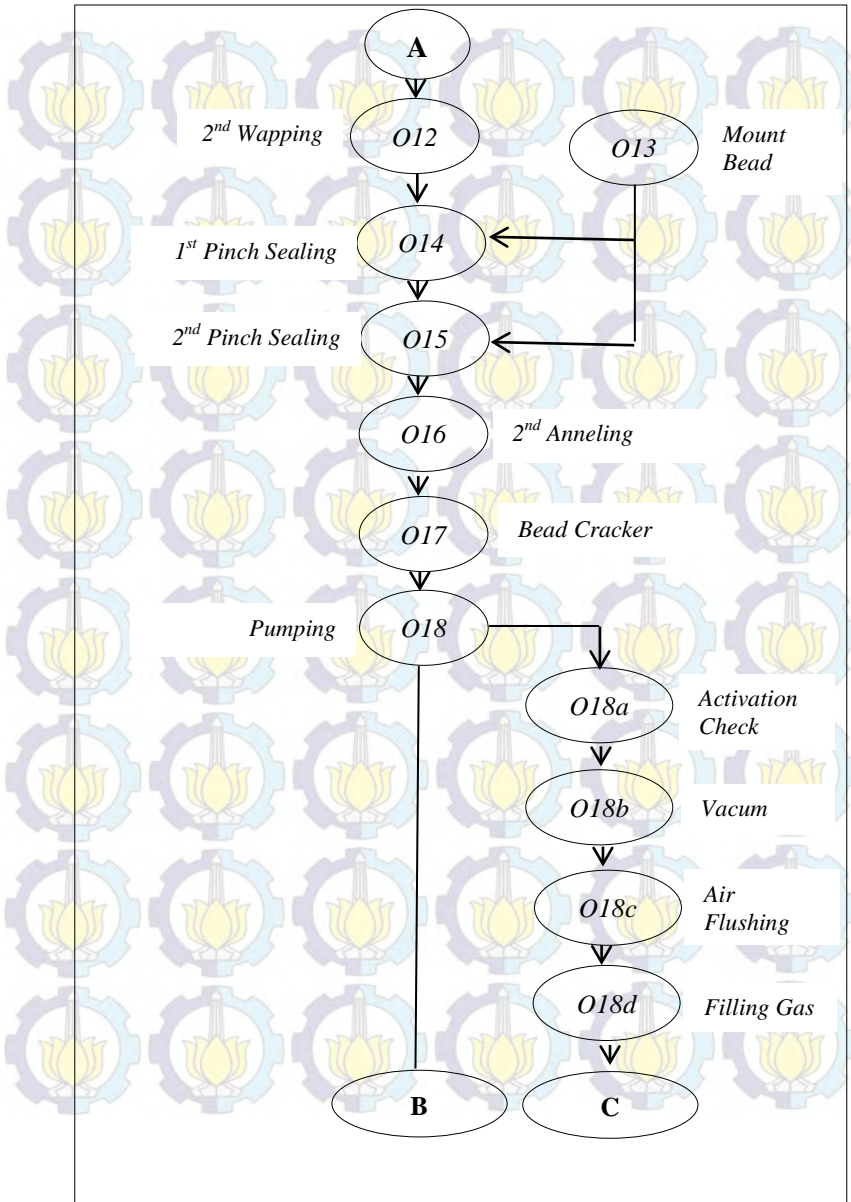
Pada pengukuran penelitian ini, digunakan variabel penelitian y yang digunakan adalah *emitter weight* dan *gas pressure*. *Emitter weight* terdapat pada proses *mount bead* yang prosesnya tersendiri, di dalam mesin *mount bead* terdiri dari proses penyatuan *coil* dan serbuk senyawa yang digunakan untuk menyalakan lampu saat aliran arus listrik mengenai elemen *emitter*. Pada pengukuran *emitter weight* dilakukan dengan menimbang berat *emitter* pada *electronic weight*. Pada saat pengukuran dilakukan penimbangan untuk mengetahui kandungan serbuk senyawa yang terdapat pada *coil*. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam produksi yang dimulai pada pukul 6.00. Pada setiap pengukuran diambil sampling sebanyak 5 buah *emitter*. Sedangkan *gas pressure* terdapat pada proses *pumping*, dimana proses ini terdiri dari proses pembersihan lampu dari bahan-bahan yang dapat mengganggu *lifetime*, pengisian gas argon dan menutup dengan tekanan gas tinggi untuk mengikat gas argon. Pengukuran *gas pressure* dilakukan dengan alat *pressure gauge*, dimana alat ini berfungsi untuk mengetahui tekanan gas yang terdapat pada lampu spiral. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam

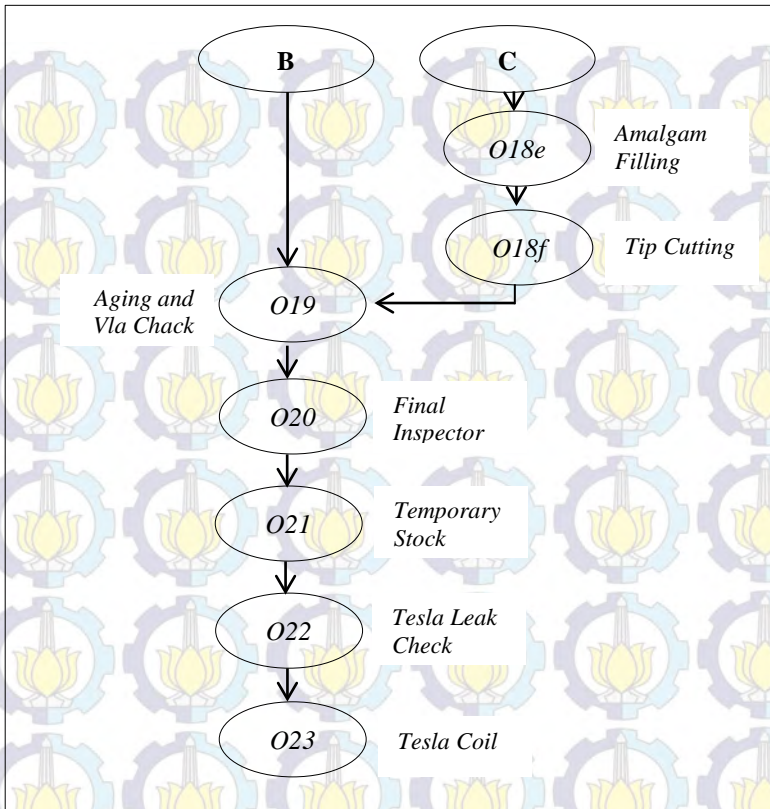
produksi dengan mengambil sampling sebanyak 2 buah lampu spiral.

Pada proses produksi lampu jenis spiral terdiri dari beberapa bagian, bahan baku berupa *longtube* berbentuk silinder panjang diproses pada *1st bending*, *longtube* diproses menjadi bentuk spiral sesuai dengan tipe yang akan diproduksi menggunakan mesin *bending*. Setelah melalui proses *bending*, lampu spiral diletakkan pada mesin *annealing* untuk melunakkan lampu agar mudah dipotong pada proses *cutting*. Selanjutnya, lampu dirapikan pada kedua sisi untuk menghindari terjadinya kecelakaan karena kedua sisi masih tajam. Pada proses *top mold* dilakukan pemrosesan untuk membentuk *putting* dari lampu, selanjutnya lampu masuk pada proses pewarnaan. Namun sebelum memasuki proses pewarnaan, lampu sebelumnya dibersihkan menggunakan cairan berwarna bening pada proses *alumina removal* dan *water removal*. Pada tahap *coating and drying* ini, lampu dibersihkan menggunakan tekanan gas yang sangat tinggi agar benda-benda asing yang terdapat pada lampu spiral dapat hilang sehingga proses pewarnaan atau *baking* dapat sempurna. Selanjutnya lampu dibersihkan kembali dengan tekanan gas yang tinggi pada proses *wapping*. Setelah melewati proses pewarnaan, lampu spiral kemudian dibawa pada tahap *sealing*, dimana pada tahap ini lampu spiral dipasang *emitter* pada kedua sisi lampu spiral. Setelah proses pemasangan, lampu spiral dirapikan di proses *bead cracker*. Lampu spiral kemudian melewati proses *pumping*. Pada proses ini, lampu spiral dibersihkan sebelum diisi oleh gas argon. Pada proses ini murni menggunakan mesin karena tekanan gas yang diberikan sangat kuat dan besar. Pada akhir proses *pumping*, lampu spiral ditutup pada kedua sisi dengan rapat agar tidak terjadi kebocoran pada gas argon. Selanjutnya, lampu spiral diuji coba pada proses *tesla* guna mengetahui apakah lampu spiral tersebut menyala atau tidak, jika tidak menyala lampu spiral akan dibuang dan dihancurkan dan jika lampu dapat menyala maka lampu spiral siap dipasarkan.

Untuk melihat gambaran proses produksi secara visual dapat dilihat pada Gambar 2.1.







Gambar 2.1 Proses Produksi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai sumber data, variabel pengamatan yang akan digunakan serta langkah analisis penelitian *Measurement System Analysis Repeatability and Reproducibility (MSA Gauge R&R)*.

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer hasil penelitian dan pengamatan yang dilakukan di PT. “XYZ” pada bulan Februari 2015. Data tersebut merupakan hasil pengukuran pada produk lampu spiral jenis X. Pengambilan data dilakukan pada 2 sampel produk dari lampu yang kemudian diukur oleh 2 *operator* dengan pengulangan sebanyak 6 kali.

Tabel 3.1 Struktur Data

<i>Operator</i>	<i>Part</i>			
	1	2	...	12
1	X	X	X	X
2	X	X	X	X

Variabel yang menjadi variabel penelitian terjadi pada proses *mount bead (O13)* dan *pumping (O18)*. Lihat Gambar 2.1

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel yang secara umum mempengaruhi karakteristik kualitas lampu spiral yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Pengamatan

Variabel	Keterangan	Spesifikasi	Satuan
<i>Emitter Weight</i>	Besaran lampu yang menyatakan komponen penting dari lampu untuk menyalakan lampu	$3,0 \pm 0,7$	Miligram (Mg)
<i>Gas Pressure</i>	Besaran lampu yang menyatakan komponen penting dari lampu yang terdiri dari gas argon	550 ± 100	Pascal (Pa)

Variabel pengamatan yang digunakan untuk setiap produk lampu serta terdapat 2 *operator* yang melakukan pengukuran. *Operator* adalah orang yang bertugas melakukan pengukuran pada produk lampu dengan menggunakan alat ukur yang bersesuaian. Kedua variabel pengamatan tidak terdapat hubungan atau korelasi antar variabel

Tabel 3.3 Struktur Data *Emitter Weight*

Operator	<i>Emitter Weight</i>				
	1	2	3	...	6
1	y_{111}	y_{121}	y_{131}	...	y_{161}
	y_{112}	y_{122}	y_{132}	...	y_{162}
2	y_{211}	y_{221}	y_{231}	...	y_{261}
	y_{212}	y_{222}	y_{232}	...	y_{262}

Jenis produk *Gass Pressure* memiliki struktur data yang sama dengan jenis produk *Emitter Weight*.

3.3 Langkah Analisis

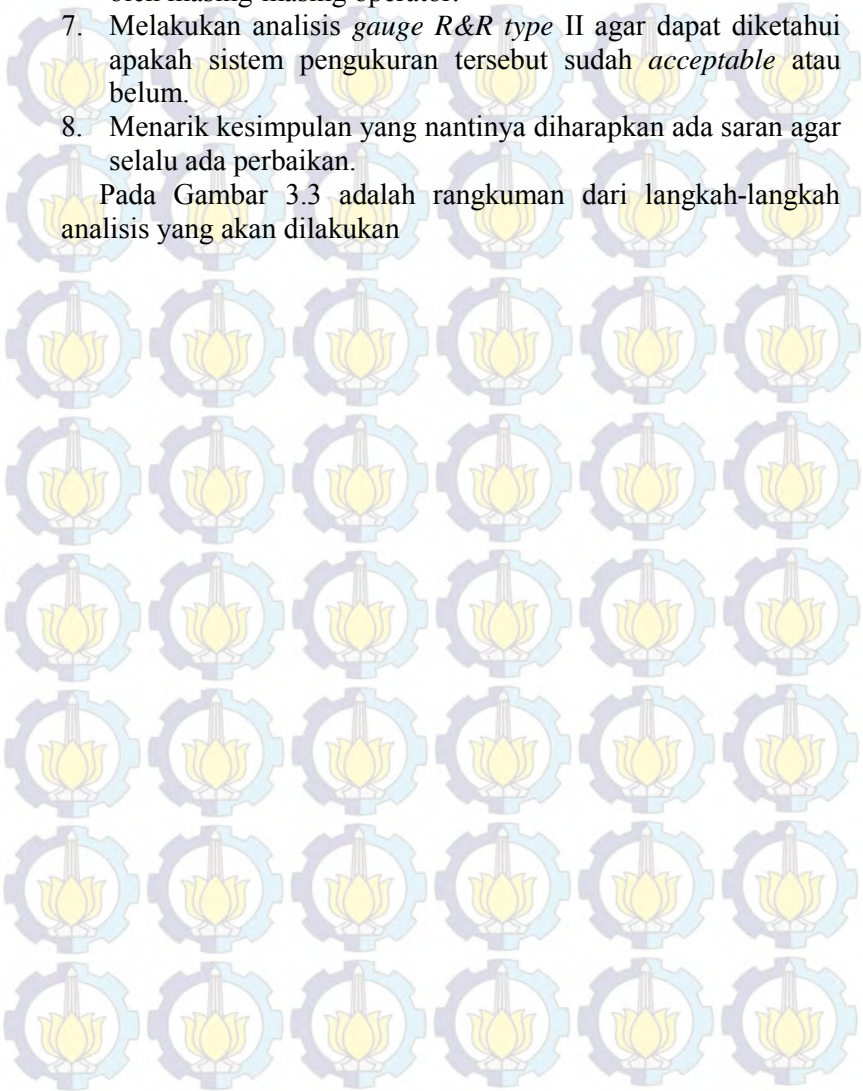
Langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah menganalisa kapabilitas proses *pumping* dan *gas pressure* pada lampu jenis sebagai berikut.

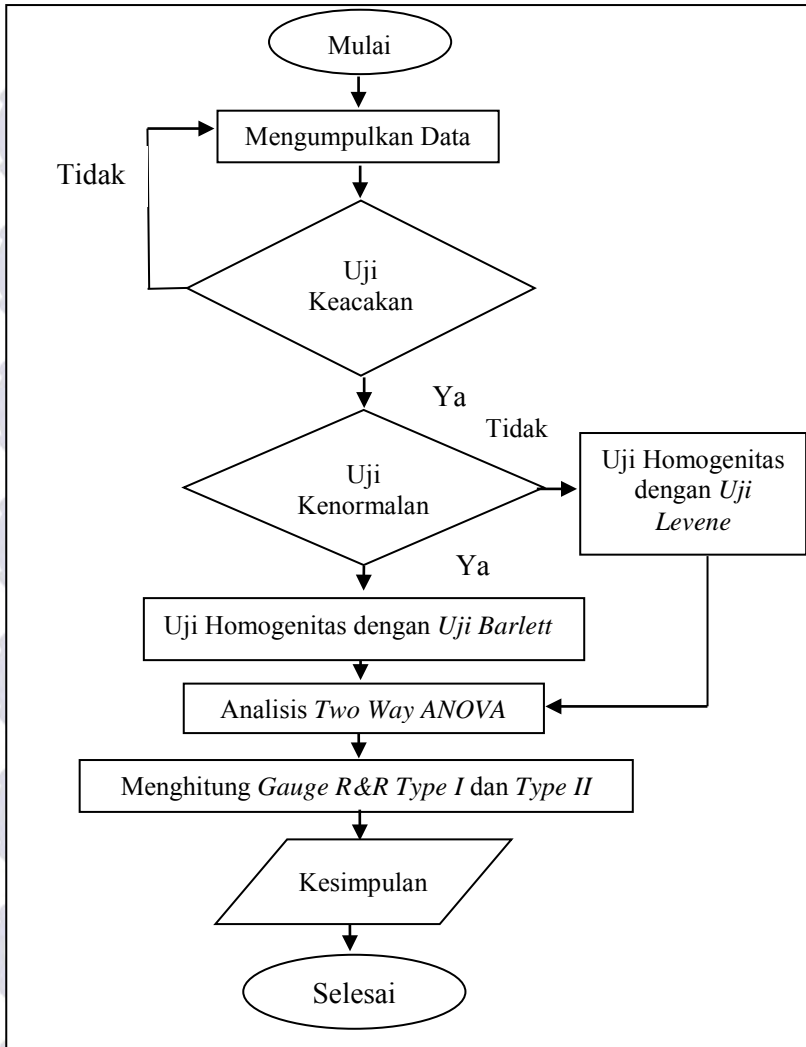
1. Mengumpulkan data secara langsung dengan alat ukur untuk variabel pengamatan setiap produk lampu.
2. Melakukan pengujian keacakan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil sudah acak atau belum
3. Melakukan pengujian distribusi normal untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah mengikuti distribusi normal
4. Melakukan uji homogenitas untuk mengetahui kehomogenan data
5. Menganalisis rancangan faktorial axb untuk mendapatkan faktor-faktor apa saja yang berpengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran.
6. Melakukan analisis *gauge R&R type I* untuk mengevaluasi kapabilitas dari proses pengukuran yang berasal dari produk,

sehingga dapat diketahui bias hasil pengukuran yang diukur oleh masing-masing operator.

7. Melakukan analisis *gauge R&R type II* agar dapat diketahui apakah sistem pengukuran tersebut sudah *acceptable* atau belum.
8. Menarik kesimpulan yang nantinya diharapkan ada saran agar selalu ada perbaikan.

Pada Gambar 3.3 adalah rangkuman dari langkah-langkah analisis yang akan dilakukan





Gambar 3.3 Diagram Alir

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan latar belakang dan metode yang digunakan, Pada Bab Analisis dan Pembahasan akan dibahas mengenai pengujian asumsi data secara statistika, hasil pengukuran *Measurement System Analysis Repeatability and Reproducibility* dan perbedaan pengukuran yang dilakukan oleh *operator*.

4.1 Pengujian Asumsi

Pada analisis sistem pengukuran *gauge R&R* diperlukan beberapa asumsi terlebih dahulu yang harus dipenuhi. Hasil Analisis diperoleh dari data pengamatan primer. Berikut hasil pengujian asumsi pada data pengamatan sebagai berikut.

4.1.1 Asumsi Keacakan Data

Uji keacakan data (*Run Test*) adalah pengujian yang dilakukan jika terjadi keraguan terhadap keacakan sampel yang diperoleh
Hipotesis

H_0 : Residual data variabel pengamatan diambil secara acak.

H_1 : Residual data variabel pengamatan diambil dengan tidak acak.

Statistika Uji :

Tabel 4.1 Uji Keacakan Data

Variabel Pengamatan	<i>P-Value</i>	Keputusan
<i>Emitter Weight</i>	0,140	H_0 gagal ditolak
<i>Gas Pressure</i>	0,463	H_0 gagal ditolak

Jika ditetapkan tingkat signifikan α sebesar 0,05 maka berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai *p-value* untuk setiap variabel pengamatan lebih besar dari α (*p-value* > 0,05). *P-Value* didapatkan dari probabilitas observasi variabel normal standar dengan nilai mutlak yang lebih besar dari nilai z mutlak atau nilai peluang penerimaan standar data yang telah dinormalkan sehingga dapat diambil keputusan untuk H_0 gagal menolak. Karena H_0 gagal menolak, dapat disimpulkan bahwa variabel pengamatan *Emitter Weight* dan *Gas Pressure* telah diambil dengan secara acak terhadap populasi.

4.1.2 Asumsi Distribusi Normal

Uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan salah satu pengujian asumsi normal yang sesuai digunakan untuk ukuran data yang relatif sedikit

Hipotesis

H_0 : Residual data variabel pengamatan berdistribusi normal

H_1 : Residual data variabel pengamatan tidak berdistribusi normal.

Statistika Uji :

Tabel 4.2 Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Variabel Pengamatan	KS	P-Value	Keputusan
<i>Emitter Weight</i>	0,072	<0,010	H_0 ditolak
<i>Gas Pressure</i>	0,143	<0,010	H_0 ditolak

Pengujian *Kolmogorov-Smirnov* menggunakan residual data. Jika ditetapkan tingkat signifikan α sebesar 0,05 maka berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai *p-value* untuk setiap variabel pengamatan lebih kecil daripada α (*p-value* < 0,05). *P-Value* didapatkan dari probabilitas observasi variabel normal standar dengan nilai mutlak yang lebih besar dari nilai *z* mutlak atau nilai peluang penerimaan standar data yang telah dinormalkan, sedangkan nilai *KS* didapatkan dari nilai mutlak maksimum dari selisih frekuensi kumulatif dan nilai peluang *z*, sehingga diambil keputusan untuk H_0 menolak. Berdasarkan keputusan yang telah diambil, maka dapat disimpulkan bahwa data variabel pengamatan *Emitter Weight* dan *Gas Pressure* belum memenuhi asumsi distribusi normal. Dikarenakan data variabel pengamatan tidak memenuhi asumsi normal, maka dilanjutkan dengan menguji kehomogenan data dari variabel pengamatan menggunakan uji *levene*.

4.1.3 Uji Homogenitas Varians

Uji *levene* merupakan metode yang *robust* digunakan pada sampel data kecil, karena metode ini menggunakan jarak median dari sampel observasi.

Hipotesis

H_0 : Residual data Varian variabel pengamatan homogen.

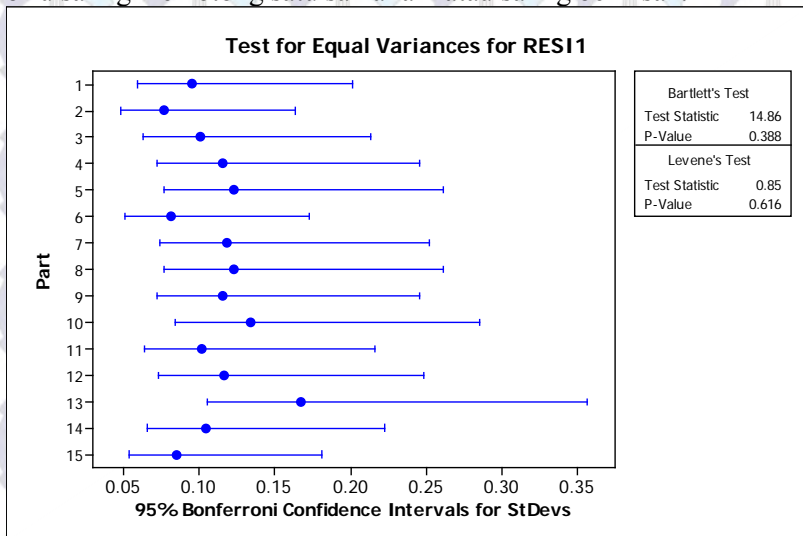
H_1 : Residual data Varian variabel pengamatan tidak homogen.

Statistika Uji :

Tabel 4.3 Uji Homogenitas Varians

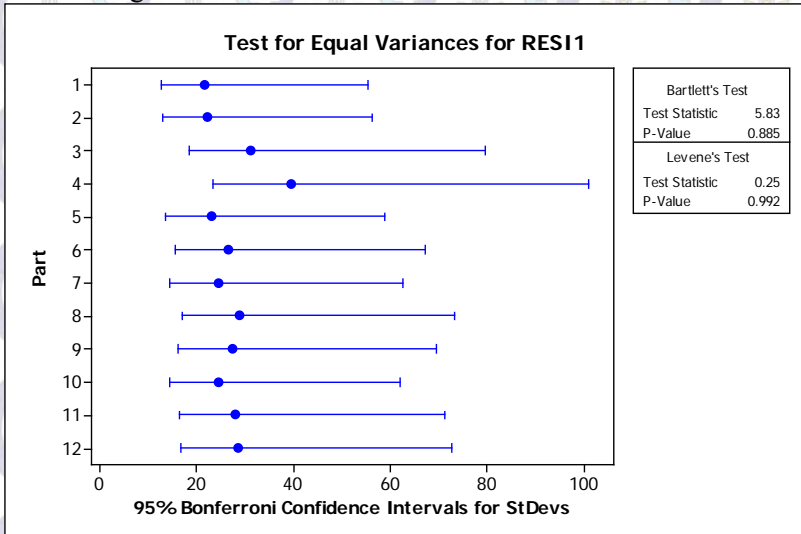
Variabel Pengamatan	<i>P-Value</i>	Keputusan
<i>Emitter Weight</i>	0,616	H_0 gagal ditolak
<i>Gas Pressure</i>	0,992	H_0 gagal ditolak

Jika ditetapkan tingkat signifikan α sebesar 0,05 maka berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh nilai *p-value* yang lebih besar dari α (*p-value* > 0,05). *P-Value* didapatkan dari probabilitas observasi variabel normal standar dengan nilai mutlak yang lebih besar dari nilai z mutlak atau nilai peluang penerimaan standar data yang telah dinormalkan, sehingga dapat diambil keputusan untuk gagal menolak H_0 . Berdasarkan keputusan yang diambil, maka dapat disimpulkan bahwa data variabel pengamatan *Emitter Weight* dan *Gas Pressure* telah homogen secara varians. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dimana garis-garis biru yang terlihat telah memiliki kehomogenan data yang sama, hal ini dapat dikatakan karena garis biru saling memotong satu sama lain atau saling beririsan.

**Gambar 4.1** Homogenitas Data *Emitter Weight*

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat terdapat garis biru yang menandakan nilai 95% *confidence interval* dari standart deviasi *part*, sedangkan titik biru menunjukkan nilai standart deviasi suatu *part*. *Part* yang dimaksud disini adalah suatu produk yang diukur oleh *operator* dengan setiap *part* adalah produk yang berlainan.

Berdasarkan penjelasan di awal, maka dapat dijelaskan bahwa garis biru yang ada saling beririsan dan memotong antarp_{art}, sehingga dapat disimpulkan bahwa data variabel pengamatan *Emitter Weight* telah homogen.



Gambar 4.2 Homogenitas Data *Gas Pressure*

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat terdapat garis biru yang menandakan nilai 95% *confidence interval* dari standart deviasi *part*, sedangkan titik biru menunjukkan nilai standart deviasi suatu *part*. *Part* yang dimaksud disini adalah suatu produk yang diukur oleh *operator* dengan setiap *part* adalah produk yang berlainan. Berdasarkan penjelasan di awal, maka dapat dijelaskan bahwa garis-garis berwarna biru saling memotong atau saling beririsan antarp_{art}, sehingga data variabel pengamatan *Gas Pressure* telah homogen.

4.2 *Measurement System Analysis Gauge R&R*

Measurement system analysis merupakan metode yang digunakan untuk mengukur suatu sistem pengukuran, apakah alat ukur yang digunakan saat ini bisa digunakan untuk mengukur atau tidak secara presisi maupun akurasi. *Measurement system analysis* digunakan untuk memvalidasi apakah sistem pengukuran telah mampu mengukur dengan konsiten dan akurat, serta cukup mampu

membedakan antarpart. Validasi dilakukan terhadap alat ukur dari setiap variabel pengamatan, apakah telah *acceptable* untuk mengukur produk. Bukan hanya alat ukur saja, namun juga *operator* yang menggunakan alat ukur tersebut serta sistem pengukuran yang diukur. Dalam tahap ini juga digunakan untuk mengetahui kapabilitas proses dari suatu sistem pengukuran. Sehingga nantinya dapat memberikan hasil pengukuran yang sesuai (*capable*).

4.3.1 MSA Type I

Analisis *Measurement System Gauge R&R Type I* digunakan untuk melihat kapabilitas suatu sistem pengukuran dengan cara mengkombinasi pengaruh bias dan *repeatability* pada pengukuran lampu. Dalam tahapan ini dibutuhkan *reference value* yang merupakan nilai standard yang telah ditentukan oleh perusahaan untuk masing-masing variabel pengamatan.

Tabel 4.4 Gauge R&R Type I

Source	Variabel Pengamatan	
	Emitter Weight	Gas Pressure
<i>Cg</i>	0,41	0,24
<i>Cgk</i>	0,32	0,02
<i>%Var (Repeatability)</i>	49,00%	82,62%
<i>%Var(Repeatability and Bias)</i>	63,19%	905,47%
<i>Bias (P-Value)</i>	0,000	0,000
<i>Tolerance</i>	1,4	200
<i>Reference</i>	3	550

Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat bahwa nilai *Cg* dan *Cgk* untuk setiap variabel pengamatan berbeda dikarenakan nilai *refence* dari setiap variabel pengamatan yang berbeda. Nilai toleransi yang dipengaruhi oleh variasi sistem pengukuran ditunjukkan oleh nilai besaran *Cg*, sedangkan nilai toleransi yang dipengaruhi oleh variasi sistem pengukuran dan *bias* dilihat dari nilai *Cgk*. Nilai *Cg* dan *Cgk* dari semua variabel pengamatan menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 1,33. Nilai ini mengidentifikasi bahwa variasi dari sistem pengukuran setiap variabel pengamatan adalah besar jika dibandingkan dengan *range* dari toleransi. Dimana nilai *Cg* dan *Cgk* yang lebih dari 1,33 dapat dikatakan memiliki variasi yang tinggi dari sistem pengukuran, sedangkan nilai *Cg* dan *Cgk* yang kurang

dari 1,33 dapat dikatakan bahwa variasi yang ditimbulkan sangat rendah dari sistem pengukuran. Nilai *tolerance* yang besar atau lebar menyebabkan data outlier semakin sedikit sehingga nilai *Cg* dan *Cgk* semakin besar.

Diperoleh nilai *%Var (Repeatability)* dan *%Var (Repeatability and Bias)* yang memiliki arti sama dengan *Cg* dan *Cgk* pada semua variabel menunjukkan nilai yang lebih besar dari 15%. Berdasarkan kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa variasi yang disebabkan oleh sistem pengukuran pada setiap pengamatan adalah besar.

Untuk melihat ada tidaknya bias dalam sistem pengukuran maka dapat dilihat dari nilai *p-value* dari *bias*. Diperoleh nilai *p-value* dari *bias* yang lebih kecil dari α ($p\text{-value} < 0,05$). Hasil ini memberikan kesimpulan bahwa *bias* terdapat dalam sistem pengukuran variabel pengamatan tersebut. Dan jika dilihat secara keseluruhan, variabel *Emitter Weight* memiliki keakurat lebih tinggi pada *operator* yang mengukur variabel tersebut dibandingkan dengan nilai kapabilitas variabel *Gas Pressure*, serta sudah menunjukkan bahwa sistem pengukuran di variabel tersebut sudah mampu mengukur *part* secara akurat namun *operator* belum secara konsisten dalam melakukan pengukuran sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap sistem pengukuran pada variabel tersebut supaya hasil yang didapat memang benar-benar dapat mengukur sistem secara akurat dan presisi.

4.3.2 MSA Type II

Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap kinerja dari alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap variabel pengamatan yaitu *Emitter Weight* dan *Gas Pressure*, dalam pembahasan ini digunakan untuk menganalisis suatu *measurement system* atau suatu sistem pengukuran untuk menentukan apakah sistem pengukuran tersebut *acceptable* atau tidak dan juga dapat ditemukan *error* variasi yang dihasilkan dalam pengukuran tersebut.

a. *Gauge R&R* Variabel *Emitter Weight*

Berikut ini adalah hasil faktorial *Emitter Weight* untuk mengetahui pengaruh dari *operator* dan *part* serta interaksi diantara keduanya dengan menggunakan metode *Analysis Of Variance*.

Tabel 4.5 Hasil ANOVA pada *Emitter Weight*

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Operator</i>	1	0,00019	0,00019	0,02337	0,881
<i>Part</i>	14	0,13257	0,00947	1,16194	0,391
<i>Operator*Part</i>	14	0,11410	0,00815	0,59015	0,871
<i>Error</i>	180	2,48571	0,0138095		
Total	209	2,73257			

Dari Tabel 4.5 diperoleh hasil ANOVA. Dengan tingkat signifikan (α) sebesar 0,05 maka dapat diambil keputusan. Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh nilai *p-value* untuk faktor *operator* sebesar 0,881, *part* sebesar 0,391 dan faktor *operator*part* sebesar 0,871 dimana nilai *p-value* lebih besar dari α ($p\text{-value} > 0,05$). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa faktor *operator*, faktor *part* dan interaksi dari *operator*part* tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sistem pengukuran yang dilakukan. Tidak ada perbedaan dari *operator* maupun *part*.

Berikut ini adalah hasil *Gauge R&R* Variabel *Emitter Weight* untuk mengetahui *measurement system*.

Tabel 4.6 *Gauge R&R* Variabel *Emitter Weight*

Sumber	% Contribution	% Study Var
<i>Total Gage R&R</i>	100,00	100,00
<i>Repeatability</i>	100,00	100,00
<i>Reproducibility</i>	0	0
<i>Operator</i>	0	0
<i>Part-To-Part</i>	0	0
<i>Total Variation</i>	100,00	100,00
<i>Ndc</i>		1

Berdasarkan pada Tabel 4.6 dilihat dari nilai *percent study varians* dimana *percent study varians* merupakan perbandingan variasi pengukuran terhadap variasi proses yang digunakan untuk mengetahui ukuran seberapa baik suatu sistem pengukuran, dari Tabel 4.6 didapatkan nilai untuk *Total Gage R&R* sebesar 100%, dimana diperoleh dari besar *study varians Total Gage R&R* dibagi dengan *total variation* dikalikan 100%. Nilai *percent study varians*

lebih besar dari 10%, hal ini menyebabkan *percent varians repeatability*, *reproducibility* serta *operator* kecil sedangkan varians *part to part* juga kecil. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa *measurement system* tidak kapabel. *Percent study varians repeatability* sebesar 100, dimana nilai ini lebih dari 10%, sehingga *error* yang ditimbulkan oleh alat ukur sangat besar. Sedangkan nilai *percent study varians reproducibility* sebesar 0, memiliki arti *error* yang disebabkan oleh *operator* dan interaksi antara *operator* dan alat ukur sebesar 0%.

Berdasarkan *number of distinct categories* atau *ndc* yang menunjukkan rentang dari varian alat ukur, didapatkan nilai sebesar 1 yang mana nilai tersebut kurang dari 5 ($ndc < 5$), sehingga dapat dikatakan sistem pengukuran yang dilakukan belum dapat diterima untuk mengambil keputusan terhadap proses kontrol. Dikarenakan *ndc* kurang dari 5, sehingga dapat dikatakan alat ukur yang diambil belum dapat dibedakan atau alat ukur memiliki resolusi rendah yang dapat dibedakan antar alat ukur. Semakin besar nilai *ndc*, maka semakin besar rentang varian alat ukur sehingga dapat dikatakan *measurement system* tidak kapabel.

Tabel 4.7 Komponen *Gage R&R* Variabel *Emitter Weight*

Sumber	Nilai
Total <i>Gauge R&R</i> (σ_{gauge})	0,0134011
<i>Part-to-part</i> (σ_{part})	0,000
Total Variation (σ_{Total})	0,0134011

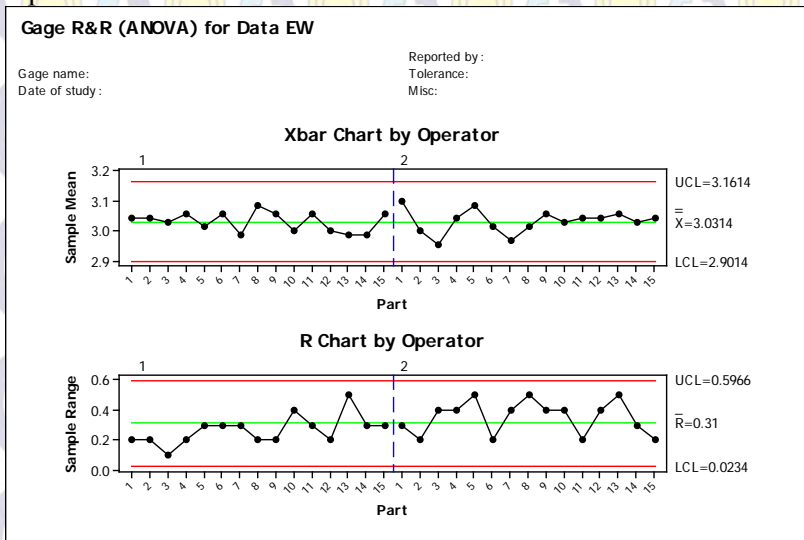
Setelah diperoleh komponen *Gauge R&R*, dilakukan analisis terhadap *measurement system* dengan menghitung *P/T ratio* dan *SNR* dengan rumus yang terdapat pada poin (2.16) dan (2.17). Hasil tersebut dirangkum pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 MSA Variabel *Emitter Weight*

Sumber	Nilai
<i>P/T ratio</i>	0,0574
<i>SNR</i>	0

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dijelaskan bahwa terdapat nilai *P/T ratio* atau *precision-to-tolerance* merupakan ukuran dalam batas toleransi yang digunakan untuk suatu pengukuran *part* dari estimasi kapabilitas alat ukur dengan batas spesifikasi yang ditentukan dari

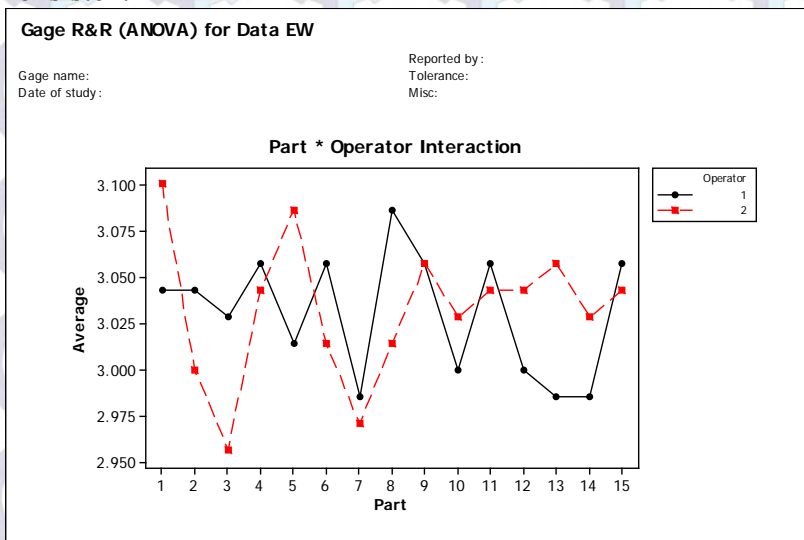
part yang diukur. Selain itu terdapat nilai *SNR* atau *Signal-to-Noise* merupakan ukuran yang digunakan untuk melihat kondisi suatu *measurement system* dari perbedaan level atau kategori yang diperoleh dari pengukuran. Pada Tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi kapabilitas dari alat ukur cukup baik. Sebuah alat ukur dikatakan kapabel dalam mengukur suatu produk dengan akurat dan presisi jika nilai *P/T ratio* menunjukkan 0,1 atau kurang dari 0,1 sehingga analisis dari hasil pengukuran dapat memberikan kesimpulan yang tepat. Sedangkan nilai *SNR* sebesar 0 mengindikasikan bahwa alat ukur kurang kapabel. Hal ini didasarkan pada penggunaan nilai yang direkomendasikan adalah 5 atau lebih dari 5, dan apabila nilai *SNR* kurang dari 2 maka alat ukur tidak kapabel.



Gambar 4.3 Peta Kendali *X-bar* dan *R* MSA Gage R&R Variabel *Emitter Weight*

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa gambar bagian atas merupakan peta kendali *Xbar* yang ditimbulkan oleh *operator* dimana peta kendali *Xbar* merupakan hasil pengukuran rata-rata *part* yang dikur dengan pengulangan pada masing-masing *part* yang sama. Sedangkan gambar bagian bawah merupakan peta kendali *R* dimana peta kendali *R* merupakan *range* tiap pengulangan pengukuran pada masing-

masing *part*. Pada Gambar 4.3 diketahui hasil pengukuran *operator 1* dan *operator 2* telah berada pada batas kendali dengan batas kendali atas dan batas kendali bawah peta kendali R masing-masing sebesar 0,5966 dan 0,0234 dengan garis tengah sebesar 0,31. Sedangkan pada peta kendali \bar{X} , kedua *operator* telah berada pada batas kendali dengan batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 2,9014 dan 3,1614 dengan nilai tengah sebesar 3,0314. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua *operator* berada pada batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan yaitu sebesar 3,0 dan variasi pengukuran yang dilakukan mempunyai variasi yang cukup rendah. Kedua *operator* telah mengukur secara konsisten.



Gambar 4.4 Interaksi *Part* dengan *Operator*

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa garis yang berwarna hitam merupakan garis *operator 1* dan garis berwarna merah adalah garis *operator 2*. Sumbu *vertical* merupakan hasil rata-rata pengukuran yang dilakukan oleh setiap *operator* pada masing-masing *part* yang diukur. Untuk

nilai rata-rata hasil pengukuran pada setiap *part* yang diharapkan adalah sama yaitu 3,0 mg sesuai dengan spesifikasi produk yang diharapkan perusahaan. Sedangkan sumbu *horizontal* merupakan *part* yang diukur oleh setiap *operator*, terdapat 15 *part* yang diukur oleh masing-masing *operator*. Pada Gambar 4.4 dapat diketahui interaksi antara *part* dengan *operator* yang dilakukan dalam sistem pengukuran. Dapat disimpulkan bahwa *operator* 1 dalam mengukur *part* sudah sesuai target yang ditetapkan yaitu 3,00 mg dengan nilai rata-rata pengukuran sebesar 3,0304 mg dan memiliki varians yang kecil sebesar 0,103. Hal ini dapat dilihat garis warna hitam yang mengalami fluktuasi dalam mengukur *part* dimana pada pengukuran awal memiliki kecenderungan sesuai target namun pada pengukuran *part* selanjutnya melenceng jauh dari target yang ditentukan sehingga diduga *operator* 1 kurang memiliki konsentrasi dalam melakukan pengukuran. Sedangkan *operator* 2 yang dilambangkan garis merah juga sudah sesuai dengan target yang diharapkan dengan rata-rata pengukuran sebesar 3,032 mg, dan memiliki varians yang cukup besar dibandingkan *operator* 1 sebesar 0,124 dikarenakan pengukuran *part* mengalami *fluktuatif* secara *part*. Pada *operator* 2 memiliki peningkatan pada pengukuran dikarenakan pada awal pengukuran *part*, *operator* 2 cenderung melenceng dari target namun pada akhir *part* justru *operator* 2 konvergen atau sesuai target. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *operator* 2 lebih konsisten dalam mengukur *part* karena ada pembelajaran dan peningkatan konsentrasi dibandingkan *operator* 1. Kecenderungan pola interaksi yang digambarkan diatas memiliki kesimpulan bahwa terdapat permasalahan dalam *operator* 1 dalam mengukur *part* yang diukur, diduga karena kurangnya konsentrasi dalam melakukan pengukuran. Sementara *operator* 2 walaupun diawal memiliki keragaman yang tinggi namun pada *part* selanjutnya dapat mengukur

dengan baik dan konvergen sehingga *operator 2* diduga melakukan pembelajaran terhadap pengukuran yang dilakukan.

b. *Gauge R&R Variabel Gas Pressure*

Berikut ini adalah hasil faktorial *Gas Pressure* untuk mengetahui pengaruh dari *operator* dan *part* serta interaksi diantara keduanya dengan menggunakan metode *Analysis Of Variance*.

Tabel 4.9 Hasil ANOVA pada *Gas Pressure*

Source	DF	SS	MS	F	P
<i>Operator</i>	1	91,9	91,9	0,24478	0,631
<i>Part</i>	11	4134,8	375,893	1,00150	0,499
<i>Operator*Part</i>	11	4128,6	375,33	0,43989	0,934
<i>Error</i>	96	81910,0	853,229		
Total	119	90265,3			

Dari Tabel 4.9 diperoleh hasil ANOVA. Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05, maka dapat diambil keputusan. Berdasarkan Tabel 4.9 diperoleh nilai *p-value* untuk faktor *operator* sebesar 0,631, faktor *part* sebesar 0,499 dan faktor *operator*part* sebesar 0,934 dimana nilai *p-value* lebih besar daripada α ($p\text{-value} > 0,05$). Jadi, dapat disimpulkan bahwa faktor *operator*, faktor *part* dan interaksi *operator*part* tersebut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sistem pengukuran yang dilakukan.

Berikut ini adalah hasil *Gauge R&R Variabel Gas Pressure* untuk mengetahui *measurement system*.

Tabel 4.10 *Gauge R&R Variabel Gas Pressure*

Sumber	% Contribution	% Study Var
<i>Total Gage R&R</i>	100,00	100,00
<i>Repeatability</i>	100,00	100,00
<i>Reproducibility</i>	0	0
<i>Operator</i>	0	0
<i>Part-To-Part</i>	0	0
<i>Total Variation</i>	100,00	100,00
<i>Ndc</i>		1

Berdasarkan pada Tabel 4.10 dilihat dari nilai *percent study varians* dimana *percent study varians* merupakan perbandingan variasi pengukuran terhadap variasi proses yang digunakan untuk mengetahui ukuran seberapa baik suatu sistem pengukuran. Dari Tabel 4.10 nilai *percent study varians* didapatkan nilai untuk *total*

gage R&R sebesar 100%, dimana diperoleh dari besar *study varians total gauge R&R* dibagi dengan *total variation* dikalikan 100%. Nilai *percent study varians* lebih besar dari 10%, hal ini menyebabkan *percent varians repeatability*, *reproducibility* serta *operator* kecil sedangkan *varians part to part* juga kecil. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa *measurement system unacceptable*. *Percent study varians repeatability* sebesar 100, dimana nilai ini lebih dari 10%, sehingga *error* yang ditimbulkan oleh alat ukur sangat besar. Sedangkan nilai *percent study var reproducibility* sebesar 0, memiliki arti *error* yang disebabkan oleh *operator* dan interaksi antara *operator* dan alat ukur sebesar 0%.

Berdasarkan *number of distinct categories* sebesar 1 yang mana nilai tersebut kurang dari 5 ($ndc < 5$), sehingga dapat dikatakan sistem pengukuran yang dilakukan belum dapat diterima untuk mengambil keputusan terhadap proses kontrol. *Number distinct categories* menunjukkan rentang varian alat ukur. Dikarenakan *ndc* kurang dari 5, sehingga dapat dikatakan alat ukur yang diambil belum dapat dibedakan atau alat ukur memiliki resolusi rendah yang dapat dibedakan antar alat ukur. Semakin besar nilai *ndc*, maka semakin besar rentang varian alat ukur sehingga dapat dikatakan *measurement system acceptable*.

Tabel 4.11 Komponen *Gauge R&R* Variabel Gas Pressure

Sumber	Nilai
Total <i>Gauge R&R</i> (σ_{gauge})	804,099
<i>Part-to-part</i> (σ_{part})	0,000
Total Variation (σ_{Total})	804,099

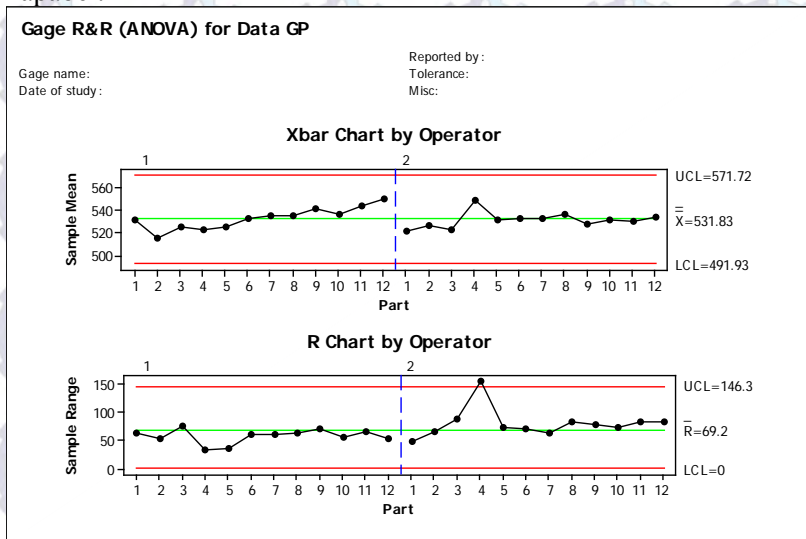
Setelah diperoleh komponen *Gauge R&R*, dilakukan analisis terhadap *measurement system* dengan menghitung *P/T ratio* dan *SNR* dengan rumus yang terdapat pada poin (2.16) dan (2.17). Hasil tersebut dirangkum pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Analisis *Measurement System* Variabel *Emitter Weight*

Sumber	Nilai
<i>P/T ratio</i>	24,12297
<i>SNR</i>	0

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dijelaskan bahwa terdapat nilai *P/T ratio* atau *Precision-to-Tolerance* merupakan ukuran dalam batas

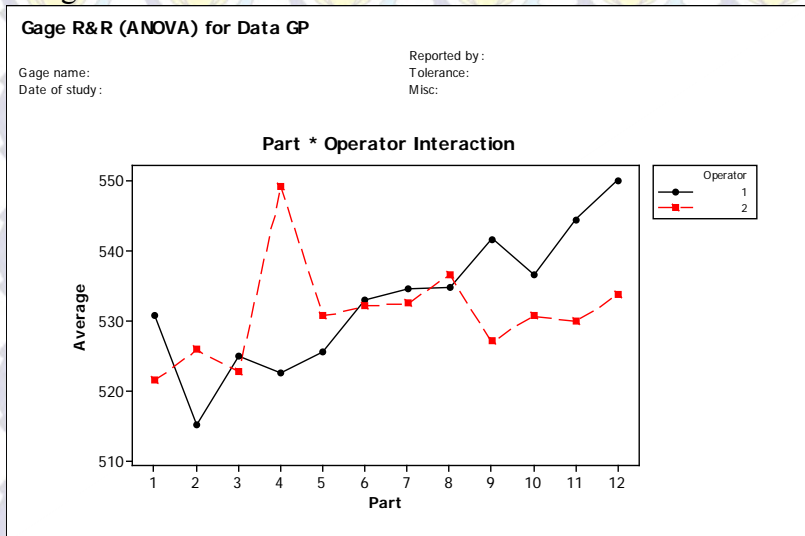
toleransi yang digunakan untuk suatu pengukuran *part* dari estimasi kapabilitas alat ukur dengan batas spesifikasi yang ditentukan dari *part* yang diukur. Selain itu terdapat nilai *SNR* atau *Signal-to-Noise* merupakan ukuran yang digunakan untuk melihat kondisi suatu *measurement system* dari perbedaan level atau kategori yang diperoleh dari pengukuran. Pada Tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi kapabilitas dari alat ukur tidak kapabel. Sebuah alat ukur dikatakan kapabel dalam mengukur suatu produk dengan akurat dan presisi jika nilai *P/T ratio* menunjukkan 0,1 atau kurang dari 0,1 sehingga analisis dari hasil pengukuran belum dapat memberikan kesimpulan yang tepat. Sedangkan nilai *SNR* sebesar 0 mengindikasikan bahwa alat ukur kurang kapabel. Hal ini didasarkan pada penggunaan nilai yang direkomendasikan adalah 5 atau lebih dari 5, dan apabila nilai *SNR* kurang dari 2 maka alat ukur tidak kapabel.



Gambar 4.5 Peta Kendali *X-bar* dan *R* MSA Gage R&R Variabel Gas Pressure

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa gambar bagian atas merupakan peta kendali *Xbar* yang ditimbulkan oleh *operator* dimana peta kendali *Xbar* merupakan hasil pengukuran rata-rata *part* yang diukur dengan pengulangan pada masing-masing

part yang sama. Sedangkan gambar bagian bawah merupakan peta kendali *R* dimana peta kendali *R* merupakan *range* tiap pengulangan pengukuran pada masing-masing *part*. Pada Gambar 4.5, diketahui hasil pengukuran *operator* 1 dan *operator* 2 telah berada pada batas kendali dengan batas kendali atas dan batas kendali bawah peta kendali *R* masing-masing sebesar 0 dan 146,3 dengan garis tengah sebesar 69,2. Sedangkan pada peta kendali *X-bar*, kedua *operator* telah berada pada batas kendali dengan batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 491,93 dan 571,72 dengan nilai tengah sebesar 531,83. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua *operator* masih berada dibawah pada batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan yaitu sebesar 550 Pa dan variasi pengukuran yang dilakukan mempunyai variasi yang cukup rendah. Kedua operator telah mengukur secara konsisten.



Gambar 4.6 Interaksi *Part* dengan *Operator*

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa garis yang berwarna hitam merupakan garis *operator* 1 dan garis berwarna merah adalah garis *operator* 2. Sumbu *vertical*

merupakan hasil rata-rata pengukuran yang dilakukan oleh setiap *operator* pada masing-masing *part* yang diukur. Untuk nilai rata-rata hasil pengukuran pada setiap *part* yang diharapkan adalah sama yaitu 500,0 Pa sesuai dengan spesifikasi produk yang diharapkan perusahaan. Sedangkan sumbu *horizontal* merupakan *part* yang diukur oleh setiap *operator*, terdapat 12 *part* yang diukur oleh masing-masing *operator*. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat interaksi antara *part* dengan *operator* yang dilakukan dalam sistem pengukuran. Dapat disimpulkan bahwa *operator* 1 dalam mengukur *part* masih dibawah target yang ditetapkan yaitu 550 Pa dengan rata-rata pengukuran sebesar 523,7 Pa namun memiliki varians yang kecil sebesar 23,45, hal ini dapat dilihat garis warna hitam yang mengalami fluktuasi yang besar dalam pengukuran dan cenderung melenceng jauh dari target yang ditentukan.. Sedangkan *operator* 2 yang dilambangkan garis merah juga masih berada dibawah target yang diharapkan, dengan rata-rata pengukuran sebesar 530,95 Pa dan memiliki varians yang besar yaitu 31,27 dikarenakan pengukuran *part* mengalami *fluktuatif* secara *part*. Operator 2 cenderung mengalami peningkatan dan pembelajaran pada pengukuran *part*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *operator* 2 lebih konsisten dalam mengukur *part* karena diduga operator 2 memiliki konsentrasi dalam melakukan pengukuran dibandingkan dengan *operator* 1. Kecenderungan pola interaksi yang digambarkan diatas memiliki kesimpulan bahwa terdapat permasalahan dalam *operator* 1 dalam mengukur *part* yang diukur, diduga karena kurangnya konsentrasi dalam melakukan pengukuran. Sementara *operator* 2 walaupun diawal memiliki keragaman yang tinggi namun pada *part* selanjutnya dapat mengukur dengan baik dan konvergen sehingga *operator* 2 diduga melakukan pembelajaran terhadap pengukuran yang dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, kesimpulan penelitian adalah sebagai berikut.

1. *Analysis Of Variance* menunjukkan bahwa faktor *operator*, *part*, dan interaksi dari kedua faktor tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran *Emitter Weight* dan *Gas Pressure* dikarenakan nilai p yang lebih besar dari taraf signifikan yang ditetapkan, yaitu $p\text{-value} > \alpha$
2. *Measurement system* tidak kapabel terjadi di sistem pengukuran *Emitter Weight* dan *Gas Pressure*. Hal ini dikarenakan nilai *P/T ratio* yang lebih dari 0,1 dimana alat ukur yang digunakan tidak kapabel dan *operator* yang melakukan pengukuran memiliki variasi yang besar terhadap hasil dari sistem pengukuran secara total.

5.2 Saran

Pada *measurement system* tidak kapabel perlu dilakukan perbaikan berkesinambungan atau secara terus menerus terhadap kemampuan kedua *operator* yang melakukan proses pengukuran. Perbaikan dapat dilakukan dengan *training* yang berkaitan dengan teknik pengukuran *part*. Selain itu, perlu diadakan perbaikan pula terhadap alat ukur yang digunakan agar memberikan hasil terbaik dalam sistem pengukuran. Perbaikan dapat dilakukan dengan proses kalibrasi alat atau pembaharuan alat ukur yang digunakan. Dengan pembaharuan alat ukur dapat memberikan hasil yang lebih akurat mengenai kondisi *part*.

Setelah proses perbaikan dilakukan, perlu adanya pengkajian ulang terkait hasil perbaikan yang telah dilakukan, agar nantinya dapat diketahui apakah proses perbaikan dapat memberikan hasil pengukuran yang berbeda pada sebelumnya. Sebaiknya perlu diadakan evaluasi minimal dalam 3 bulan sekali atau setiap akhir tahun.



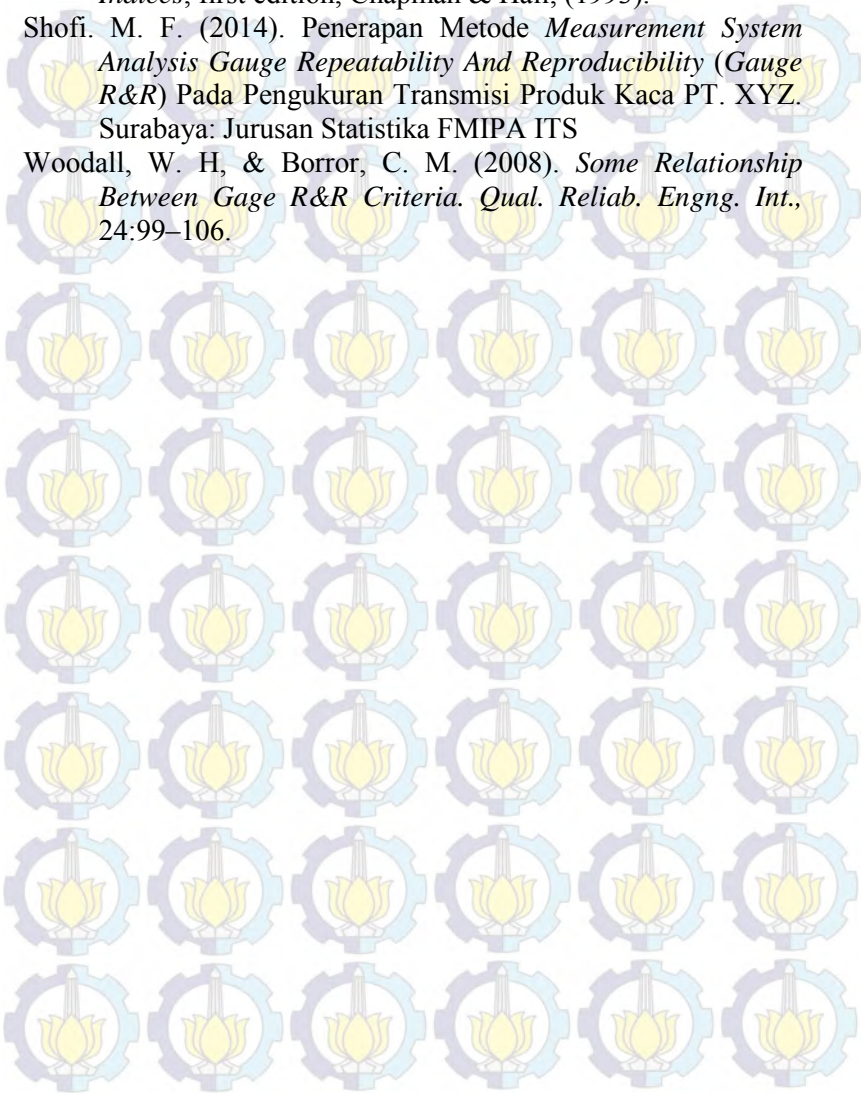
DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, W. W., (1989). *Statistika Non Parametrik*, Penerbit: PT. Gramedia, Jakarta
- D. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. John Wiley & Sons, Inc: New York, (2005).
- Dewi, Ni Putu Wansri (2013). *Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R) Studi Kasus : PT. Gaya Motor (Astra Group)*. Surabaya:Jurusan Statistika FMIPA ITS
- Joglekar, A. M. (2003). *Statistical Methods for Six Sigma*. Canada. A Johns Wiley & Sons, Inc.
- Lim, T. S., & Loh, W. Y. (1996). *A Comparison of Test of Equality of Variances*. *Computational Statistics & Data* 22, 287-301.
- Louka, G. A., & Besseris, G. J. (2010). *Gauge R&R For An Optical Micrometer Industrial Type Machine*. *International Journal for Quality research*.
- Montgomery, D. C. (2001). *Design and Analysis of Experiment Fifth Edition*. United State: John Wiley & Sons Inc.,
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. United State: John Wiley & Sons Inc.,
- Pan, J. N. (2004). *Determination of the Optimal Allocation of Parameters for Gauge Repeatability and Reproducibility Study*. *International Journal of Quality & Reliability* Vol. 21 No. 6, 672-682
- Puspasari, A. A. (2014). *Penerapan Repeatability & Reproducibility (MSA Gauge R&R) Pada Produk Lampu di PT. "X"*. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS
- Razali, M. N., & Wah, Y. B. (2011). *Power Comparisons of Shapiro-Wilks, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Test*. *Journal of Statistical Modeling & Analytics*, Vol. 2 No 1, 21-33.
- Roth, T. (2012). *Working The Quality Tools Package*.

S. Kotz, R.A. Johnson and L. Norman, *Process Capability Indices*, first edition, Chapman & Hall, (1993).

Shofi. M. F. (2014). Penerapan Metode *Measurement System Analysis Gauge Repeatability And Reproducibility (Gauge R&R)* Pada Pengukuran Transmisi Produk Kaca PT. XYZ. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS

Woodall, W. H, & Borror, C. M. (2008). *Some Relationship Between Gage R&R Criteria. Qual. Reliab. Engng. Int.*, 24:99–106.



Lampiran 1. Data Pengukuran Lampu dengan Variabel Pengamatan *Emitter Weight*

<i>Operator</i>	<i>Part</i>	Pengulangan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	3.1	3.1	3	2.9	3.1	3	3.1
	2	3.1	3.1	2.9	3.1	3	3.1	3
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	15	3.1	3.1	3	3	2.9	3.1	3.2
2	1	3.1	3	3.3	3	3	3.2	3.1
	2	3	3	3.1	2.9	2.9	3.1	3
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	15	3.1	3.1	3.1	3	3	3.1	2.9

Lampiran 2. Data Pengukuran Lampu dengan Variabel Pengamatan Diameter Gas Pressure

Operator	Part	Pengulangan				
		1	2	3	4	5
1	1	511	536	568	534	504
	2	507	544	501	531	492
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	12	566	568	546	556	514
2	1	510	540	528	538	491
	2	526	538	531	550	484
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	⋮
	12	548	550	552	550	468

Lampiran 3. Output Software Run Test Asumsi Keacakan Data Pengukuran Variabel *Emitter Weight*

Runs Test: RESI1

Runs test for RESI1

Runs above and below K = $-1.71292E-16$

The observed number of runs = 116

The expected number of runs = 105.390

113 observations above K, 97 below

P-value = 0.140

Pengukuran Variabel *Gas Pressure*

Runs Test: RESI1

Runs test for RESI1

Runs above and below K = $-4.54747E-14$

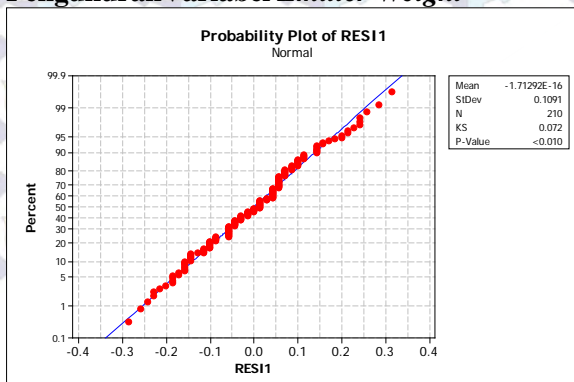
The observed number of runs = 61

The expected number of runs = 57.25

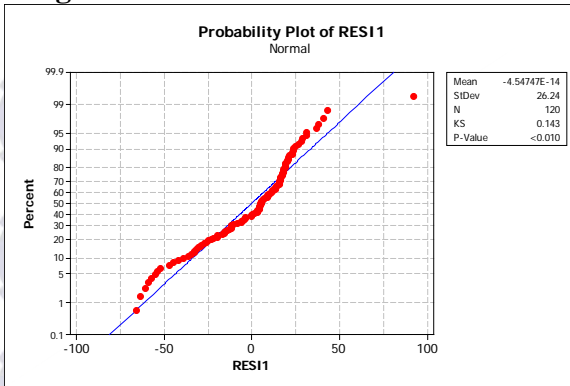
75 observations above K, 45 below

P-value = 0.463

Lampiran 4. Output Software Probability Plot Asumsi Kenormalan Data Pengukuran Variabel *Emitter Weight*



Pengukuran Variabel Gas Pressure



Lampiran 5. Output Software Uji Levene Asumsi Homegenitas Data

Variabel Emitter Weight

Test for Equal Variances: RESI1 versus Part

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Part	N	Lower	StDev	Upper
1	14	0.059522	0.094926	0.201678
2	14	0.048303	0.077033	0.163663
3	14	0.063047	0.100548	0.213622
4	14	0.072603	0.115787	0.245998
5	14	0.077217	0.123146	0.261633
6	14	0.050915	0.081200	0.172516
7	14	0.074367	0.118600	0.251975
8	14	0.077217	0.123146	0.261633
9	14	0.072603	0.115787	0.245998
10	14	0.084177	0.134246	0.285216
11	14	0.063729	0.101635	0.215932
12	14	0.073195	0.116732	0.248007
13	14	0.105170	0.167726	0.356347
14	14	0.065731	0.104828	0.222717
15	14	0.053400	0.085163	0.180936

Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 14.86, p-value = 0.388

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.85, p-value = 0.616

Variabel Gas Pressure

Test for Equal Variances: RES1 versus Part

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Part	N	Lower	StDev	Upper
1	10	12.7986	21.7317	55.409
2	10	13.0142	22.0978	56.342
3	10	18.4199	31.2765	79.745
4	10	23.3124	39.5839	100.926
5	10	13.5873	23.0709	58.823
6	10	15.5407	26.3877	67.280
7	10	14.4851	24.5954	62.710
8	10	16.9038	28.7023	73.181
9	10	16.0871	27.3154	69.645
10	10	14.3595	24.3821	62.166
11	10	16.4972	28.0119	71.421
12	10	16.7904	28.5096	72.690

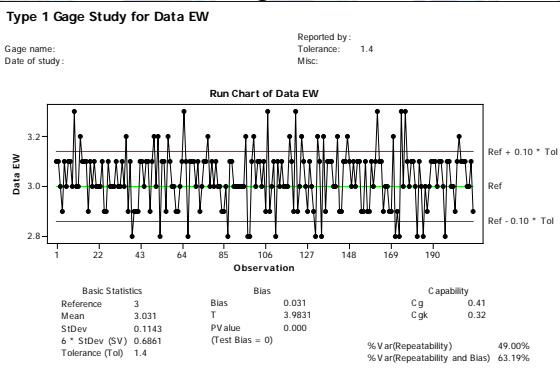
Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 5.83, p-value = 0.885

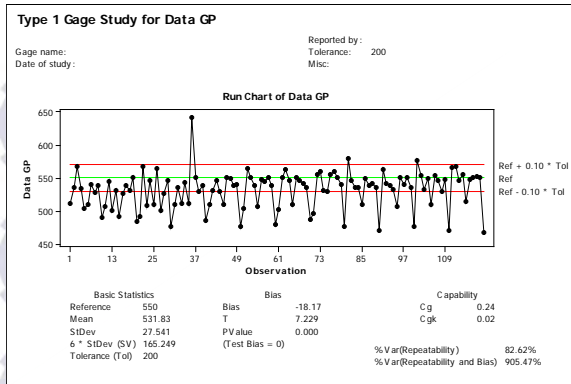
Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.25, p-value = 0.992

Lampiran 6. Output Software Gauge Study Type 1 Variabel Emitter Weight



Variabel Gas Pressure



Lampiran 7. Output Software Gauge R&R Study (ANOVA Method)

Variabel Emitter Weight

KOMPONEN GAGE R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0134011	100.00
Repeatability	0.0134011	100.00
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operator	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0000000	0.00
Total Variation	0.0134011	100.00

Process tolerance = 1.4

HASIL GAGE R&R DENGAN ANOVA METHOD

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.115763	0.694578	100,00	49.61
Repeatability	0.115763	0.694578	100,00	49.61
Reproducibility	0.0000	0,0000	0,00	0,00
Operator	0,0000	0,0000	0,00	0,00
Part-To-Part	0,0000	0,0000	0,00	0,00
Total Variation	0.115763	0.694578	100,00	49.61

Number of Distinct Categories = 1

Variabel Gas Pressure

KOMPONEN GAGE R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	804.099	100.00
Repeatability	804.099	100.00
Reproducibility	0.000	0.00
Operator	0.000	0.00
Part-To-Part	0.000	0.00
Total Variation	804.099	100.00

Process tolerance = 200

HASIL GAGE R&R DENGAN ANOVA METHOD

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	28.3566	170.140	100,00	85.07
Repeatability	28.3566	170.140	100,00	85.07
Reproducibility	0.0000	0,0000	0,00	0,00
Operator	0,0000	0,0000	0,00	0,00
Part-To-Part	0,0000	0,0000	0,00	0,00
Total Variation	28.3566	170.140	100,00	85.07

Number of Distinct Categories = 1





BIODATA PENULIS

Penulis bernama Ayub Samuel Yosepha, lahir di Magetan, 27 November 1993. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh penulis adalah SDK Santa Maria (2000-2006), SMP Negeri 1 Magetan (2006-2009), SMA Negeri 1 Magetan (2009-2012) dan Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2012-2015) melalui program seleksi masuk regular diploma dengan jalur beasiswa bidik misi. Penulis pernah menjadi bagian keluarga Σ 23 “EXCELLENT”. Penulis pernah aktif di Himpunan Mahasiswa Statistika ITS (HIMASTA-ITS) pada tahun 2013-2014 sebagai staff Tim Ahli, selain itu penulis juga aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa ITS (BEM ITS) pada tahun 2013-2014 sebagai staf kementerian Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) dan Badan Eksekutif Mahasiswa FMIPA (BEM FMIPA) pada tahun 2014-2015 sebagai Ketua Badan Koordinasi Pemandu FMIPA. Penulis juga aktif di berbagai Kegiatan dan kepanitiaan di ITS antara lain ITS Expo, GERIGI ITS, dan lainnya. Selain itu penulis juga aktif di bidang manajerial LKMM dan Kepemanduan di ITS hingga berkesempatan menjadi salah satu bagian dari Tim Pemandu LKMM TM ITS 2015.

Segala saran dan kritik yang membangun selalu penulis harapkan untuk kebaikan ke depannya. Penulis dapat dihubungi melalui email johannjoseph13@gmail.com atau twitter [@josepha_jr](https://twitter.com/josepha_jr).



SIDANG

Lab Statistika Industri

TUGAS AKHIR

Kamis, 11 Juni 2015

10:30 WIB

Ruang Sidang Gedung H

Ayub Samuel Yosepha

1312 030 055

Dosen Pembimbing

Dr. Muhammad Mashuri, MT



Lab Statistika Industri

*Analisis Measurement System Pada Proses Pumping
Dan Gas Pressure Produksi Lampu Spiral Jenis X di PT.
“XYZ”*

Kamis, 11 Juni 2015

10:30 WIB

Ruang Sidang Gedung H

Ayub Samuel Yosepha

Dosen Pembimbing

Dr. Muhammad Mashuri, MT

1312 030 055



AGENDA

1

Pendahuluan

2

Tinjauan Pustaka

3

Metodologi Penelitian

4

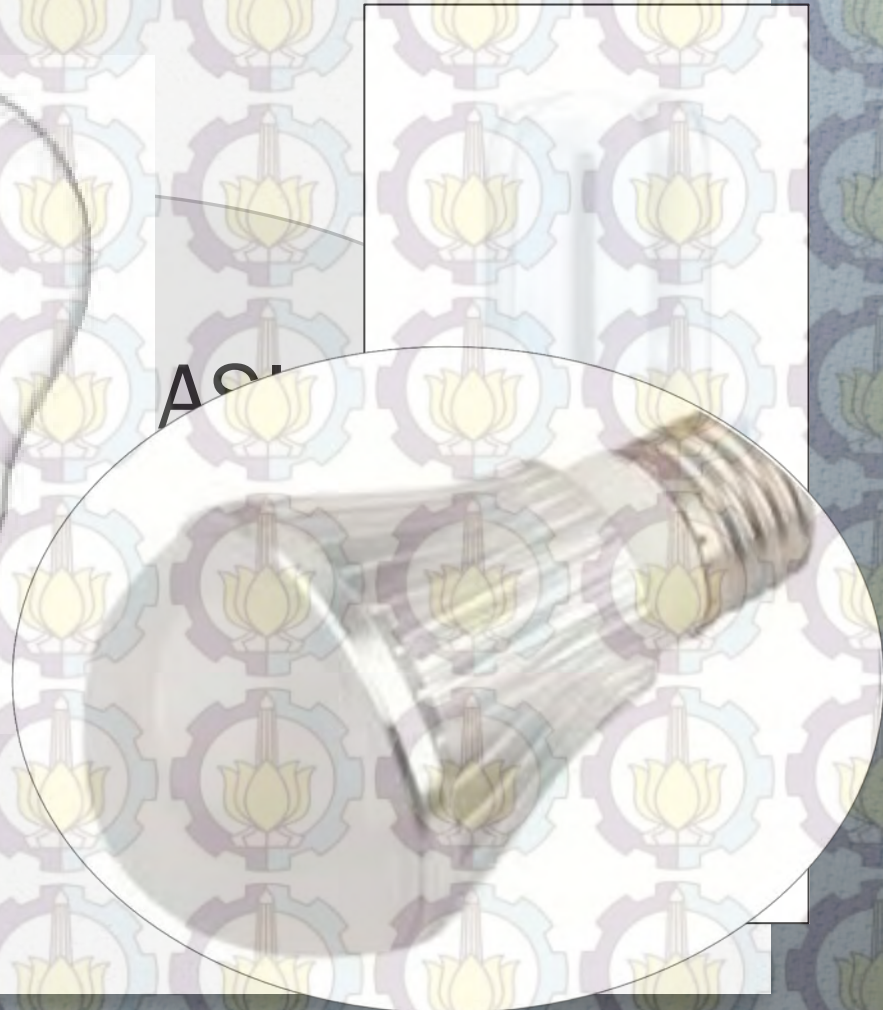
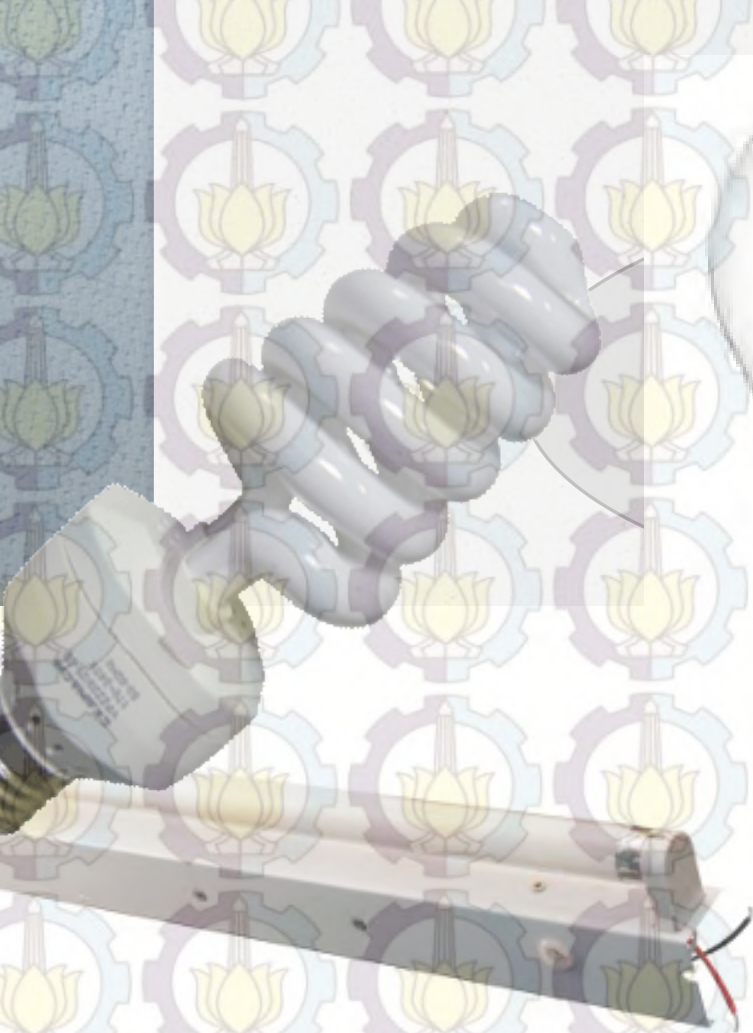
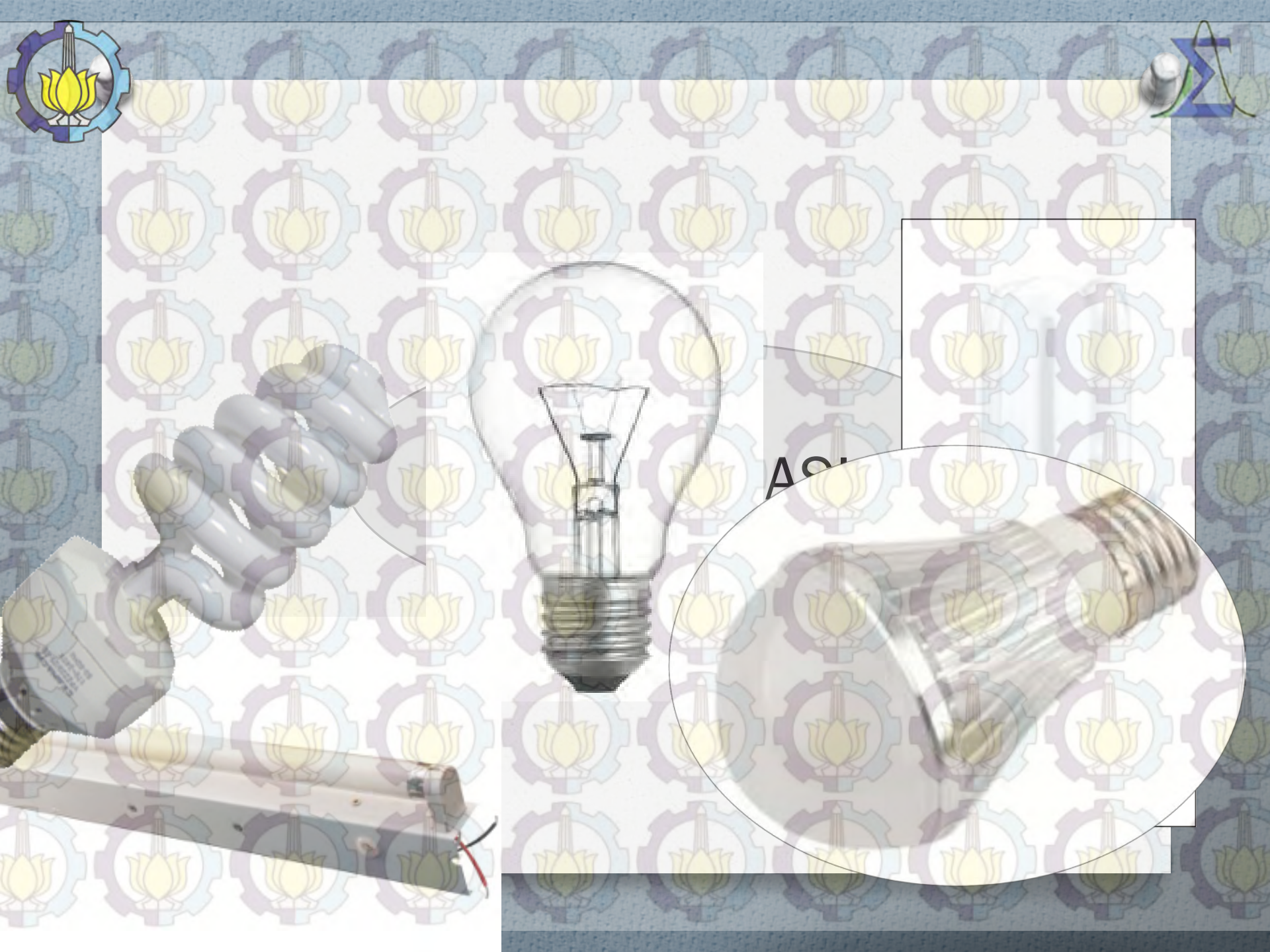
Analisis Pembahasan

5

Kesimpulan



PENDAHULUAN





Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

Montgomery (2005)

Perlu adanya proses yang dapat digunakan untuk membandingkan ciri-ciri kualitas suatu produk yang dihasilkan dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan oleh perusahaan.



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

Perusahaan Lampu

QUALITY

Quality Assurance

Department



Pendahuluan



Reject Order



Latar Belakang



Rumusan Masalah

Tujuan

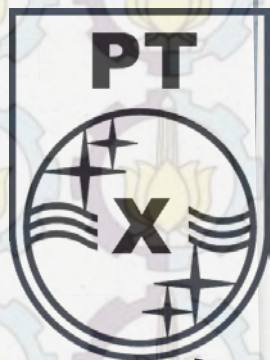
Manfaat

Batasan Masalah

MSA Gauge R&R belum diterapkan di perusahaan



Pendahuluan



MEASURE

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

Pan (2006)

Kapabilitas Proses

Fase *measure* bertujuan memastikan sistem pengukuran telah diterima.

Gauge R&R

Keakuratan alat ukur dan hasil pengukuran *operator*



MSA Gauge R&R Selama ini

Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah



Repeatability

Reproducibility

2 inspector

variasi produk



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

Anggrek Puspa (2014)

Penerapan Metode *Measurement System Analysis Repeatability & Reproducibility* (Gauge R&R) pada Produk Lampu di PT. X

Farid (2014)

Penerapan Metode *Measurement System Analysis Gauge Repeatability and Reproducibility* (Gauge R&R) Pada Pengukuran Transmisi Produk Kaca PT. XYZ



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

- Apakah ada pengaruh faktor *Operator* dan *Pengukuran* serta interaksinya terhadap hasil keakuratan pengukuran di PT. "XYZ".
- Apakah *Measurement System* untuk produk lampu Spiral jenis X di PT. "XYZ" telah *acceptable* atau belum ?
- Apakah rekomendasi yang diberikan kepada perusahaan ?



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

- 1 Mengetahui apakah **pengaruh faktor operator** dan alat ukur serta interaksinya terhadap hasil keakuratan pengukuran di PT. “XYZ”.
- 2 Mengetahui kondisi **Measurement System** untuk produk lampu di PT. “XYZ”, apakah telah **acceptable** atau belum



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

Hasil penelitian akan menjadi informasi bagi perusahaan, khususnya *Quality Assurance Department*.



Pendahuluan

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Tujuan

Manfaat

Batasan Masalah

- 1 Alat ukur yang dianalisis adalah alat ukur dari variabel pengamatan.
- 2 Data diperoleh pada bulan Februari 2015
- 3 *Operator* memiliki kondisi yang sama yaitu dalam keadaan sehat dan memiliki kemampuan kerja yang sama melalui pelatihan yang sama
- 4 *Measurement System* yang *acceptable* memiliki arti *repeatability* dan *reproducibility*.



TINJAUAN PUSTAKA





Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan percobaan faktorial dengan dua faktor.

Tinjauan
Pustaka

Rancangan
Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement

System Analysis

Faktor Operator	Faktor Produk				$y_{i..}$
	1	2	...	b	
1	$y_{111}, y_{112}, \dots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \dots, y_{12n}$	...	$y_{1b1}, y_{1b2}, \dots, y_{1bn}$	$y_{1..}$
2	$y_{211}, y_{212}, \dots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \dots, y_{22n}$	...	$y_{2b1}, y_{2b2}, \dots, y_{2bn}$	$y_{2..}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$y_{a11}, y_{a12}, \dots, y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22}, \dots, y_{a2n}$	...	$y_{ab1}, y_{ab2}, \dots, y_{abn}$	$y_{a..}$
$y_{.j}$	$y_{.1}$	$y_{.2}$	...	$y_{.b}$	$y_{...}$





Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

Keacakan Data

Berdist. Normal

Homogenitas

ANOVA

Measurement System

Analysis

Uji keacakan data digunakan untuk mengetahui apakah data yang diolah telah diambil secara acak atau belum.

H_0 : Data dari populasi diambil secara acak

H_1 : Data dari populasi diambil dengan tidak acak

Statistik Uji : r = banyak runtun yang terjadi. Jika n_1 dan n_2 lebih besar dari 20, maka menggunakan,

$$Z = \frac{r - \left[\frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1 \right]}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 - 1)}}}$$

Tolak H_0 jika r atas $\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 - 1)}}$ atau

$$Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$$



Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

Keacakan Data

Berdist. Normal

Homogenitas

ANOVA

Measurement System

Analysis

Mengidentifikasi distribusi sekumpulan data berdistribusi normal atau tidak dengan menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov.

$$H_0 : F_0(X) = F_e(X)$$

$$H_1 : F_0(X) \neq F_e(X)$$

Statistik Uji :

$$D = \sup_x |F_e(x) - F_o(x)|$$

Tolak H_0 jika $D > D_\alpha$.



Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

Keacakan Data

Berdist. Normal

Homogenitas

ANOVA

Measurement System

Analysis

Uji Levene digunakan untuk mengetahui homogenitas varians antar variabel dalam kasus univariate.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_x^2$$

$H_1 : \sigma_u^2 \neq \sigma_v^2$ untuk sedikitnya satu pasang (u,v)

Statistik Uji :

$$W = \frac{(N - u) \sum_{u=1}^x N_u (\bar{Z}_{u.} - \bar{Z}_{..})^2}{(u - 1) \sum_{u=1}^x \sum_{v=1}^{N_u} (Z_{uv} - \bar{Z}_{u.})^2}$$

Tolak H_0 jika $W > F_{(\alpha, x-1, N-x)}$.



Tinjauan

Pustaka

Rancangan

Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement

System Analysis

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Source of Variation	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0
A	SS_A	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	SS_B	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interaksi	SS_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	SS_T	$abn - 1$		

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

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





Tinjauan Pustaka

Rancangan
Percobaan

Asumsi-Asumsi
ANOVA

*Measurement
System Analysis*

Measurement system merupakan sekumpulan ukuran dan peralatan, prosedur, manusia dan lingkungan yang menjadi faktor penentu utama suatu keadaan dapat terukur (Joglekar, 2003).

Louka & Besseris (2010)

Metode *gauge repeatability and reproducibility* berguna untuk memperoleh hasil pengukuran unit secara berulang dengan operator yang sama, serta hasil pengukuran unit dengan operator yang berbeda.





Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement System

Analysis

MSA Type I

MSA Type II

MSA Tipe I bertujuan untuk mengevaluasi kapabilitas proses pengukuran dengan mengkombinasikan pengaruh *bias* dan *repeatability*.

$$C_g = \frac{h(BSA - BSB)}{6 s_g}$$

Menyatakan
kapabilitas
potensial

$$C_{gk} = \frac{h(BSA - BSB) - |x_m - x_g|}{3 s_g}$$

Menyatakan

estimasi dari kapabilitas aktual

(Roth, 2013)





Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement System

Analysis

MSA Type I

MSA Type II

MSA Tipe II disebut juga *gauge repeatability and reproducibility*.

Montgomery (2005)

Repeatability merupakan variasi pengukuran dari operator dan alat yang sama,

Reproducibility merupakan variasi hasil pengukuran operator yang berbeda.

$$\text{Gauge R \& R} = \left[\frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{USL - LSL} \right] \times 100\%$$

$$ndc = \left[\frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \right] \times 1,41$$





Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement System

Analysis

MSA Type I

MSA Type II

$$GaugeR \& R = \left[\frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{USL - LSL} \right] \times 100\%$$

Menurut AIAG

1. Jika *percent study varian total gauge R&R* $\leq 10\%$, maka *measurement system acceptable*.
2. Jika $10\% < \textit{percent study varian total gauge R\&R} \leq 30\%$, maka *measurement system acceptable* dengan syarat tertentu.
3. Jika *percent study varian total gauge R&R* $> 30\%$, maka *measurement system unacceptable*.



Tinjauan

Pustaka

Rancangan Percobaan

Asumsi-Asumsi

ANOVA

Measurement System

Analysis

MSA Type I

MSA Type II

$$ndc = \left[\frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \right] \times 1,41$$

Menurut Woodall & Borror (2008), Syarat bahwa *measurement system acceptable* dengan menggunakan *ndc* adalah apabila nilai *ndc* lebih besar dari 5 ($ndc \geq 5$)



METODOLOGI PENELITIAN



Data merupakan data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan kerja langsung di PT. "XYZ" pada Februari 2015.

Metodologi

Penelitian

Sumber Data

Variabel Penelitian

Langkah Penelitian



Operator	<i>Pumping</i>				
	1	2	3	...	6
1	y_{111}	y_{121}	y_{131}	...	y_{161}
	y_{112}	y_{122}	y_{132}	...	y_{162}
2	y_{211}	y_{221}	y_{231}	...	y_{261}
	y_{212}	y_{222}	y_{232}	...	y_{262}





Struktur *crossed* dari faktor produk dan *operator*

Metodologi

Penelitian

Sumber Data

Variabel Penelitian

Langkah Penelitian

<i>operator</i>	Produk			
	1	2	...	10
1	X	X	...	X
2	X	X	...	X
3	X	X	...	X
4	X	X	...	X



Struktur *nested* dari perulangan

Pengulangan

1

2

Produk

1

...

101

...

10



Metodologi

Penelitian

Sumber Data

Variabel Penelitian

Langkah Penelitian

Jadwal Kegiatan

Variabel	Keterangan
Emitter Weight	Besaran lampu yang menyatakan komponen penting dari lampu untuk menyalakan lampu
Gas Pressure	Besaran lampu yang menyatakan komponen penting dari lampu yang terdiri dari gas argon



Metodologi Penelitian

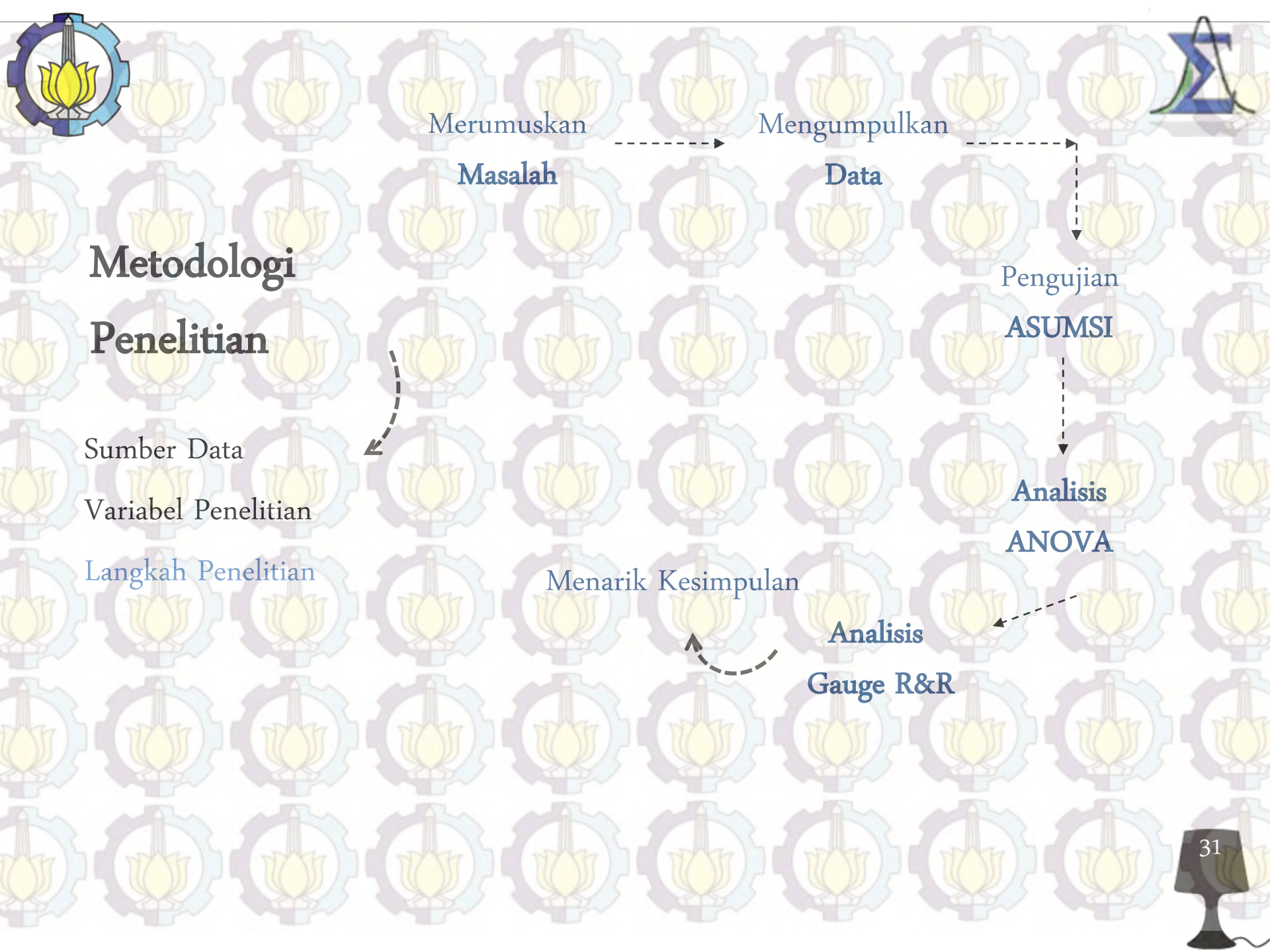
Sumber Data

Variabel Penelitian

Langkah Penelitian

Jenis Produk	Nama Produk	Variabel Pengamatan	Spesifikasi	Meas. Insp. Method
Lampu	Spiral	Emitter Weight	$3,0 \pm 0,7$ mg	Electronic Weight Balance
		Gass Pressure	550 ± 100 Pa	Pressure Gauge





Merumuskan

Masalah

Mengumpulkan

Data

Pengujian

ASUMSI

Analisis

ANOVA

Analisis

Gauge R&R

Menarik Kesimpulan

Metodologi

Penelitian

Sumber Data

Variabel Penelitian

Langkah Penelitian





ANALISIS PEMBAHASAN



Run Test digunakan untuk untuk mengetahui data yang diolah telah diambil secara acak (*random*) atau tidak.

Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi

Keacakan Data

Normalitas Data

Homogenitas

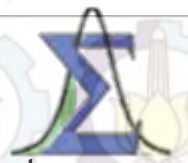
Measurement System

Analysis

H_0 : Data variabel pengamatan diambil secara acak

H_1 : Data variabel pengamatan diambil dengan tidak acak.

Variabel Pengamatan	P-Value	Keputusan
Emitter Weight	0,151	H_0 gagal ditolak
Gas Pressure	0,354	H_0 gagal ditolak



Analisis & Pembahasan

Nilai Kolmogorov-Smirnov merupakan nilai yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian terhadap asumsi normal

H_0 : Data variabel pengamatan berdistribusi normal

H_1 : Data variabel pengamatan tidak berdistribusi normal.

Pengujian Asumsi

Data Random

Normalitas Data

Homogenitas

Measurement System

Analysis

Variabel Pengamatan	KS	P-Value	Keputusan
Emitter Weight	0,197	<0,010	H ₀ ditolak
Gas Pressure	0,149	< 0,010	H ₀ ditolak



Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi

Data Random

Normalitas Data

Homogenitas

Measurement System

Analysis

Uji Levene digunakan untuk mengetahui kehomogenan data variabel pengamatan setiap jenis lampu tanpa harus memenuhi asumsi normal.

H_0 : Data variabel pengamatan homogen

H_1 : Data variabel pengamatan tidak homogen

Variabel Pengamatan	P-Value	Keputusan
Emitter Weight	0,683	H_0 gagal ditolak
Gas Pressure	0,986	H_0 gagal ditolak



Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi
Measurement System
Analysis

Gauge R&R Type I

Gauge R&R Type II

Alat evaluasi terhadap *capability* dari proses pengukuran dengan mengkombinasikan pengaruh dari *bias* dan *repeatability* pada pengukuran *single part*.

Nilai toleransi yang dipengaruhi oleh variasi sistem pengukuran → C_g atau

$\%Var(Repeatability)$

Nilai toleransi yang dipengaruhi oleh variasi sistem pengukuran dan *bias* → C_{gk} atau

$\%Var(Repeatability \text{ and } Bias)$



Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi

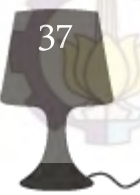
Measurement System

Analysis

Gauge R&R Type I

Gauge R&R Type II

Source	Variabel Pengamatan	
	Emitter Weight	Gas Pressure
Cg	0,41	0,24
Cgk	0,32	0,02
%Var (Repeatability)	49,00%	82,62%
%Var(Repeatability and Bias)	63,19%	905,47%
Bias (P-Value)	0,000	0,000
Tolerance	1,4	200
Reference	3	550



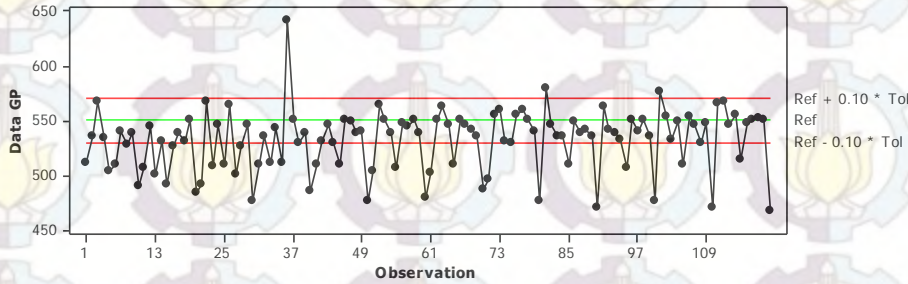


Type 1 Gage Study for Data GP

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance: 200
Misc:

Run Chart of Data GP



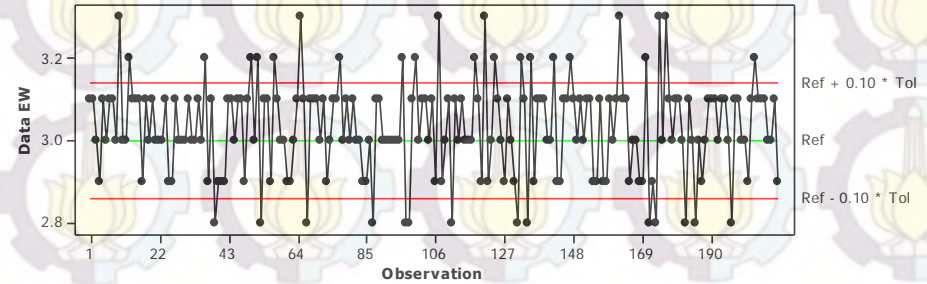
Basic Statistics		Bias		Capability	
Reference	550	Bias	-18.17	Cg	0.24
Mean	531.83	T	7.229	Cgk	0.02
StDev	27.541	PValue	0.000		
6 * StDev (SV)	165.249	(Test Bias = 0)		%Var(Repeatability)	82.62%
Tolerance (Tol)	200			%Var(Repeatability and Bias)	905.47%

Type 1 Gage Study for Data EW

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance: 1.4
Misc:

Run Chart of Data EW



Basic Statistics		Bias		Capability	
Reference	3	Bias	0.031	Cg	0.41
Mean	3.031	T	3.9831	Cgk	0.32
StDev	0.1143	PValue	0.000		
6 * StDev (SV)	0.6861	(Test Bias = 0)		%Var(Repeatability)	49.00%
Tolerance (Tol)	1.4			%Var(Repeatability and Bias)	63.19%



Analisis & Pembahasan

Analisis *crossed Gauge R&R* mengestimasi tentang bagaimana total varian proses yang disebabkan dari sistem pengukuran

Pengujian Asumsi
Measurement System

Analysis

Gauge R&R Type I

Gauge R&R Type II

Pendekatan *ANOVA Method* digunakan untuk melihat pengaruh dari faktor *part*, faktor *operator* serta interaksi kedua faktor



Hasil ANOVA pada *Emitter Weight*

Source	P-Value
Operator	0,881
Part	0,391
Operator*Part	0,871

> 9%

> 30%

Gauge R&R Variabel *Emitter Weight*

Sumber	% Contribution	% Study Var
Total Gage R&R	100,00	100,00
Repeatability	100,00	100,00
Reproducibility	0	0
Operator	0	0
Part-To-Part	0	0
Total Variation	100,00	100,00
Ndc	1	

< 5

Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi

Measurement System

Analysis

Gauge R&R Type I

Gauge R&R Type II



Hasil ANOVA pada *Gas Pressure*

Source	P
Operator	0,631
Part	0,499
Operator*Part	0,934

> 9%

> 30%

Gauge R&R Variabel Gas Pressure

Sumber	% Contribution	% Study Var
Total Gage R&R	100,00	100,00
Repeatability	100,00	100,00
Reproducibility	0	0
Operator	0	0
Part-To-Part	0	0
Total Variation	100,00	100,00
Ndc		1

< 5

Analisis & Pembahasan

Pengujian Asumsi

Measurement System

Analysis

Gauge R&R Type I

Gauge R&R Type II

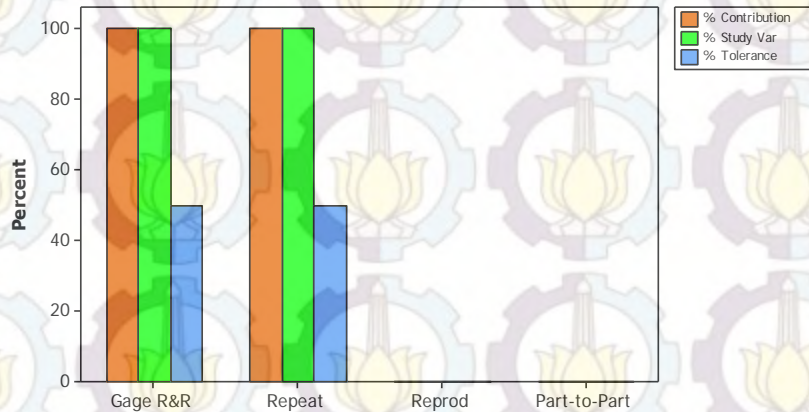


Gage R&R (ANOVA) for Data EW

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Components of Variation

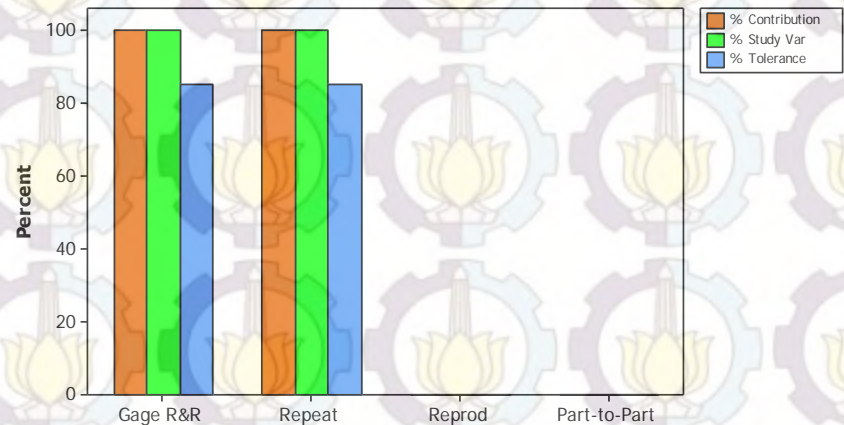


Gage R&R (ANOVA) for Data GP

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Components of Variation



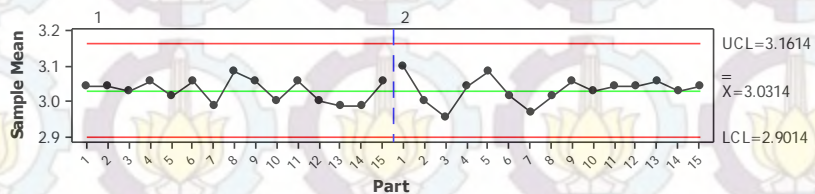


Gage R&R (ANOVA) for Data EW

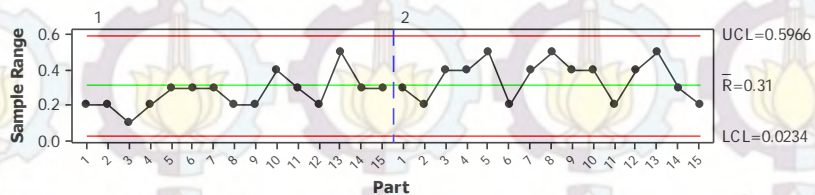
Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Xbar Chart by Operator



R Chart by Operator

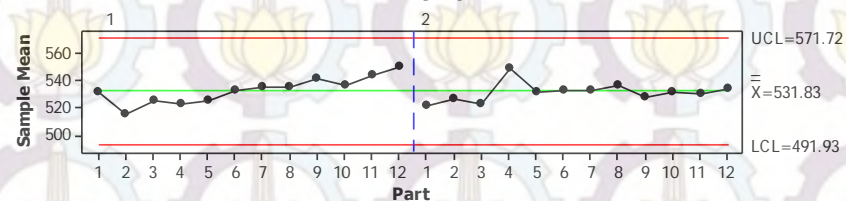


Gage R&R (ANOVA) for Data GP

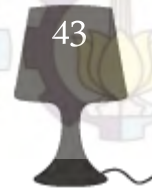
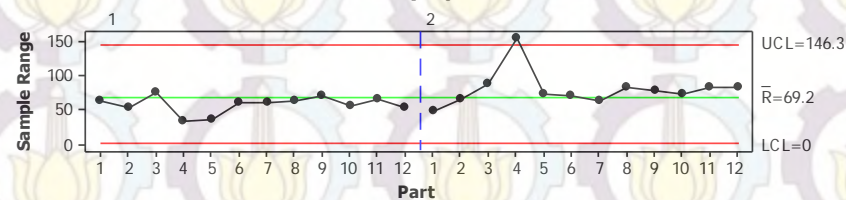
Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Xbar Chart by Operator



R Chart by Operator



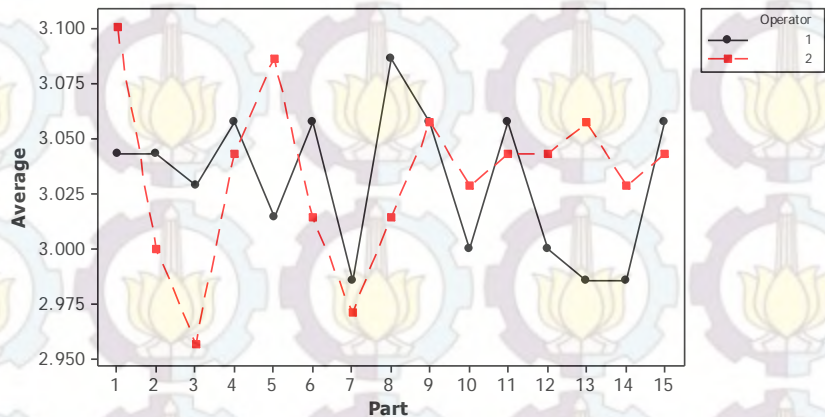


Gage R&R (ANOVA) for Data EW

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Part * Operator Interaction

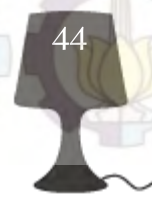
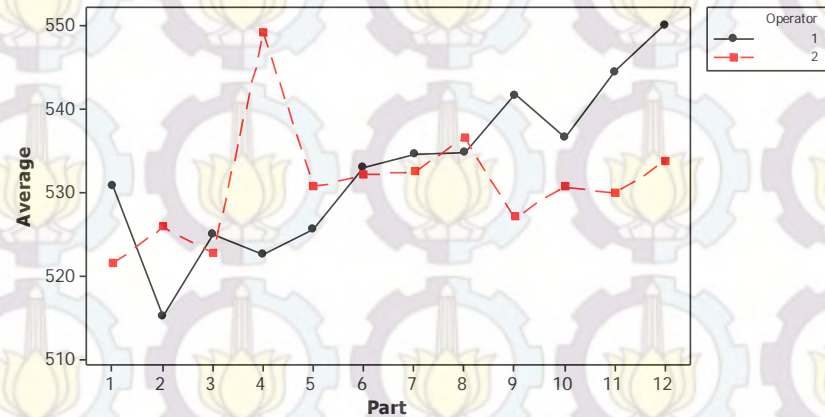


Gage R&R (ANOVA) for Data GP

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:

Part * Operator Interaction





KESIMPULAN



Kesimpulan

Analysis of Variance menunjukkan bahwa *operator*, *part* dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap sistem pengukuran *Emitter Weight* dan *Gas Pressure*.

Pengaruh faktor *operator*, *part*, dan interaksi kedua faktor

Kondisi *Measurement System*



Kesimpulan

Pengaruh faktor *inspector*,
produk dan interaksi kedua
faktor

Kondisi Measurement

System

Measurement system tidak kapabel

terjadi di sistem pengukuran Emitter
Weight dan Gas Pressure. Hal Ini
dikarenakan alat ukur yang digunakan juga
tidak kapabel dan operator yang melakukan
pengukuran memiliki variasi yang besar
terhadap hasil sistem pengukuran secara
total

Saran

Perusahaan

- Perbaikan pada Operator melalui training berkaitan dengan teknik pengukuran
- Perbaikan pada alat ukur dengan melakukan proses kalibrasi
- Evaluasi setiap 3 bulan atau pada akhir tahun produksi.



DAFTAR PUSTAKA





Daniel, W. W., (1989). *Statistika Non Parametrik*, Penerbit: PT. Gramedia, Jakarta

D. Montgemery, *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. John Wiley & Sons, Inc: New York, (2005).

Dewi, Ni Putu Wansri (2013). Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R) Studi Kasus : PT. Gaya Motor (Astra Group). Surabaya:Jurusan Statistika FMIPA ITS

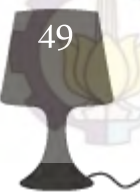
Joglekar, A. M. (2003). *Statical Methods for Six Sigma*. Canada. A Johns Wiley & Sons, Inc.

Lim, T. S., & Loh, W. Y. (1996). *A Comparison of Test of Equality of Variasices. Computational Statistics & Data 22*, 287-301.

Louka, G. A., & Besseris, G. J. (2010). *Gauge R&R For An Optical Micrometer Industrial Type Machine. International Journal for Quality research*.

Montgomery, D. C. (2001). *Design and Analysis of Experiment Fifth Edition*. United State: John Wiley & Sons Inc,.

Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. United State: John Wiley & Sons Inc,.





Pan, J. N. (2004). Determination of the optimal allocation of parameters for gauge repeatability and reproducibility study. *International Journal of Quality & Reliability* Vol. 21 No. 6, 672-682

Puspasari, A. A. (2014). Penerapan Repeatability & Reproducibility (MSA Gauge R&R) Pada Produk Lampu di PT. "X". Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS

Razali, M. N., & Wah, Y. B. (2011). *Power Comparisons of Shapiro-Wilks, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Test. Journal of Statistical Modeling & Analytics*, Vol. 2 No 1, 21-33.

Roth, T. (2012). Working The Quality Tools Package.

S. Kotz, R.A. Johnson and L. Norman, *Process Capability Indices*, first edition, Chapman & Hall, (1993).

Shofi. M. F. (2014). Penerapan Metode Measurement System Analysis Gauge Repeatability And Reproducibility (Gauge R&R) Pada Pengukuran Transmisi Produk Kaca PT. XYZ. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS



SIDANG

Lab Statistika Industri

TUGAS AKHIR

Kamis, 11 Juni 2015

10:30 WIB

Ruang Sidang Gedung H

Ayub Samuel Yosepha

1312 030 055

Dosen Pembimbing

Dr. Muhammad Mashuri, MT