



TUGAS AKHIR - SS 145561

***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY
(GAUGE R&R) PADA KERTAS TEST LINER
DI PT. MEKABOX INTERNATIONAL MOJOKERTO***

Nadadana Firdaus Saputri
NRP 10611500000111

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Co Pembimbing
Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SS 145561

***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY
(GAUGE R&R) PADA KERTAS TEST LINER
DI PT. MEKABOX INTERNATIONAL MOJOKERTO***

Nadadana Firdaus Saputri
NRP 10611500000111

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Co Pembimbing
Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - SS 145561

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY
(GAUGE R&R) OF TEST LINER PAPER
IN PT. MEKABOX INTERNATIONAL MOJOKERTO**

Nadadana Firdaus Saputri
NRP 10611500000111

Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Co-Supervisor
Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.

Study Programme of Diploma III
Department of Business Statistics
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) PADA KERTAS TEST LINER DI PT. MEKABOX INTERNATIONAL MOJOKERTO

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Nadadana Firdaus Saputri
NRP 10611500000111

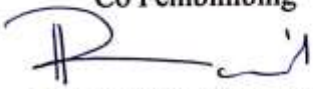
SURABAYA, 28 MEI 2018

Menyetujui,

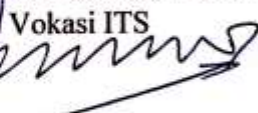
Pembimbing Tugas Akhir

Co Pembimbing


Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.
NIP. 19610311 198701 2 001


Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.
NIP. 19910610 201504 2 001



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY
AND REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) PADA KERTAS
TEST LINER DI PT. MEKABOX INTERNATIONAL
MOJOKERTO**

Nama Mahasiswa : Nadadana Firdaus Saputri
NRP : 10611500000111
Program Studi : Diploma III
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.
Co Pembimbing : Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat menuntut industri di Indonesia untuk terus berkembang dan meningkatkan kualitas. PT. Mekabox International adalah perusahaan produsen kertas karton coklat yang melaksanakan proses produksi apabila menerima konfirmasi pesanan dari pelanggan (*make by order*). Sebagai perusahaan yang menekankan kualitas produk terbaik bagi pelanggan, perusahaan mengaplikasikan proses pengendalian kualitas produk sebagai upaya untuk menjaga kualitas kertas. Karakteristik kualitas yang diukur yaitu daya tahan retak atau yang disebut dengan *bursting strength*. Produk yang memiliki *bursting strength* tidak standar menyebabkan gramatur kertas menjadi turun level dan akan dijual lebih murah dari harga aslinya, hal ini mengakibatkan biaya produksi meningkat, oleh karena itu proses pengukuran *bursting strength* perlu dianalisis sistem pengukurannya, sehingga dapat dijamin bahwa sistem pengukuran tersebut telah konsisten dan akurat. Analisis sistem pengukuran yang digunakan adalah *Gauge Repeatability and Reproducibility* dengan ANOVA percobaan faktorial dua faktor. Faktor yang dipertimbangkan adalah faktor inspektor dan *air pressure*. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem pengukuran *bursting strength* telah *acceptable*. Artinya, alat ukur *bursting strength tester*, inspektor dan cara pengukuran yang dilakukan dalam pengukuran sudah baik.

Kata Kunci : *Air Pressure, Bursting Strength, Measurement System Analysis, Inspektor.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY (GAUGE R&R) OF TEST LINER PAPER IN PT. MEKABOX INTERNATIONAL MOJOKERTO

Student Name : Nadadana Firdaus Saputri
NRP : 10611500000111
Study Programme : Diploma III
Department : Business Statistics Faculty of Vocations
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.
Co-Supervisor : Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.

Abstract

Rapid technology developments affect the industry in Indonesia to grow and improve the quality. PT. Mekabox International is a company which has main business of brown paperboard production. PT. Mekabox International start to produce the paper board after accept the order confirmation from customers (make by order). As a company which focus on the best quality of product for customers, PT. Mekabox International apply the quality control process of product to maintain the quality of product. The quality characteristics measured is fracture resistance, i.e bursting strength. Products which have nonstandard bursting strength cause paper gramatur to fall down and will be sold cheaper than the original price, resulting in increased production costs. Therefore, bursting strength measurement process needs to be analyzed its measurement system, so the measurement system can guarante that the measurement system has been consistent and accurate. The measurement system analysis used is Gauge Repeatability and Reproducibility using ANOVA with two factor factorial experiment. The factors to be considered are the inspector factor and air pressure. The results show that bursting strength measurement system has been acceptable. It is means that the bursting strength tester, inspector and measurement are well conducted and can be applied in the measurement.

Keywords : Air Pressure, Bursting Strength, Measurement System Analysis, Inspector.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “***Measurement System Analysis Repeatability and Reproducibility (Gauge R&R) pada Kertas Test Liner di PT. Mekabox International***”.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT, selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing dan memberi arahan, saran, serta dukungan yang sangat besar bagi penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ibu Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si, selaku Co Pembimbing yang dengan ikhlas dan sabar membantu dan memberikan waktu, tenaga, serta nasihat dalam pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ibu Dra. Destri Susilaningrum, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir.
4. Ibu Noviyanti Santoso, S.Si., M.Si selaku validator dan dosen penguji yang telah memberikan nasihat, kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si, selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis yang telah memberi dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si, selaku Sekretaris Departemen Statistika Bisnis yang telah memberikan informasi, motivasi dan dukungan selama menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Diploma III yang telah memberi semua informasi dan memberi motivasi penulis selama menjadi mahasiswa.

8. Ibu Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes selaku dosen wali yang selalu memotivasi dan memberikan nasihat kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
9. Seluruh dosen Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan bekal ilmu selama penulis menempuh masa perkuliahan, beserta seluruh karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
10. Bapak Jarot Hendro Sucahyo selaku Manager HRD-GA yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir.
11. Bapak Bambang Heru I, selaku pembimbing lapangan di PT. Mekabox International yang selalu memberikan bimbingan selama pengambilan data untuk Tugas Akhir.
12. Orangtua tercinta, pahlawan hidup penulis yang selama ini selalu mencintai dengan tulus, mengorbankan segalanya, mendoakan, memberi tangis, keringat, senyum, tawa, dan motivasi terbesar kepada penulis.
13. Teman-teman SMR *Industrial Squad* yakni seluruh anak bimbingan Bu Nunik yang telah memberi banyak masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
14. Keluarga HEROES ITS 2015 yang telah bekerja sama dengan baik selama penulis menempuh masa perkuliahan, serta memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.
15. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat dan dapat menambah wawasan keilmuan bagi semua pihak.

Surabaya, 28 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITTLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rancangan Percobaan.....	7
2.2 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	7
2.3 Asumsi Residual IIDN	10
2.3.1 Asumsi Residual Identik	10
2.3.2 Asumsi Residual Independen	12
2.3.3 Asumsi Residual Distribusi Normal.....	12
2.4 Uji Perbandingan Berganda (<i>Tukey's Test</i>)	13
2.5 <i>Measurement System Analysis</i> (MSA)	14
2.5.1 MSA Tipe I.....	15
2.5.2 MSA Tipe II	16
2.5 PT. Mekabox International.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.3 Rancangan Percobaan.....	23
3.4 Langkah Penelitian	25

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Inspektor, *Air Pressure*, dan Interaksi terhadap Hasil pengukuran *Bursting Strength*..... 27

4.1.1 *Analysis of Variance* (ANOVA)..... 27

4.1.2 Asumsi Residual Identik, Independen, dan Berdistribusi Normal (IIDN)..... 28

4.1.3 Uji Perbedaan Rata-Rata untuk Inspektor, *Air Pressure* dan Interaksi 30

4.2 *Measurement System Analysis* (MSA) 31

4.2.1 MSA Tipe I 31

4.2.2 MSA Tipe II 33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 43

5.2 Saran..... 43

DAFTAR PUSTAKA 45

LAMPIRAN 47

BIODATA PENULIS 58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel ANOVA.....	9
Tabel 2.2 Tabel ANOVA Regresi.....	11
Tabel 3.1 Standar <i>Bursting Strength</i>	23
Tabel 3.2 Struktur Data Rancangan Faktorial.....	25
Tabel 4.1 Analysis of Variance Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i>	27
Tabel 4.2 Perbedaan Masing-Masing Uji Statistik	30
Tabel 4.3 MSA Tipe I berdasarkan Jenis <i>Air Pressure</i>	32
Tabel 4.4 MSA Tipe II pada Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i>	33

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Plot antara Residual dengan Nilai Taksiran.....11
Gambar 2.2	Plot antara Residual dengan Urutan Observasi..12
Gambar 2.3	Plot Probabilitas Normal13
Gambar 2.4	Produk Kertas <i>Test Liner</i>20
Gambar 3.1	Pengukuran <i>Bursting Strength</i>24
Gambar 3.2	Diagram Alir26
Gambar 4.1	Plot antara Residual dengan Nilai Taksiran Hasil Pengukuran.....28
Gambar 4.2	Plot antara Residual dengan Urutan Observasi Hasil Pengukuran.....29
Gambar 4.3	Plot Probabilitas Normal Hasil Pengukuran.....29
Gambar 4.4	Komponen Variasi.....35
Gambar 4.5	Peta $\bar{x} - s$35
Gambar 4.6	Hasil Pengukuran Berdasarkan <i>Air Pressure</i>36
Gambar 4.7	Hasil Pengukuran Berdasarkan Inspektor.....37
Gambar 4.8	Hasil Pengukuran Inspektor pada Masing- masing <i>Air Pressure</i>38
Gambar 4.9	Hasil Pengukuran Berdasrkan Interaksi38
Gambar 4.10	Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i> pada <i>Air</i> <i>pressure</i> Level 139
Gambar 4.11	Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i> pada <i>Air</i> <i>pressure</i> Level 240
Gambar 4.12	Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i> pada <i>Air</i> <i>pressure</i> Level 340

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.	Data Hasil Pengukuran <i>Bursting Strength</i> pada Produk <i>Test Liner</i> Periode Bulan Februari 201847
Lampiran 2.	Hasil <i>Analysis of Variance</i>49
Lampiran 3.	<i>Output</i> Hasil Pengujian Asumsi Identik (Uji <i>Glejer</i>).....50
Lampiran 4.	<i>Output</i> Hasil Pengujian Asumsi Distribusi Normal (Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>)51
Lampiran 5.	Tabel <i>Kolmogorov Smirnov</i>52
Lampiran 6.	Tabel Distribusi F.....53
Lampiran 7.	Hasil Analisis MSA Tipe I.....54
Lampiran 8.	Hasil Analisis MSA Tipe II.....56
Lampiran 9.	<i>Output Tukey's Test</i>57
Lampiran 10.	Surat Izin Penelitian di PT. Mekabox International59
Lampiran 11.	Surat Keterangan Perusahaan.....60
Lampiran 12.	Surat Pernyataan Keaslian Data61

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tidak lepas dari penguasaan teknologi, kemampuan inovasi dan pengendalian mutu dalam proses maupun produk. Kualitas produk yang unggul merupakan hal yang sangat penting untuk dikendalikan dan menjamin mutu produk merupakan kegiatan yang mutlak dilakukan. Kualitas yang baik tidak hanya ditentukan dari hasil produk akhirnya saja, melainkan ditentukan dari proses awal pembuatan hingga produk sampai di tangan konsumen.

Montgomery (2013) menerangkan bahwa pengendalian kualitas dalam proses produksi merupakan aktivitas penting, dimana ciri-ciri kualitas produk yang dihasilkan akan dibandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan dan akan diambil sebuah tindakan apabila terdapat ketidaksesuaian antara penampilan akhir produk dengan standar yang telah ditetapkan. ISO 9001:2015 pada klausul 7.6 menetapkan bahwa sebuah perusahaan harus menetapkan pemantauan dan pengukuran untuk memberikan bukti kesesuaian produk terhadap persyaratan yang telah ditetapkan, serta menetapkan proses bahwa pemantauan dan pengukuran dapat dilakukan secara konsisten. Perusahaan yang telah mendapatkan sertifikasi ISO 9001:2015 tentunya harus menerapkan sistem pengukuran yang baik, oleh karena itu sistem pengukuran sangat penting untuk dilakukan salah satunya melalui *Measurement System Analysis*.

PT. Mekabox International adalah perusahaan produsen kertas karton coklat, hasil produksi tersebut akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan kardus atau *box* kemasan oleh pelanggan. Perusahaan menggunakan strategi respon produksi *Make to Order* (MTO), sehingga perusahaan hanya melaksanakan proses produksi apabila menerima konfirmasi pesanan dari pelanggan.

Kertas karton coklat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu *Test Liner*, *White Test Liner* dan *Corrugation Medium*. Khusus dalam industri kemasan kotak karton gelombang (*corrugated carton box*) dikenal dua kelompok bahan utama kertas yakni kertas untuk lapisan datar (*liner*) dan kertas untuk lapisan gelombang (*fluting*). Produk yang paling sering dipesan oleh pelanggan adalah produk jenis *Test Liner* karena dalam membuat *box* kemasan membutuhkan banyak lapisan luar sehingga kuantitas pelanggan memesan produk jenis *Test Liner* lebih besar. Kertas *Test Liner* biasanya digunakan untuk meningkatkan daya tahan retak pada karton *box* sehingga produk di dalamnya terlindungi pada saat proses distribusi.

Salah satu upaya perusahaan dalam mengaplikasikan kebijakan kualitas adalah dengan adanya bidang *Quality Control* yang berada dalam naungan Departemen Produksi. Sebagai perusahaan yang menekankan kualitas produk terbaik bagi konsumen, perusahaan mengaplikasikan proses pengendalian kualitas produk sebagai upaya untuk menjaga kualitas kertas. Pada dasarnya target kualitas yang dimaksud pada aplikasi *corrugated box* agar dapat menjamin produk yang dikemas dengan *box* tersebut tidak mengalami kerusakan adalah daya tahan retak atau yang disebut dengan *bursting strength*. *Bursting strength test* adalah *test* untuk menguji kekuatan yang dibutuhkan untuk memecahkan sisi bergelombang dari sebuah kotak. Metode *test* ini digunakan untuk mengukur ketahanan *box* dari gaya eksternal maupun internal.

Manajer Produksi memaparkan bahwa pada bulan Juni tahun 2017 terdapat produk jenis *Test Liner* yang mengalami penurunan kualitas (*second grade*) jenis BSI yaitu *Bursting Strength Index* tidak standar. Oleh karena itu, perlu diketahui penyebab pasti dari hasil produksi yang mengalami penurunan kualitas tersebut. Penyebab dari adanya produk *second grade* akan dijadikan evaluasi oleh perusahaan dalam meningkatkan kualitas hasil produksi. Perusahaan menginstruksikan tiga inspektur untuk melakukan pengukuran produk *Test Liner* dari lini produksi yang

berjalan guna memberikan informasi mengenai kualitas produk yang dihasilkan saat itu. Inspektor melakukan pengukuran *bursting strength* menggunakan alat ukur yang disebut *bursting strength tester* dan *Test Liner* diberikan perlakuan *air pressure* yang berbeda yaitu level 1, level 2 dan level 3. Adanya variasi *air pressure* yang diberikan serta interaksi dari *air pressure* dengan hasil pengukuran oleh inspektor diduga memberikan pengaruh terhadap nilai *Gauge R&R* yang dihasilkan. Berdasarkan dugaan tersebut, penelitian akan dititikberatkan pada analisis *Measurement System Analysis Gauge R&R* di bidang *Quality Control* Departemen Produksi untuk memvalidasi apakah sistem pengukuran telah kapabel yakni mampu mengukur secara konsisten dan akurat.

Penelitian mengenai *Measurement System Analysis* telah banyak dilakukan sebelumnya. Dewi (2013) menunjukkan hasil *measurement system* telah *acceptable*, kunci inggris yang digunakan untuk pengencangan proses perakitan merk mobil *Isuzu* berpengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran kekuatan *torque analyzer*, sedangkan inspektor dan interaksi tidak berpengaruh terhadap hasil pengukuran kekuatan *torque analyzer*. Budiantono (2016) menunjukkan bahwa sistem pengukuran (*measurement system*) menggunakan *vickers hardness tester* tidak diterima (*unacceptable*). Faktor *drills test block*, faktor inspektor dan faktor interaksi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengukuran kekerasan logam serta inspektor satu, inspektor dua, dan inspektor tiga memiliki kemampuan yang berbeda dalam memberikan hasil pengukuran.

1.2 Rumusan Masalah

PT. Mekabox International melakukan pengukuran kualitas produk kertas jenis *Test Liner* sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang telah ditetapkan. Target kualitas yang diutamakan agar dapat menjamin produk yang dikemas dengan *box* tidak mengalami kerusakan adalah daya tahan retak atau yang disebut dengan *bursting strength*.

Setiap kertas *Test Liner* diukur menggunakan alat ukur yang sama namun diberikan perlakuan *air pressure* yang berbeda yaitu *air pressure* level 1 dengan tekanan udara sebesar 400 kpa, level 2 sebesar 520 kpa dan level 3 sebesar 600 kpa. Pada bulan Juni tahun 2017 terdapat produk jenis *Test Liner* yang mengalami penurunan kualitas (*second grade*) jenis BSI yaitu *bursting strength index* tidak standar. Produk yang memiliki *bursting strength* tidak standar dengan gramatur kertas yang telah dipesan oleh *customer* menyebabkan gramatur kertas menjadi turun level, hal ini mengakibatkan permintaan *customer* tidak dapat terpenuhi karena level gramatur produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan level gramatur yang dipesan oleh *customer*. Produk yang turun level gramatur tersebut akan dijual lebih murah dari harga aslinya, hal ini mengakibatkan biaya produksi meningkat. Selain itu, produk *second grade* juga mengakibatkan jadwal pengiriman hasil produksi kepada *customer* menjadi tertunda.

Pihak perusahaan ingin mengetahui penyebab pasti dari hasil produksi yang mengalami penurunan kualitas tersebut, yaitu apakah inspektor mengalami kesalahan dalam melakukan pengukuran atau alat ukur yang digunakan dalam pengukuran memang sudah tidak layak dan mengalami penurunan fungsi, oleh karena itu penelitian ini ingin mengetahui apakah ada pengaruh dari faktor inspektor, *air pressure* dan interaksi terhadap sistem pengukuran *bursting strength* serta menetapkan *measurement system* yang diterapkan apakah telah *acceptable* atau belum.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin didapatkan berdasarkan perumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui apakah terdapat pengaruh dari faktor inspektor dan faktor *air pressure* serta interaksi antara keduanya terhadap hasil keakuratan pengukuran *bursting strength*.
2. Mengetahui apakah *measurement system* pada produk kertas *Test Liner* telah *acceptable*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk evaluasi dalam perbaikan sistem pengukuran dari hasil analisis yang didapatkan, tindakan yang harus diambil apabila *measurement system* tidak *acceptable*, dan memperbaiki kualitas proses produksi kertas karton jenis *Test Liner* agar tidak menghasilkan produk *second grade*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran adalah *bursting strength tester*, yaitu alat untuk mengukur *bursting strength* pada produk *Test Liner*. Alat ukur tersebut telah dikalibrasi sebelum pengamatan dimulai.
2. *Test Liner* dengan *air pressure* level 1, level 2 dan level 3 adalah *Test Liner* 150 GSM (*Gram per Square Meter*), *Test Liner* 200 GSM dan *Test Liner* 275 GSM.
3. Inspektor telah mendapatkan pelatihan yang sama dari perusahaan dan diasumsikan memiliki kemampuan yang sama.
4. Metode yang digunakan untuk memberikan informasi mengenai kondisi suatu *measurement system* yaitu metode ANOVA (*Analysis of Variance*) dan *Number of Distinct Categories* (*ndc*).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas beberapa kajian pustaka yang terkait dengan penelitian *Measurement System Analysis Repeatability and Reproducibility* (MSA Gauge R&R). Diantaranya adalah rancangan percobaan, *Analysis of Variance*, asumsi residual Identik, Independen, dan Distribusi Normal (IIDN) serta MSA.

2.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan merupakan kajian mengenai penentuan kerangka dasar kegiatan pengumpulan informasi terhadap objek yang memiliki variasi berdasarkan perhitungan statistik. Percobaan faktorial merupakan percobaan dimana semua taraf faktor dari setiap faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua taraf dari setiap faktor lainnya.

Rancangan faktorial secara umum digunakan dalam percobaan yang melibatkan beberapa faktor untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap variabel respon. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan percobaan faktorial dengan dua faktor, yaitu suatu percobaan yang dirancang dengan dua buah faktor utama, yaitu faktor A dan faktor B (Montgomery, 2013).

2.2 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Rancangan percobaan faktorial dua faktor mempunyai model yang dinyatakan dalam persamaan 2.1 sebagai berikut.

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

Dimana :

y_{ijk} = pengamatan pada percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B

μ = nilai tengah populasi.

- τ_i = pengaruh taraf ke- i dari faktor A
 β_j = pengaruh taraf ke- j dari faktor B
 $(\tau\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B
 ε_{ijk} = pengaruh galat dari suatu percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij .
 $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

Pengujian untuk model ini dilakukan untuk mengetahui apakah faktor A, faktor B dan interaksi antara faktor A dan faktor B memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon yang telah diamati. Pengujian terhadap hasil pengamatan dari rancangan percobaan faktorial dua faktor dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut (Montgomery, 2013).

Hipotesis faktor A :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, a$$

Hipotesis faktor B :

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, b$$

Hipotesis interaksi AB :

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0 \text{ untuk semua } i, j$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

Statistik uji ANOVA ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Tabel ANOVA

<i>Source</i>	<i>Degrees of Freedom</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F_{hit}</i>
Faktor A	$a - 1$	SS_A	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
Faktor B	$b - 1$	SS_B	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
Interaksi (AB)	$\begin{matrix} (a-1) \\ (b-1) \end{matrix}$	SS_{AB}	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	$ab(n-1)$	SS_E	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	$abn - 1$	SS_T		

H_0 ditolak pada taraf signifikan α , jika $F_{hit} > F_{\alpha, (a-1), ab(n-1)}$ atau $P_{value} < \alpha$.

$$SS_A = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.2)$$

$$SS_B = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.3)$$

$$SS_{AB} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \right) - SS_A - SS_B \quad (2.4)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.5)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B \quad (2.6)$$

Dimana $y_{i..}$ adalah total seluruh observasi pada level ke- i faktor A, $y_{.j.}$ adalah total seluruh observasi pada level ke- j faktor B, $y_{ij.}$ adalah total seluruh observasi pada level ij dan $y_{...}$ adalah total keseluruhan dari seluruh observasi, dimana $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$ dan $k = 1, 2, \dots, n$.

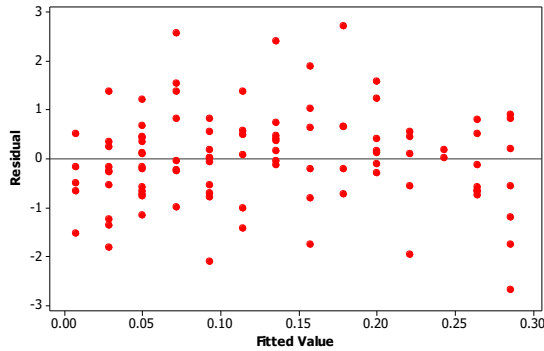
$$\begin{aligned}
y_{i..} &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \\
y_{.j.} &= \sum_{i=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \\
y_{ij.} &= \sum_{k=1}^n y_{ijk} \\
y_{...} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \\
\bar{y}_{i..} &= \frac{y_{i..}}{bn} \\
\bar{y}_{.j.} &= \frac{y_{.j.}}{an} \\
\bar{y}_{ij.} &= \frac{y_{ij.}}{n} \\
\bar{y}_{...} &= \frac{y_{...}}{abn}
\end{aligned} \tag{2.7}$$

2.3 Asumsi Residual

Asumsi yang mendasari ANOVA (*Analysis of Variance*) adalah residual identik, independen dan berdistribusi normal.

2.3.1 Asumsi Residual Identik

Asumsi residual identik dapat diketahui dengan melihat plot residual *versus fitted value*. Apabila plot residual tidak membentuk pola corong maka dapat dikatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi identik. Makna identik dalam hal ini adalah varians yang bernilai konstan atau homogen. Gambar 2.1 berikut merupakan contoh plot residual *versus fitted value*.



Gambar 2.1 Plot antara Residual dengan Nilai Taksiran

Asumsi residual identik juga dapat diketahui dengan uji *Glejser*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketidaksamaan varians dari residual untuk semua pengamatan pada model regresi dengan cara meregresikan absolut residual $|y_i|$ dengan taksiran dari variabel respon $\hat{y}_{ijk}$. Model regresi yang digunakan adalah $|\hat{y}_i| = \beta_0 + \beta_1 \hat{y}_{ijk} + v_{ijk}$.

Tabel 2.2 Tabel ANOVA Regresi

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F_{hit}
Regresi	1	$\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$\frac{SS_{regresi}}{df_{regresi}}$	$\frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}}$
Residual	$n - 2$	$\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2$	$\frac{SS_{residual}}{df_{residual}}$	
Total	$n - 1$	$\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2$		

Hipotesis dari uji *Glejser* dijelaskan sebagai berikut (Gujarati, 2009).

$$H_0: \beta_1 = 0$$

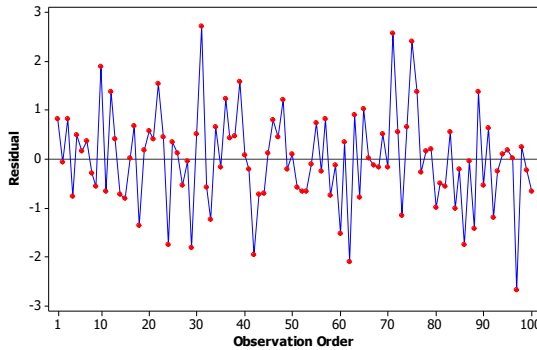
$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

$$\text{Statistik Uji } F_{hit} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}} \quad (2.8)$$

H_0 ditolak pada taraf signifikan α , jika $F_{hit} > F_{\alpha(1,m-2)}$

2.3.2 Asumsi Residual Independen

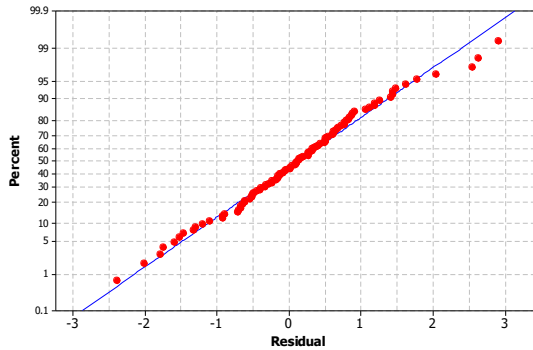
Asumsi residual independen dapat dilihat dari plot residual *versus time order*. Apabila plot residual menyebar tidak merata maka dapat dikatakan bahwa asumsi residual independen telah terpenuhi. Gambar 2.2 berikut merupakan contoh plot residual *versus time order* (Montgomery, 2013).



Gambar 2.2 Plot antara Residual dengan Urutan Observasi

2.3.3 Asumsi Residual Distribusi Normal

Asumsi normalitas atau residual berdistribusi normal dapat diketahui secara visual dengan melihat *probability plot*. Jika residual mengikuti distribusi normal maka plot-plot residual akan menyerupai atau mengikuti garis linear. Gambar 2.3 merupakan contoh *normal probability plot*.



Gambar 2.3 Plot Probabilitas Normal

Asumsi distribusi normal juga dapat diketahui dengan uji *Kolmogorov Smirnov* dengan mendefinisikan $F_n(e)$ adalah fungsi peluang kumulatif distribusi empiris dan $F_0(e)$ adalah fungsi peluang kumulatif distribusi normal, sehingga perumusan hipotesis sebagai berikut (Daniel, 1989).

$$H_0 : F(e) = F_0(e)$$

$$H_1 : F(e) \neq F_0(e)$$

$$\text{Statistik Uji } D = \sup_x |F_n(e) - F_0(e)| \quad (2.9)$$

H_0 ditolak pada taraf signifikan α , jika $|D| > D_{(\alpha;n)}$

2.4 Uji Perbandingan Berganda (*Tukey's Test*)

Apabila dalam ANOVA menolak H_0 yang berarti minimal terdapat satu taraf faktor yang signifikan terhadap respon, maka dilanjutkan uji lanjutan (uji perbandingan berganda) menggunakan uji Tukey untuk mengetahui taraf faktor mana yang berbeda sehingga menyebabkan faktor berpengaruh terhadap respon.

Uji Tukey adalah suatu uji yang dilakukan dengan cara membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan. Hipotesis uji Tukey dirumuskan sebagai berikut (Montgomery, 2013).

Hipotesis

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ untuk semua } i \neq j$$

Statistik Uji yaitu $|\mu_i - \mu_j|$.

H_0 ditolak pada taraf signifikan α , jika $|\mu_i - \mu_j| > T_\alpha$.

$$\text{Dimana} \quad T_\alpha = q_\alpha(a, f) \sqrt{\frac{MS_E}{n}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

a = banyaknya perlakuan

f = derajat bebas *error*

n = banyaknya ulangan

MS_E = *mean square error*

2.5 Measurement System Analysis (MSA)

Measurement system atau sistem pengukuran adalah kumpulan dari ukuran dan peralatan, prosedur, manusia, dan lingkungan yang menjadi karakteristik penentu keadaan menjadi terukur. Ketika proses *measurement system* diperlihatkan, akan lebih mudah melihat penyebab variasi yang mengalami ketidaktepatan pengukuran (Joglekar, 2003). Sistem pengukuran yang ideal merupakan pengukuran yang memberikan hasil sesuai dengan standar pengukuran, bias dan varian pengukuran sangat kecil. *Measurement system analysis* dapat dikatakan *acceptable* apabila sudah memiliki akurasi dan presisi yang baik. Akurasi dapat dilihat dari bias, linieritas dan stabilitas, sedangkan presisi dapat dilihat dari *repeatability* dan *reproducibility*.

Secara umum ada dua sumber yang mempengaruhi akurasi dan presisi alat ukur menurut Pan (2004) yaitu.

1. *Gauge error* yaitu ketika inspektur dengan pengukuran yang sama untuk mengukur *part* beberapa kali dengan kondisi sama, maka dapat terjadi hasil pengukuran berbeda. *Error*

ini dinamakan *repeatability* atau berasal dari alat ukur itu sendiri.

2. *Inspector error* yaitu kesalahan ketika inspektor berbeda mengukur *part* dalam kondisi sama, kondisi ini dinamakan *reproducibility*. Kesalahan ini terjadi ketika inspektor tidak mendapatkan pelatihan yang memadai atau inspektor tidak mengukur produk sesuai dengan standar prosedur, dalam hal ini variabilitas berasal dari inspektor.

Dalam *measurement system analysis*, *gauge repeatability* dan *reproducibility* digunakan untuk memperoleh pengukuran alat atau unit secara berulang dengan inspektor yang sama dan pengukuran alat atau unit dengan inspektor yang berbeda (Louka & Bessieris, 2010).

2.5.1 MSA Tipe 1

Measurement System Analysis Type I (MSA Tipe I) adalah salah satu tipe MSA yang digunakan ketika suatu pengukuran telah diketahui karakteristik datanya dan telah diketahui pula berapa kali pengukuran akan dilakukan. Analisis MSA tipe I ini bertujuan untuk mengevaluasi kapabilitas dari proses pengukuran. Perhitungan nilai *capability gauge* (C_g) untuk membandingkan variasi studi (penyebaran pengukuran *gauge*) dengan nilai toleransi dan C_{gk} (*capability gauge kit*) untuk menghitung nilai bias pengukur, dimana bias pengukur merupakan selisih antara hasil rata-rata pengukuran oleh inspektor dengan nilai target yang ditentukan. Secara matematis nilai C_g dan C_{gk} dapat ditulis pada persamaan 2.11 dan 2.12 sebagai berikut (Roth, 2013).

$$C_g = \frac{h(BSA - BSB)}{6 \times s_m} \quad (2.11)$$

BSA dan BSB adalah batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah, s_m merupakan nilai standar deviasi dari data hasil pengukuran, sedangkan 6 menyatakan nilai dari standar deviasi yang dibutuhkan untuk menjelaskan 99,73% dari pengukuran. Penggunaan nilai 6 dikarenakan proses pengukuran

dalam keadaan terkendali, dimana 0,27% hasil pengukuran berada di luar batas kendali dan terjadi secara random. Selain itu, nilai h menyatakan persentase toleransi adalah $h = c/100$, dimana $c = 2\sigma_g$ atau $c = 3\sigma_g$. C_g merupakan nilai yang menyatakan kapabilitas potensial proses, sehingga perlu adanya parameter yang lebih baik untuk menyatakan kapabilitas suatu proses.

Salah satu besaran lain yang digunakan adalah C_{gk} , yang dinyatakan dengan persamaan 2.12.

$$C_{gk} = \frac{2(h(BSA - BSB) - |x_m - x_g|)}{6 \times s_m} \quad (2.12)$$

Dimana $h = c/200$ yang menyatakan persentase toleransi, BSA dan BSB adalah batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah, s_m merupakan nilai standar deviasi data pengukuran, x_m merupakan *mean* dari pengukuran, dan x_g merupakan *reference value* (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 atau inspektor yang menggunakan alat ukur tersebut dan perbedaan hasil pengukuran saat alat ukur tersebut digunakan. Secara umum, total variasi hasil pengukuran dinyatakan pada persamaan 2.13 (Montgomery, 2013).

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{part}^2 + \sigma_{gauge}^2 \quad (2.13)$$

dimana σ_{total}^2 merupakan variasi total, σ_{part}^2 merupakan variasi part, sedangkan σ_{gauge}^2 merupakan variabilitas dari proses *measurement*.

MSA tipe II disebut juga dengan *gauge reproducibility and repeatability* atau *Gauge R&R*. *Gauge repeatability and 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 inspektor dalam mengukur *part* yang sama dan atau interaksi antara perbedaan operator dan *part* yang diukur.

Montgomery (2013) memaparkan empat metode yang memberikan informasi mengenai kondisi suatu *measurement system*, yaitu metode ANOVA, *Precision-to-tolerance (P/T) Ratio*, *Signal-to-noise Ratio (SNR)* dan *Discrimination Ratio (DR)*. Akan tetapi metode yang digunakan untuk menentukan kondisi *measurement system* pada penelitian ini yaitu metode ANOVA. Pada metode ANOVA, variabilitas dari proses *measurement system* ditunjukkan pada persamaan 2.14 sebagai berikut.

$$\sigma_{gauge}^2 = \sigma_{repeatability}^2 + \sigma_{reproducibility}^2 \quad (2.14)$$

dimana σ_{gauge}^2 merupakan variabilitas dari proses *measurement*, $\sigma_{repeatability}^2$ merupakan variasi *repeatability* dan $\sigma_{reproducibility}^2$ merupakan variasi *reproducibility*. *Repeatability* dan *reproducibility* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\sigma_{repeatability}^2 = \hat{\sigma}^2 = MS_E \quad (2.15)$$

$$\sigma_{reproducibility}^2 = \hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_{AB}^2 = \hat{\sigma}_A^2 + \frac{MS_{AB} - MS_E}{n} \quad (2.16)$$

$$\hat{\sigma}_{AB}^2 = \frac{MS_{AB} - MS_E}{n} \quad (2.17)$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{MS_A - MS_{AB}}{bn} \quad (2.18)$$

$$\hat{\sigma}_B^2 = \frac{MS_B - MS_{AB}}{an} \quad (2.19)$$

EV (*equipment variation*) yang sering disebut *repeatability* merupakan variasi dari nilai pengukuran dengan pengukuran yang sama untuk mengukur produk beberapa kali dengan kondisi yang sama dan *inspektor* yang sama, dimana secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$EV = k\sqrt{MS_E} \quad (2.20)$$

AV (*Appraiser or Inspector Variation*) merupakan variasi dari nilai pengukuran dengan alat ukur yang sama namun *inspektor* yang berbeda disebut dengan *reproducibility*. Secara matematis ditulis sebagai berikut.

$$AV = k\sqrt{\frac{MS_A - MS_{AB}}{bn}} \quad (2.21)$$

IV (*Interaction Variation*) merupakan nilai rata-rata pengukuran dari alat ukur yang berbeda dengan *inspektor* yang berbeda, dimana secara matematis ditulis sebagai berikut.

$$IV = k\sqrt{\frac{MS_{AB} - MS_E}{n}} \quad (2.22)$$

PV (*Process Variation*) merupakan nilai rata-rata pengukuran dari alat ukur yang berbeda dengan *inspektor* yang berbeda, dimana secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$PV = k\sqrt{\frac{MS_B - MS_{AB}}{an}} \quad (2.23)$$

Variasi *Gauge R&R* atau *Combined Gauge R&R* merupakan penjumlahan dari sumber-sumber variasi pada persamaan 2.20 sampai 2.22 yang dituliskan sebagai berikut.

$$R \& R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2} \quad (2.24)$$

Komponen rumus pada persamaan 2.15 sampai dengan 2.23 diperoleh dari hasil pada Tabel 2.1. Nilai k merupakan konstanta

yang berkaitan dengan banyaknya jumlah pengulangan (Amin dkk, 2012).

Hasil dari *Gauge R&R* pada persamaan 2.25 akan memberikan informasi mengenai kondisi *measurement system* melalui 2 cara. Cara pertama untuk mengetahui kondisi *measurement system* adalah dengan mengintepretasikan hasil *Gauge R&R*, yaitu dengan membagi nilai variasi *Gauge R&R* dengan nilai toleransi yang ditetapkan perusahaan (Amin dkk, 2012).

$$\%TotalGaugeR \& R = \left[\frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{BSA - BSB} \right] \times 100\% \quad (2.25)$$

Berikut ini adalah syarat yang digunakan untuk mengambil kesimpulan menurut AIAG (2010) dengan menggunakan nilai *percent study varians*.

1. *Measurement system* dikatakan *acceptable* jika nilai % *Study Var Total Gauge R&R* kurang dari sama dengan 10%.
2. *Measurement system* dikatakan *acceptable* dengan syarat tertentu jika nilai % *Study Var Total Gauge R&R* berada pada nilai 10% sampai 30%.
3. *Measurement system* dikatakan *unacceptable* jika nilai % *Study Var Total Gauge R&R* lebih dari 30%. Pada kondisi ini perlu dilakukan perbaikan dalam sistem.

Selain dengan *study variation*, kesimpulan dapat diambil dengan menggunakan *percent contribution variation* sebagai berikut.

- a. *Measurement system* dikatakan *acceptable* jika nilai % *contribution variation Gauge R&R* kurang dari sama dengan 1%.
- b. *Measurement system* dikatakan *acceptable* dengan syarat tertentu jika nilai % *contribution variation Gauge R&R* berada pada nilai 1% sampai dengan 9%.
- c. *Measurement system* dikatakan *unacceptable* jika nilai % *contribution variation Gauge R&R* kurang dari sama dengan 9%. Pada kondisi ini perlu adanya perbaikan dalam sistem.

Selanjutnya, cara kedua yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi *measurement system* adalah dengan menggunakan *number distinct categories* atau *classification ratio* yang secara matematis dituangkan pada persamaan 2.26.

$$ndc = \left[\frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \right] \times 1,41 \quad (2.26)$$

Keterangan :

$\hat{\sigma}_{part}$ = taksiran standar deviasi dari *part*

$\hat{\sigma}_{part}$ = taksiran standar deviasi dari *Gauge R&R*

Measurement system dikatakan *acceptable* apabila *ndc* lebih besar dari 5 (Woodall & Borror, 2008).

2.5 PT. Mekabox International

PT. Mekabox International adalah salah satu perusahaan yang memproduksi kertas karton coklat untuk bahan baku kardus kemasan. Kertas karton coklat yang diproduksi PT. Mekabox International salah satunya yaitu kertas *test liner*. *Test Liner* merupakan produk kertas karton yang menguasai pangsa pasar seluruh perusahaan kardus. Kertas *liner* adalah kertas untuk lapisan datar (*liner*) yang digunakan untuk meningkatkan daya tahan sobek pada *carton box* sehingga produk di dalamnya terlindungi pada saat proses distribusi. Produk kertas *test liner* ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Produk Kertas *Test Liner*

Karakteristik kualitas yang paling utama pada produk *Test Liner* adalah *bursting strength*. *Bursting strength* adalah kekuatan lembaran karton terhadap daya tembus yang diterimanya hingga karton tersebut retak, atau kekuatan maksimal yang bisa diberikan pada selembar karton sampai karton tersebut retak atau pecah. Selain mengukur daya retak kertas, perusahaan juga melaporkan nilai *bursting factor* atau *bursting index* kepada *customer*. *Bursting index* digunakan agar *customer* dapat membedakan kualitas *test liner* yang ditawarkan oleh produsen kertas karton. Dengan menggunakan istilah *bursting index*, pelanggan dapat mengetahui jenis *Test Liner* sekaligus aplikasi dari kertas tersebut. *Bursting index* adalah hasil pembagian antara *strength* dalam kilopascal (kpa) dan berat kertas dalam g/m^2 sehingga nilai *index* ini mewakili kedua parameter tersebut (Mekabox International, 2017).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer, yaitu data hasil pengukuran *bursting strength* produk *Test Liner* yang didapatkan di laboratorium bidang *Quality Control* Departemen Produksi PT. Mekabox International pada bulan Februari 2018. Kevalidan data dalam penelitian dibuktikan dengan surat pernyataan pada Lampiran 12 dan surat keterangan perusahaan ditunjukkan pada Lampiran 11. Adapun surat izin penelitian dapat dilihat pada Lampiran 10.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial dua faktor, yaitu faktor inspektor dan faktor *air pressure*. Inspektor dalam hal ini adalah orang yang melakukan pengukuran *bursting strength* pada produk *Test Liner*. Objek pengamatan dalam rancangan ini adalah *Test Liner* 150 GSM (*Gram per Square Meter*), *Test Liner* 200 GSM dan *Test Liner* 275 GSM.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengukuran *bursting strength* (kekuatan kertas *Test Liner* dalam menahan berat atau tekanan hingga pecah). Standar *bursting strength* pada masing-masing jenis *Test Liner* ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Standar *Bursting Strength*

Jenis <i>Test Liner</i>	Jenis <i>Air Pressure</i>	Standar (kgf/cm ²)
TL 150 GSM	Level 1 (400 kpa)	2,91 ± 0,04
TL 200 GSM	Level 2 (520 kpa)	4,03 ± 0,04
TL 275 GSM	Level 3 (600 kpa)	5,03 ± 0,04

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial dua faktor, yaitu faktor inspektor dan faktor *air pressure*.

Unit eksperimen dalam penelitian ini adalah *Test Liner* 150 GSM, *Test Liner* 200 GSM dan *Test Liner* 275 GSM. Respon yang diamati adalah *bursting strength*. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang inspektor dan dilakukan pengulangan sebanyak sepuluh kali.

Pengambilan sampel dilakukan setiap jumbo *roll* turun dari *Paper Machine* yaitu sekitar 40 menit sekali dengan memotong kertas ukuran $1,2 \times 3,5$ meter untuk dilakukan pemeriksaan kualitas di *Quality Control*. Pemeriksaan *bursting strength* hanya dibutuhkan kertas *Test Liner* dengan ukuran 25×45 cm, kemudian kertas yang telah dipotong tersebut diukur menggunakan alat yang disebut *bursting strength tester* dengan memberikan perlakuan *air pressure* yang berbeda yaitu level 1, level 2 dan level 3. Pengukuran *bursting strength* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengukuran *Bursting Strength*

Cara mengukur besarnya *bursting strength* adalah selembarnya kertas (ukuran 25×45 cm) diletakkan di permukaan datar dan diberi tekanan sebesar 5 kgf dari atas, sementara di bawah kertas diletakkan membran yang dibawahnya diletakkan sistem *hydraulic* dengan cairan gliserin. Kemudian diberi tekanan (*air pressure*) dari bawah dengan sistem *hydraulic* tersebut, ditambah sedikit demi sedikit tekanan sampai akhirnya kertas tersebut pecah. Nilai *bursting strength* dilihat dari tekanan maksimum yang didapatkan hingga *Test Liner* pecah. Struktur data pengukuran *bursting strength* dapat dilihat pada Tabel 3.2. y_{ijk}

merupakan hasil pengukuran dari inspektor level ke- i , *air pressure* level ke- j dan pengulangan ke- k dimana $i = 1,2,3$; $j = 1,2,3$; $k = 1,2,...,10$.

Tabel 3.2. Struktur Data Rancangan Faktorial

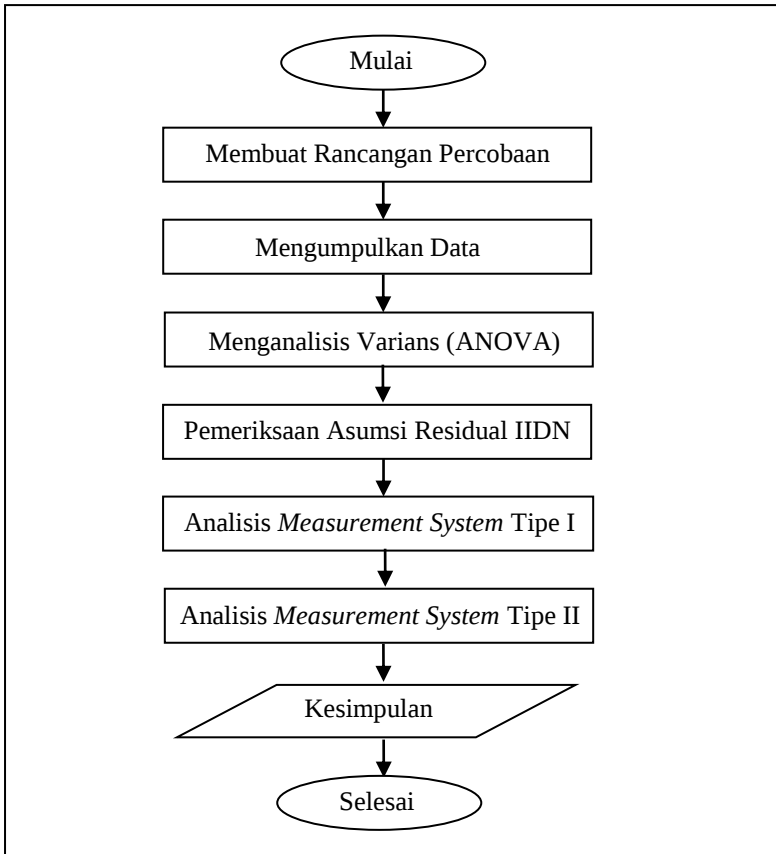
Inspektor	Ulangan	<i>Air Pressure</i>		
		Level 1 (TL 150)	Level 2 (TL 200)	Level 3 (TL 275)
1	1	y_{111}	y_{121}	y_{131}
	2	y_{112}	y_{122}	y_{132}
	:	:	:	:
	10	y_{1110}	y_{1210}	y_{1310}
2	1	y_{211}	y_{221}	y_{231}
	2	y_{212}	y_{222}	y_{232}
	:	:	:	:
	10	y_{2110}	y_{2210}	y_{2310}
3	1	y_{311}	y_{321}	y_{331}
	2	y_{312}	y_{322}	y_{332}
	:	:	:	:
	10	y_{3110}	y_{3210}	y_{3310}

3.3 Langkah Penelitian

Langkah-langkah analisis dalam penelitian adalah.

1. Membuat rancangan percobaan.
2. Mengumpulkan data pengukuran *bursting strength* menggunakan alat ukur *bursting strength tester*.
3. Menganalisis varians (ANOVA).
4. Pemeriksaan asumsi residual IIDN.
5. Menganalisis *measurement system* tipe I.
6. Menganalisis *measurement system* tipe II.
7. Menarik kesimpulan.

Diagarm alir penelitian yang merupakan gambaran dari langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas *Analysis of Variance*, pemeriksaan asumsi residual IIDN, dan *Measurement System Analysis Repeatability* dan *Reproducibility* (*gauge R&R*) dari hasil pengukuran *bursting strength* dimana alat yang digunakan adalah *bursting strength tester* dan produk yang digunakan yaitu *Test Liner*. Data diambil di bagian *Quality Control* Departemen Produksi PT. Mekabox International hasil produksi pada periode Februari 2018. Analisis dan pembahasan pada masing-masing analisis dijelaskan sebagai berikut.

4.1 Pengaruh Inspektor, Air Pressure, dan Interaksi terhadap Hasil Pengukuran *Bursting Strength*

Pengukuran *bursting strength* diduga dipengaruhi oleh faktor inspektor dan *air pressure* yang diberikan pada kertas *Test Liner*. Berikut dijelaskan pengaruh dari kedua faktor tersebut dan interaksinya terhadap hasil pengukuran *bursting strength*.

4.1.1 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Data pengukuran pada Lampiran 1 dapat dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) yang digunakan untuk menghitung nilai *gauge R&R* dan untuk mengetahui perbedaan rata-rata serta pengaruh dari dua faktor yang diujikan, yaitu faktor inspektor dan faktor *air pressure* terhadap hasil pengukuran *bursting strength*. Hasil *Analysis of Variance* menggunakan hipotesis pada subbab 2.2 dan *output* komputer pada Lampiran 2 dirangkum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Analysis of Variance* Hasil Pengukuran *Bursting Strength*

Source	DF	SS	MS	F	P-value
Inspektor	2	0,015	0,008	7,650	0,001
<i>Air Pressure</i>	2	61,329	30,665	30.691,150	0,000
Interaksi	4	0,016	0,004	3,910	0,006
Error	81	0,081	0,001		
Total	89	61,441			

Tabel 4.1 menunjukkan nilai F_{hit} inspektor lebih besar dari nilai F_{tabel} (Lampiran 6) dimana $F_{(0,05;2;81)}$ sebesar 3,109 serta P-value lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ yang berarti bahwa minimal terdapat satu inspektor yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran *bursting strength*.

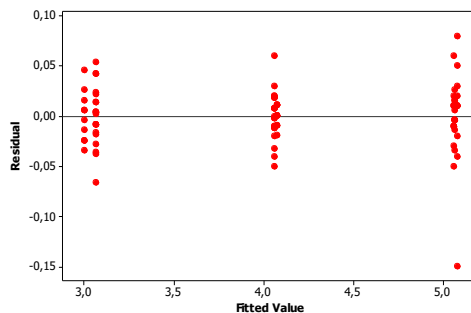
Nilai F_{hit} *air pressure* lebih besar dari $F_{(0,05;2;81)}$ dan P-value lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ artinya minimal terdapat satu *air pressure* yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran *bursting strength*.

Nilai F_{hit} interaksi lebih besar dari nilai F_{tabel} (Lampiran 6) dimana $F_{(0,05;4;81)}$ yaitu 2,484 dan nilai P-value lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ hal ini berarti bahwa minimal terdapat satu interaksi antara inspektor dan *air pressure* yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran *bursting strength*.

Inspektor, *air pressure* dan interaksi antara inspektor dan *air pressure* berpengaruh signifikan terhadap sistem pengukuran *bursting strength* sehingga didapatkan hasil pengukuran yang berbeda. Untuk mengetahui inspektor, *air pressure* dan interaksi mana saja yang memberikan hasil pengukuran berbeda terhadap pengukuran *bursting strength* dijelaskan pada sub subbab 4.1.3.

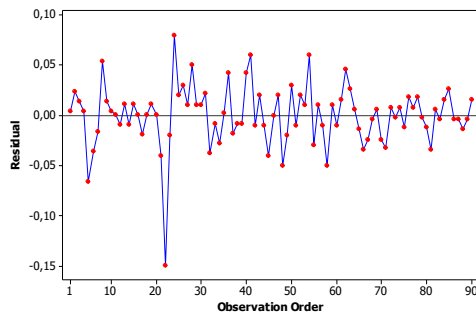
4.1.2 Asumsi Residual Identik, Independen, dan Distribusi Normal (IIDN)

Asumsi yang mendasari ANOVA adalah residual identik, independen, dan mengikuti fungsi distribusi normal.



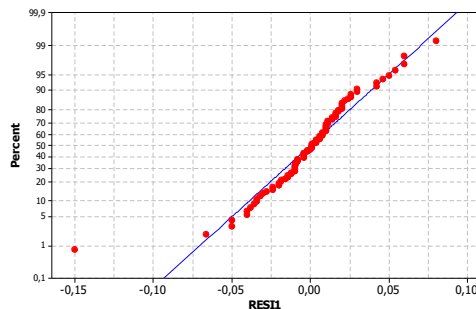
Gambar 4.1 Plot antara Residual dengan Nilai Taksiran Hasil Pengukuran

Gambar 4.1 menunjukkan plot residual tidak membentuk corong, hal ini berarti bahwa asumsi identik telah terpenuhi. Selain itu, untuk menguji residual identik dapat dilakukan menggunakan uji *Glejser* pada Persamaan 2.8 diperoleh nilai F_{hit} sebesar 0,48 (Lampiran 3), nilai tersebut lebih kecil dari nilai $F_{(0,05;1;88)}$ sebesar 3,949 (Lampiran 6), sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi identik telah terpenuhi.



Gambar 4.2 Plot antara Residual dengan Urutan Observasi Hasil Pengukuran

Plot versus time order terlihat bahwa plot residual tidak membentuk pola tertentu (Gambar 4.2), sehingga secara visual residual telah memenuhi asumsi independen.



Gambar 4.3 Plot Probabilitas Normal Hasil Pengukuran

Plot probabilitas normal pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa residual mendekati garis linier, maka dikatakan bahwa residual berdistribusi normal. Selain itu juga dapat diuji

menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* berdasarkan Persamaan 2.9 dan didapatkan nilai sebesar 0,103 (Lampiran 4), nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai tabel *Kolmogorov-Smirnov* yaitu 0,143 (Lampiran 5) maka H_0 gagal tolak, artinya residual berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, didapatkan bahwa asumsi residual IIDN telah terpenuhi, sehingga data dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode MSA R&R.

4.1.3 Uji Perbedaan Rata-Rata untuk Inspektor, Air Pressure dan Interaksi

Hasil ANOVA menunjukkan terdapat pengaruh yang signifikan dari inspektor, *air pressure* dan interaksi sehingga perlu dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji Tukey menggunakan perumusan hipotesis pada subbab 2.4 untuk mengetahui inspektor, *air pressure* dan interaksi mana saja yang berbeda. Statistik uji Tukey pada Lampiran 9 dihitung menggunakan Persamaan 2.10 dirangkum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbedaan Masing-Masing Uji Statistik

Perbandingan Rata-Rata	Statistik Uji	T_α	Keputusan
Insp 1 vs Insp 2	0,347	0,0425	Tolak H_0
Insp 1 vs Insp 3	0,032		Gagal Tolak H_0
Insp 2 vs Insp 3	0,379		Tolak H_0
AP 1 vs AP 2	1,021		Tolak H_0
AP 1 vs AP 2	2,022		Tolak H_0
AP 2 vs AP 3	1,001		Tolak H_0
Insp 1 AP 1 vs Insp 2 AP 1	0,002		Gagal Tolak H_0
Insp 1 AP 1 vs Insp 3 AP 1	0,022		Gagal Tolak H_0
Insp 2 AP 1 vs Insp 3 AP 1	0,064		Gagal Tolak H_0
Insp 1 AP 2 vs Insp 2 AP 2	0,019		Gagal Tolak H_0
Insp 1 AP 2 vs Insp 3 AP 2	0,017		Gagal Tolak H_0
Insp 2 AP 2 vs Insp 3 AP 2	0,002		Gagal Tolak H_0
Insp 1 AP 3 vs Insp 2 AP 3	0,02		Gagal Tolak H_0
Insp 1 AP 3 vs Insp 3 AP 3	0,016		Gagal Tolak H_0
Insp 2 AP 3 vs Insp 3 AP 3	0,004		Gagal Tolak H_0

Keterangan : Insp = Inspektor, AP = Air Pressure

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa inspektor 1 dan 2 serta inspektor 2 dan 3 dalam melakukan pengukuran *bursting strength* menggunakan ketiga level *air pressure* memberikan hasil yang berbeda signifikan, sedangkan inspektor 1 dan 3 memberikan hasil pengukuran yang tidak berbeda signifikan.

Ketiga *air pressure* dalam pengukuran memberikan hasil pengukuran yang berbeda, baik pada *air pressure* 1 dan 2, 1 dan 3 serta *air pressure* 2 dan 3. Sedangkan untuk interaksi masing-masing inspektor dalam mengukur *bursting strength* menggunakan masing-masing *air pressure* tidak memberikan perbedaan dalam melakukan pengukuran.

4.2 Measurement System Analysis (MSA)

Measurement System Analysis merupakan metode yang digunakan untuk memvalidasi suatu sistem pengukuran, apakah sistem pengukuran telah mampu mengukur secara presisi dan akurat. Validasi dilakukan terhadap alat ukur yaitu *bursting strength tester* apakah sudah sesuai (*acceptable*) untuk mengukur *bursting strength* yang dihasilkan. Selain itu, validasi juga dilakukan terhadap inspektor yang mengoperasikan alat ukur, apakah telah mampu memberikan hasil pengukuran yang sesuai (*acceptable*). Dalam tahap ini juga dapat diketahui kapabilitas proses dari suatu sistem pengukuran. Sebuah sistem pengukuran dikatakan *acceptable* apabila alat ukur mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten (*reproducibility*) dan operator yang sama mampu menghasilkan pengukuran dengan variasi rendah dalam beberapa kali pengulangan (*repeatability*). MSA ini dilakukan dengan dua cara pendekatan sistem pengukuran yaitu MSA tipe I dan MSA tipe II.

4.2.1 MSA Tipe I

MSA tipe I digunakan untuk mengevaluasi kapabilitas dari proses pengukuran, dimana analisis ini mengevaluasi dengan cara mengombinasikan pengaruh dari bias dan *repeatability* pada pengukuran *bursting strength*. Bias disebut juga sebagai akurasi,

yaitu ukuran jarak antara nilai rata-rata pengukuran dengan nilai standar, sehingga analisis ini diperlukan nilai *reference* atau spesifikasi nilai target yang telah ditentukan dari masing-masing *air pressure*. MSA tipe I berdasarkan Lampiran 7 dihitung menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12 yang hasilnya dirangkum pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 MSA Tipe I berdasarkan Jenis *Air Pressure*

	<i>Air Pressure</i>		
	1	2	3
<i>Cg</i>	0,07	0,12	0,07
<i>Cgk</i>	-1,04	-0,42	-0,25
P-value	0,000	0,000	0,000
<i>Tolerance</i> (%)	0,08	0,08	0,08
<i>Reference</i> (%)	2,91	4,03	5,03

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan MSA tipe I yang ada pada Lampiran 7. Nilai *Cg* dan *Cgk* untuk masing-masing pengamatan bervariasi, hal ini dikarenakan nilai *reference* dari setiap variabel pengamatan berbeda. Nilai toleransi yang dipengaruhi oleh varians sistem pengukuran dilihat dari besar *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 kurang dari 1,33. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa variasi sistem pengukuran setiap variabel pengamatan cukup besar jika dibandingkan dengan *range* dari toleransi.

Bias pengukuran ditunjukkan oleh besarnya P-value dari ketiga pengamatan tersebut yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$. Artinya, terdapat perbedaan antara rata-rata dari seluruh pengukuran dengan nilai standar *bursting strength* yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Hasil nilai *Cg* dan *Cgk* serta bias ketiga pengamatan menunjukkan bahwa sistem pengukuran oleh inspektor belum mampu mengukur *bursting strength* secara konsisten, hal ini terjadi bukan karena kesalahan inspektor dalam melakukan pengukuran, namun karena toleransi spesifikasi perusahaan

sangat kecil sehingga menyebabkan MSA tipe I menghasilkan kesimpulan bahwa inspektor tidak konsisten dalam mengukur *bursting strength*.

4.2.2 MSA Tipe II

Measurement System Analysis Tipe II digunakan untuk menentukan apakah sistem pengukuran tersebut telah kapabel dan mendapatkan *error* variasi yang dihasilkan dari pengukuran tersebut. Analisis ini memberikan nilai perbandingan antara varian dari sistem pengukuran dengan total varians proses atau dengan *tolerance value*. Pada penelitian ini, ukuran yang digunakan untuk mengambil kesimpulan mengenai kondisi *measurement system* adalah metode ANOVA dan *Number of Distinct Categories* (*ndc*). Berikut ini merupakan hasil analisis MSA Tipe II (*Gauge R&R*) menggunakan metode ANOVA.

Subbab 4.1 didapatkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap hasil sistem pengukuran adalah inspektor, *air pressure*, dan interaksi antara inspektor dan *air pressure*. Analisis sistem pengukuran dilanjutkan dengan melihat nilai komponen *Gauge R&R* menggunakan Persamaan 2.13 sampai 2.25 dan didapatkan hasil analisis pada Lampiran 8 dirangkum pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 MSA Tipe II pada Hasil Pengukuran *Bursting Strength*

<i>Source</i>	<i>%Contribution</i>	<i>%StudyVar</i>
<i>Total Gage R&R</i>	0,14	3,72
<i>Repeatability</i>	0,10	3,12
<i>Reproducibility</i>	0,04	2,01
Inspektor	0,01	1,10
Inspektor* <i>Air Pressure</i>	0,03	1,68
<i>Part to Part</i>	99,86	99,93
<i>Total Variation</i>	100	100
<i>Number of Distinc Categories = 37</i>		

Tabel 4.4 menunjukkan ukuran yang digunakan untuk melihat kondisi *measurement system* (ditunjukkan pada angka yang dicetak tebal). Nilai *percent study varians* merupakan

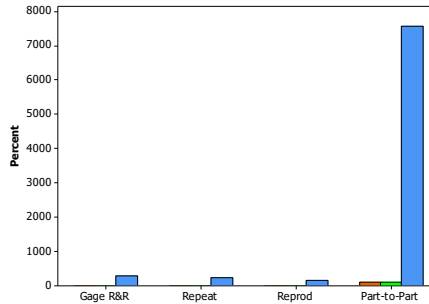
perbandingan variasi pengukuran terhadap total variasi proses yang digunakan untuk mengetahui ukuran seberapa baik suatu sistem pengukuran. *Percent study varians total Gauge R&R* yang diperoleh dari Persamaan 2.24 adalah 3,72%. Nilai *percent study varians* tersebut kurang dari sama dengan 10%, sehingga sistem pengukuran *bursting strength* dikatakan *acceptable*. Jika dilihat dari *percent contribution variation Gauge R&R* didapatkan hasil sebesar 0,14%, nilai tersebut kurang dari sama dengan 1% sehingga sistem pengukuran dikatakan *acceptable*. Berdasarkan Persamaan 2.18 *error* variasi pengukuran yang dihasilkan dari inspektor sebesar 1,10%. *Error* yang disebabkan oleh interaksi antara *air pressure* dan inspektor kecil karena kurang dari 10%, yakni sebesar 1,68%. *Error* yang disebabkan oleh *repeatability* dari Persamaan 2.15 yaitu 3,12%, sehingga varian dari pengukuran yang dilakukan oleh inspektor yang sama dan *air pressure* yang sama tidak terlalu mempengaruhi sistem pengukuran (*measurement system*).

Evaluasi sistem pengukuran selanjutnya menggunakan *number of distinct categories* atau *ndc* yang menunjukkan rentang dari varian alat ukur. Berdasarkan Persamaan 2.26 didapatkan *number of distinct categories* sebesar 37, dimana nilai tersebut lebih besar dari 5 yang menunjukkan bahwa sistem pengukuran pada variabel *bursting strength* mempunyai resolusi yang cukup tinggi dalam membedakan perbedaan antar *air pressure*, sehingga dapat dikatakan sistem pengukuran pada variabel *bursting strength* telah *acceptable*.

Measurement System Analysis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kedekatan proses dari alat ukur dengan spesifikasi yang ditentukan. Berdasarkan tujuan tersebut maka digunakan ketiga ukuran dalam mengambil keputusan. Hasil ketiga ukuran tersebut menyatakan bahwa sistem pengukuran *bursting strength* telah kapabel artinya sistem pengukuran yang dilakukan telah akurat dan presisi.

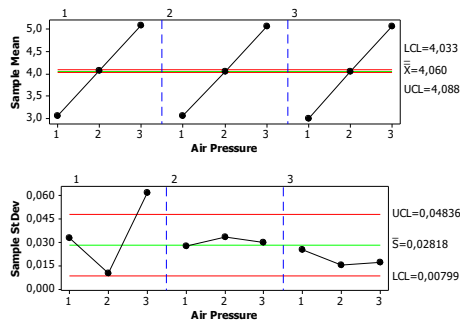
Measurement System Analysis juga dapat dilihat melalui gambaran visual dari *Gauge R&R* (metode ANOVA). Secara

visual dapat dilihat dari komponen variasi (Gambar 4.4), peta $\bar{x} - s$ (Gambar 4.5) dan grafik dari masing-masing faktor ANOVA yaitu faktor *air pressure* (Gambar 4.6), faktor inspektor (Gambar 4.7), dan interaksi antara kedua faktor (Gambar 4.8).



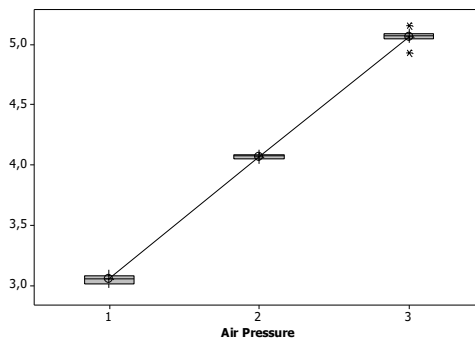
Gambar 4.4 Komponen Variasi

Sistem pengukuran dikatakan baik apabila *percent study varians* (*barchart* warna hijau) dan *contribution* (*barchart* warna coklat) dari komponen *part-to-part* (*barchart* warna biru) lebih besar dibandingkan komponen lainnya, dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa variasi *part-to-part* lebih tinggi di antara komponen *Gauge R&R*, *repeatability*, dan *reproducibility*. Hal ini disebabkan karena variasi dari *variens Gauge R&R*, *repeatability* dan *reproducibility* kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa *measurement system acceptable*.



Gambar 4.5 Peta $\bar{x} - s$

Grafik *S-chart* (gambar bawah) yang ditunjukkan Gambar 4.5 terlihat bahwa pengukuran yang dihasilkan oleh inspektur 2 dan 3 telah berada dalam batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa inspektur 2 dan 3 telah mampu menghasilkan sistem pengukuran *bursting strength* yang terkendali secara statistik, sedangkan hasil pengukuran inspektur 1 terdapat titik yang keluar dari batas kendali artinya variasi pengukuran yang dilakukan oleh inspektur 1 mempunyai variasi yang cukup tinggi sehingga hasil pengukuran kurang konsisten. Kemudian pada *X-bar Chart* (atas) dapat dilihat bahwa banyak titik yang berada di luar batas kendali, hal ini mengindikasikan bahwa varian *part-to-part* lebih besar dibandingkan variasi sistem pengukuran (*repeatability*).

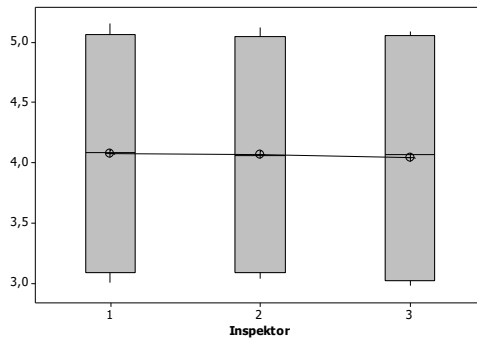


Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Berdasarkan Air Pressure

Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pengukuran yang dihasilkan dari *air pressure* level 1, 2, dan 3 memiliki hasil yang berbeda. Garis yang menghubungkan antara rata-rata pengukuran *air pressure* level 1, 2, dan 3 tidak membentuk garis horizontal. Hal ini menunjukkan ada perbedaan yang signifikan dari hasil pengukuran *bursting strength* ketiga *air pressure* tersebut. *Air pressure* level 1 memiliki rata-rata hasil pengukuran yang paling rendah di antara yang lainnya yakni 3,046%, hal ini disebabkan oleh standar *setting bursting strength air pressure* level 1 juga paling rendah di antara *air pressure* lainnya, yakni $2,91 \pm 0,04\%$,

sehingga hasil pengukuran *bursting strength* yang dihasilkan juga paling rendah. *Air pressure* level 3 memiliki variasi pengukuran yang besar karena terdapat hasil pengukuran *outlier*.

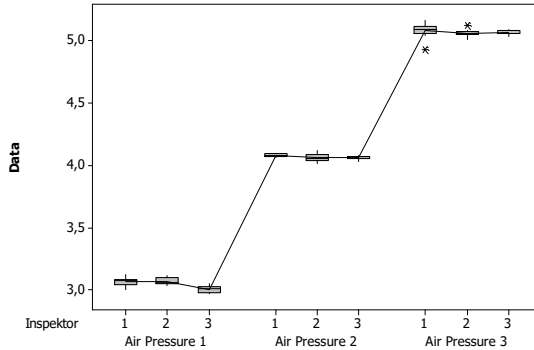
Rata-rata pengukuran yang dihasilkan oleh *air pressure* level 2 sebesar 4,067% dan *air pressure* level 3 sebesar 5,068%. *Air pressure* level 2 dan level 3 memiliki hasil pengukuran yang sangat baik karena rata-rata pengukuran *bursting strength* sangat dekat dengan standard *setting* yakni 4,03 untuk *air pressure* level 2 dan 5,03 untuk *air pressure* level 3. Selain itu, grafik pada Gambar 4.6 juga menunjukkan bahwa rentang pengukuran tidak lebar, sehingga pengukuran konsisten mendekati standar *setting bursting strength* pada ketiga level *air pressure*.



Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Berdasarkan Inspektor

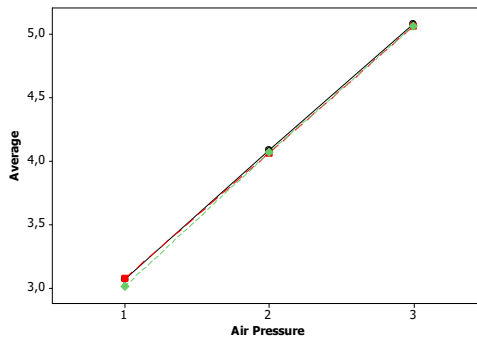
Gambar 4.7 menunjukkan rata-rata hasil pengukuran oleh ketiga inspektor dalam mengukur *bursting strength* pada *air pressure* level 1, 2, dan 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa garis yang menghubungkan rata-rata pengukuran ketiga inspektor membentuk garis lurus yang segaris, sehingga antar inspektor menghasilkan hasil pengukuran yang tidak jauh berbeda. Serta tidak adanya pengamatan *outlier* yang dihasilkan oleh ketiga inspektor. Secara keseluruhan ketiga inspektor telah mampu mengukur *bursting strength* dengan baik.

Pengukuran *bursting strength* setiap *air pressure* yang dilakukan oleh masing-masing inspektor ditunjukkan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Hasil Pengukuran Inspektor pada Masing-Masing Air Pressure

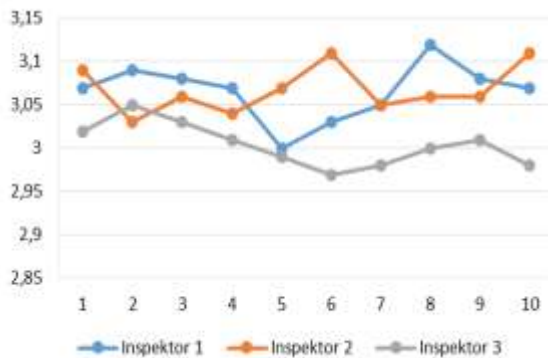
Inspektor 1, 2, dan 3 dalam melakukan pengukuran *bursting strength* pada ketiga level *air pressure* memberikan rata-rata hasil pengukuran yang tidak jauh berbeda, akan tetapi pada *air pressure* level 3 terdapat hasil pengukuran yang *outlier* oleh inspektor 1 dan 2. Sehingga perlu adanya evaluasi kepada inspektor 1 dan 2 dalam mengukur *bursting strength* pada *air pressure* level 3.



Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Berdasarkan Interaksi

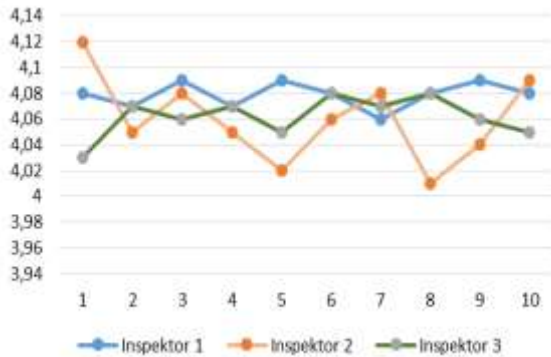
Gambar 4.9 merupakan grafik yang memperjelas hasil pengukuran masing-masing inspektor terhadap masing-masing *air pressure*. Garis berwarna hitam merupakan rata-rata pengukuran oleh inspektor 1. Garis berwarna merah merupakan inspektor 2, dan garis berwarna hijau merupakan inspektor 3. Sumbu vertikal menunjukkan hasil rata-rata pengukuran yang dilakukan oleh setiap inspektor pada masing-masing *air pressure* pada *bursting strength tester*. Sumbu horizontal menunjukkan *air pressure* yang diukur oleh setiap inspektor, terdapat 3 *air pressure* yang diukur oleh masing-masing inspektor. Masing-masing garis saling tumpang tindih antara inspektor 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa secara visual seluruh inspektor memiliki teknik yang sama dalam menggunakan alat *bursting strength tester* pada ketiga level *air pressure* sehingga rata-rata hasil pengukuran yang dihasilkan oleh ketiga inspektor tidak jauh berbeda.

Hasil pengukuran *bursting strength* masing-masing inspektor untuk setiap *air pressure* ditunjukkan pada Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 sebagai berikut.



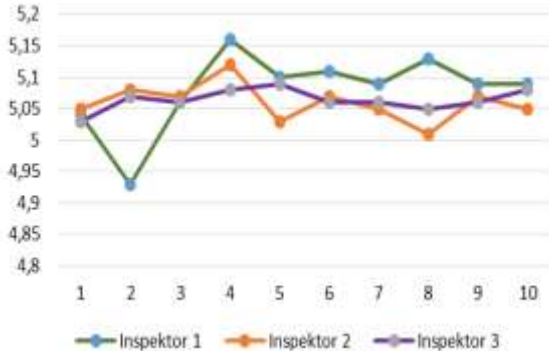
Gambar 4.10 Hasil Pengukuran *Bursting Strength* pada *Air pressure* Level 1

Hasil pengukuran *bursting strength* pada *air pressure* level 1 oleh ketiga inspektor saling tumpang tindih (Gambar 4.10) sehingga dapat dikatakan hasil pengukuran ketiga operator tidak jauh berbeda, akan tetapi masih terdapat pengukuran yang melebihi dari batas spesifikasi atas.



Gambar 4.11 Hasil Pengukuran *Bursting Strength* pada Air pressure Level 2

Gambar 4.11 menunjukkan pengamatan *bursting strength* yang dilakukan oleh ketiga inspektor saling tumpang tindih, hal ini berarti bahwa hasil pengukuran ketiga operator tidak jauh berbeda, akan tetapi masih terdapat pengukuran yang lebih dari batas spesifikasi atas.



Gambar 4.12 Hasil Pengukuran *Bursting Strength* pada Air pressure Level 3

Pengamatan *bursting strength* yang dilakukan oleh ketiga inspektor saling tumpang tindih (Gambar 4.12), hal ini berarti bahwa hasil pengukuran ketiga operator tidak jauh berbeda, akan tetapi masih banyak pengukuran yang lebih dari batas spesifikasi atas perusahaan.

Berdasarkan Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 secara visual dapat dikatakan bahwa ketiga operator dalam mengukur *bursting strength* pada masing-masing *air pressure* telah memberikan hasil pengukuran yang tidak jauh berbeda, walaupun demikian masih banyak pengukuran dari ketiga operator yang keluar dari batas spesifikasi atas perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu evaluasi kepada ketiga operator agar lebih memperhatikan spesifikasi perusahaan dalam melakukan pengukuran.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari analisis dan pembahasan terhadap sistem pengukuran *bursting strength* adalah sebagai berikut.

1. Untuk membandingkan dua inspektor dalam melakukan pengukuran *bursting strength* dengan tiga level *air pressure* memberikan hasil bahwa antara inspektor 1 dan 2 serta inspektor 2 dan 3 memberikan hasil pengukuran yang berbeda signifikan, akan tetapi untuk inspektor 1 dan 3 tidak ada perbedaan signifikan dalam melakukan pengukuran *bursting strength*.
2. *Gauge R&R* menghasilkan kesimpulan bahwa *measurement system* produk kertas *Test Liner* di *Quality Control* Departemen Produksi PT. Mekabox International telah *acceptable*, artinya alat ukur *bursting strength tester*, inspektor dan cara pengukuran yang dilakukan sudah baik.

5.2 Saran

Hasil analisis dan pembahasan diketahui bahwa sistem pengukuran *bursting strength* telah *acceptable*, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. PT. Mekabox International perlu menaikkan toleransi dari spesifikasi *bursting strength*, karena toleransi spesifikasi yang sangat kecil menyebabkan ketiga inspektor belum mampu mengukur *bursting strength* secara konsisten dan akurat.
2. Selain menggunakan metode ANOVA dan *Number of Distinct Categories* (*ndc*), penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan ukuran lain dalam menentukan kondisi *measurement system*, yaitu *Precision to Tolerance ratio* (*P/T ratio*), *Signal to Noise Ratio* (*SNR*), dan *Discrimination Ratio* (*DR*) agar didapatkan keputusan yang lebih akurat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Akbar, A., Akram, M., & Ullah, M.A. (2012). *Measurement System Analysis for Yarn Strength Spinning Processes*. International Research Journal of Finance and Economics , 131-141.
- Automotive Industry Action Group (AIAG).(2010). *Measurement Systems Analysis Reference Manual, 4rd edition*. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force.
- Budiantono, Sigit (2016). *Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R) pada alat Vickers Hardness Tester di PT. Jaykay Files Indonesia*. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS.
- Daniel, W.W. (1989). *Statistika Nonparametrik Untuk Ilmu Sosial*. Jakarta: Gramedia.
- Dewi, N.S. (2013). *Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R) Studi Kasus: PT. Gaya Motor (Astra Group)*. Surabaya: Jurusan Statistika ITS.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basics Econometrics Fifth Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc
- Joglekar, A. M. (2003). *Statistical Methods for Six Sigma in R&D and Manufacturing*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Louka, G. A., & Besseris, G. J. (2010). *Gauge R&R For An Optical Micrometer Industrial Type Machine*. *International Journal for Quality research*.
- Mekabox International. (2017). *Company Profile Mekabox International*. Mojokerto : PT. Mekabox International
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.,
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments Eighth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.,

- Pan, Jeh-Nan. (2004). Determination of The Optimal Allocation of Parameters for Gauge Repeatability and Reproducibility Study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 21, No.6, 672-682.
- Roth, T. (2013). *Working with The Quality Tool Package*. <http://www.r-qualitytools.org>. Diakses pada 17 Desember 2017.
- Woodall, W. H, & Borror, C. M. (2008). *Some Relationship Between Gage R&R Criteria*. *Qual. Reliab. Engng. Int.*, 24:99–106.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran *Bursting Strength* pada Produk *Test Liner* Periode Bulan Februari 2018

Inspektor	Ulangan	TL 150	TL 200	TL 275
1	1	3,07	4,08	5,04
	2	3,09	4,07	4,93
	3	3,08	4,09	5,06
	4	3,07	4,07	5,16
	5	3,00	4,09	5,10
	6	3,03	4,08	5,11
	7	3,05	4,06	5,09
	8	3,12	4,08	5,13
	9	3,08	4,09	5,09
	10	3,07	4,08	5,09
2	1	3,09	4,12	5,05
	2	3,03	4,05	5,08
	3	3,06	4,08	5,07
	4	3,04	4,05	5,12
	5	3,07	4,02	5,03
	6	3,11	4,06	5,07
	7	3,05	4,08	5,05
	8	3,06	4,01	5,01
	9	3,06	4,04	5,07
	10	3,11	4,09	5,05
3	1	3,02	4,03	5,03
	2	3,05	4,07	5,07
	3	3,03	4,06	5,06
	4	3,01	4,07	5,08

Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran *Bursting Strength* pada Produk *Test Liner* Periode Bulan Februari 2018 (Lanjutan)

Inspektor	Ulangan	TL 150	TL 200	TL 275
3	5	2,99	4,05	5,09
	6	2,97	4,08	5,06
	7	2,98	4,07	5,06
	8	3,00	4,08	5,05
	9	3,01	4,06	5,06
	10	2,98	4,05	5,08

Lampiran 2. Hasil *Analysis of Variance*

Two-way ANOVA: Bursting Strength versus Inspektor; Air Pressure

Source	DF	SS	MS	F	P
Inspektor	2	0,0153	0,0076	7,65	0,001
Air Pressure	2	61,3293	30,6646	30691,15	0,000
Interaction	4	0,0156	0,0039	3,91	0,006
Error	81	0,0809	0,0010		
Total	89	61,4411			

S = 0,03161 R-Sq = 99,87% R-Sq(adj) = 99,86%

Lampiran 3. Output Hasil Pengujian Asumsi Identik (Uji Glejer)**Regression Analysis: abs res1 versus y topi**

The regression equation is

$$\text{abs res1} = 0,0130 + 0,00192 \text{ y topi}$$

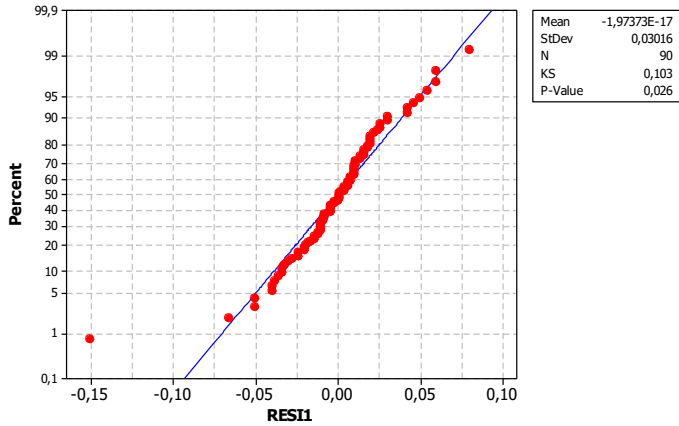
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,01302	0,01151	1,13	0,261
y topi	0,001921	0,002778	0,69	0,491

S = 0,0217639 R-Sq = 0,5% R-Sq(adj) = 0,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0002265	0,0002265	0,48	0,491
Residual Error	88	0,0416827	0,0004737		
Total	89	0,0419092			

Lampiran 4. *Output Hasil Pengujian Asumsi Distribusi Normal (Uji Kolmogorov Smirnov)*



Lampiran 5. Tabel *Kolmogorov Smirnov*

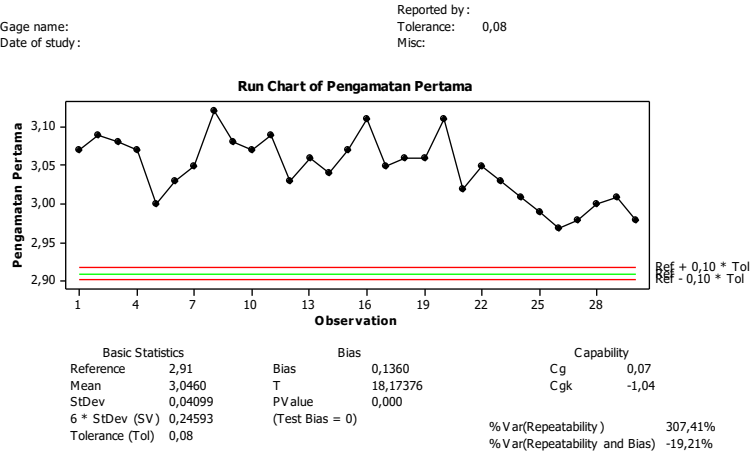
n	Uji Satu Sisi				
	p=0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
	Uji Dua Sisi				
	p=0,80	0,9	0,95	0,98	0,99
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
90	0,113	0,129	0,143	0,160	0,172
91	0,112	0,128	0,143	0,159	0,171
92	0,112	0,127	0,142	0,158	0,170

Lampiran 6. Tabel Distribusi F

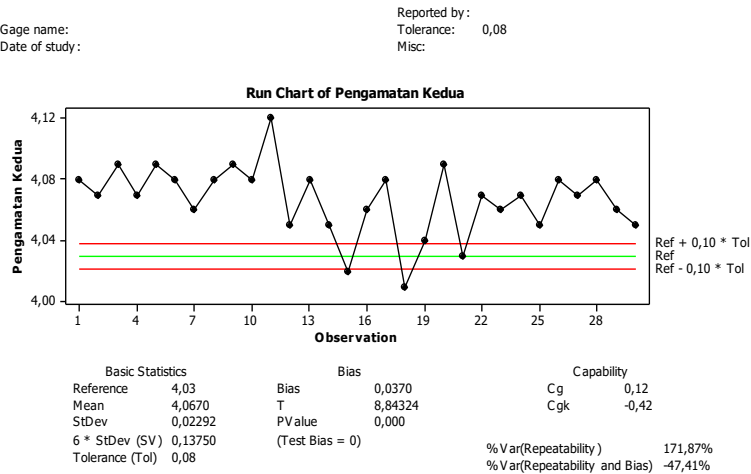
α	v_2	v_1				
		1	2	3	4	5
0,05	1	161,448	199,500	215,707	224,583	230,162
	2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296
	:	:	:	:	:	
	:	:	:	:	:	
	81	3,959	3,109	2,717	2,484	2,327
	82	3,957	3,108	2,716	2,483	2,326
	83	3,956	3,107	2,715	2,482	2,324
	84	3,955	3,105	2,713	2,480	2,323
	85	3,953	3,104	2,712	2,479	2,322
	86	3,952	3,103	2,711	2,478	2,321
	87	3,951	3,101	2,709	2,476	2,319
	88	3,949	3,100	2,708	2,475	2,318

Lampiran 7. Hasil Analisis MSA Tipe I

Type 1 Gage Study for Pengamatan Pertama



Type 1 Gage Study for Pengamatan Kedua

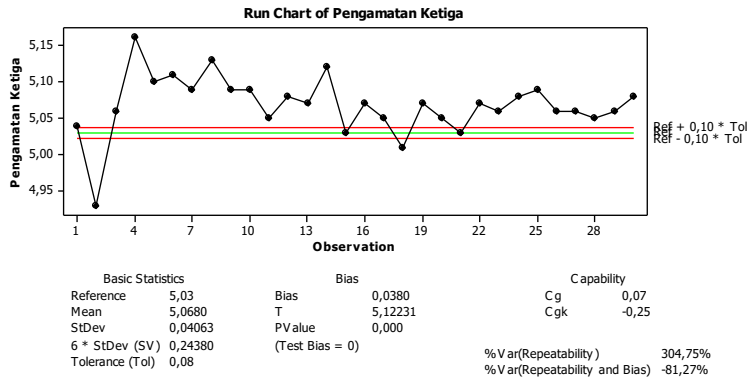


Lampiran 7. Hasil Analisis MSA Tipe I (Lanjutan)

Type 1 Gage Study for Pengamatan Ketiga

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance: 0,08
Misc:



Lampiran 8. Hasil Analisis MSA Tipe II

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,00141	0,14
Repeatability	0,00100	0,10
Reproducibility	0,00042	0,04
Inspektor	0,00012	0,01
Inspektor*Air Pressure	0,00029	0,03
Part-To-Part	1,02202	99,86
Total Variation	1,02344	100,00
Process tolerance = 0,08		

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,03761	0,22564	3,72	282,05
Repeatability	0,03161	0,18965	3,12	237,07
Reproducibility	0,02037	0,12224	2,01	152,80
Inspektor	0,01117	0,06699	1,10	83,74
Inspektor*Air Pressure	0,01704	0,10225	1,68	127,81
Part-To-Part	1,01095	6,06571	99,93	7582,14
Total Variation	1,01165	6,06991	100,00	7587,39

Number of Distinct Categories = 37	
------------------------------------	--

Lampiran 9. Output Tukey's Test

Rata-rata pengukuran masing-masing inspektor

$ \mu_i - \mu_j $	μ_1 (Insp 1)	μ_2 (Insp 2)	μ_3 (Insp 3)
μ_1 (Insp 1)	0		
μ_2 (Insp 2)	0,347	0	
μ_3 (Insp 3)	0,032	0,379	0

Selisih Rata-rata pengukuran masing-masing *air pressure*

$ \mu_i - \mu_j $	μ_1 (AP 1)	μ_2 (AP 2)	μ_3 (AP 3)
μ_1 (AP 1)	0		
μ_2 (AP 2)	1,021	0	
μ_3 (AP 3)	2,022	1,001	0

Selisih rata-rata pengukuran interaksi antara *air pressure* 1 dengan masing-masing inspektor

$ \mu_i - \mu_j $	μ_1 (Insp 1 AP1)	μ_2 (Insp 2 AP1)	μ_3 (Insp 3 AP1)
μ_1 (Insp 1 AP 1)	0		
μ_2 (Insp 2 AP 1)	0,002	0	
μ_3 (Insp 3 AP 1)	0,022	0,064	0

Lampiran 9. Output Tukey's Test (Lanjutan)

Selisih rata-rata pengukuran interaksi antara *air pressure* 2 dan masing-masing inspektor

$ \mu_i - \mu_j $	μ_1 (Insp 1 AP2)	μ_2 (Insp 2 AP2)	μ_3 (Insp 3 AP 2)
μ_1 (Insp 1 AP 2)	0		
μ_2 (Insp 2 AP 2)	0,019	0	
μ_3 (Insp 3 AP 2)	0,017	0,002	0

Selisih rata-rata pengukuran interaksi antara *air pressure* 3 dan masing-masing inspektor

$ \mu_i - \mu_j $	μ_1 (Insp1 AP3)	μ_2 (Insp 2 AP3)	μ_3 (Insp 3 AP 3)
μ_1 (Insp 1 AP 3)	0		
μ_2 (Insp 2 AP 3)	0,02	0	
μ_3 (Insp 3 AP 3)	0,016	0,004	0

Perhitungan Nillai T_α

$$T_\alpha = q_\alpha(a, f) \sqrt{\frac{MS_E}{n}}$$

$$T_{0,05} = q_{0,05}(3,81) \sqrt{\frac{0,001}{10}}$$

$$T_{0,05} = 4,25 \times 0,01$$

$$T_{0,05} = 0,0425$$

Lampiran 10. Surat Izin Penelitian di PT. Mekabox International



PT. MEKABOX INTERNATIONAL

Dusun Seban Ds. Tanjanganro
Kec. Ngoro Kab. Mojokerto 61385, Indonesia
Telp. (+62) 321 - 6815788, 6815789 Fax. (+62) 321 - 6815799

Kepada : Kepala Fakultas Vokasi Departemen Statistika Bisnis
Perihal : Permohonan Ijin memperoleh Data Untuk Tugas Akhir

Dengan Hormat,

Berdasarkan Surat Nomor : 120709/IT2.VL8.6/TU.00.09/2017 Tanggal 13 Desember 2017 Perihal Permohonan Ijin Kerja Praktik kepada mahasiswa :

Nama :

1. Nadadana Firdaus Saputri (1313030111)

Program Studi : Program Profesi (D-III) Fakultas Vokasi Departemen Statistika Bisnis

Alamat : Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

Bersama ini kami sampaikan bahwa Mahasiswa tersebut di atas dapat kami Terima untuk Pengambilan Data dan Penelitian untuk Tugas Akhirnya Di PT.MEKABOX INTERNATIONAL mulai dari tanggal 18 Desember - 18 Februari 2017

Atas Perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.

Mojokerto, 13 Desember 2017
PT.MEKABOX INTERNATIONAL


PT. MEKABOX INTERNATIONAL
Agus Pradana Sucahyo
Manager HRD-GA

Lampiran 11. Surat Keterangan Perusahaan

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Departemen Statistika Bisnis FVOKASI-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Nadadana Firdaus Saputri

NRP : 10611500000111

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PT. Mekabox International

Divisi/Bagian : Quality Control Departemen Produksi

Bulan April 2017 untuk keperluan Tugas Akhir/Final Project Semester Genap 2016/2017.

2. Tidak Keberatan / Keberatan* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/Final Project mahasiswa Statistika Bisnis yang akan disimpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan / Keberatan* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E-journal yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Mojokerto, 28 April 2018

Manajemen Produksi


PT. MEKABOX INTERNATIONAL

(Eko Wahyudi, S.T.)

NIK. 1900196

*(Coret yang tidak perlu).

Lampiran 12. Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Volaksi ITS :

Nama : Nadadana Firdaus Saputri

NRP : 10611500000111

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data
primer yang diambil dari

Sumber : Bidang *Quality Control* Departemen Produksi PT. Mekabox
International

Keterangan : Data hasil pengukuran *bursting strength* produk *Test Liner*
periode bulan Februari 2018

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data,
maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Mei 2018

Mengetahui,
Manager Produksi


PT. MEKABOX INTERNATIONAL

(Eko Wahyudi, S.T)
NIK. 1500106

Yang Membuat
Pernyataan


(Nadadana Firdaus Saputri)
NRP. 10611500000111

Mengetahui,

Co Pembimbing Tugas Akhir



(Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si.)
NIP. 19910610 201504 2 001

Pembimbing Tugas Akhir



(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.)
NIP. 19610311 198701 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nadadana Firdaus Saputri, biasa dipanggil Nadadana. Penulis merupakan anak bungsu dari dua bersaudara yang lahir di Mojokerto pada tanggal 1 Mei 1997. Penulis telah menyelesaikan studi Sekolah Dasar di MI Miftahul Ulum Lengkong Mojokerto tahun 2009, SMP Negeri 9 Mojokerto tahun 2012, SMA Negeri 1 Puri Mojokerto tahun 2015, dan melanjutkan studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis ITS tahun 2015 NRP 10611500000111. Penulis adalah wanita yang memiliki motivasi tinggi untuk belajar, mudah beradaptasi, jujur dan bertanggung jawab. Selain itu, penulis mampu bekerja dengan baik dalam sebuah tim maupun sebagai individu dan dapat bekerja di bawah tekanan.

Penulis aktif mengikuti organisasi, pelatihan dan kepanitiaan selama masa perkuliahan. Organisasi yang diikuti oleh penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Diploma Statistika ITS sebagai staf Departemen Keilmiah dan Keprofesian periode 2016/2017 dan ketua biro karya ilmiah Departemen Keilmiah Periode 2017/2018. Penulis juga aktif dalam kegiatan sosial IECC “Rumah Perjuangan ITS”. Cukup banyak pelatihan dan kepanitiaan yang diikuti oleh penulis sehingga tidak bisa disebutkan satu per satu. Penulis memiliki motto dalam hidup yaitu *“Belajar dari Kesalahan, Bangkit dengan Kekuatan dan Keyakinan”*.

Informasi dan komunikasi lebih lanjut dengan penulis dapat menghubungi :

Email : nadadanafirdausa@gmail.com

ID Line : nadadana111

Instagram : @nadadanaa

Phone, WA : +6282141215910