



TUGAS AKHIR - SS145561

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS
PROSES PRODUKSI PEREKAT (LEM)
DI PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
NRP 1313 030 009

Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS
PROSES PRODUKSI PEREKAT (LEM)
DI PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

**EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
NRP 1313 030 009**

**Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SS 145561

**QUALITY CONTROL ANALYSIS OF ADHESIVES (GLUE)
PRODUCTION PROCESS IN PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

**EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
NRP 1313 030 009**

Supervisor

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS
PROSES PRODUKSI PEREKAT (LEM)
DI PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

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 :

EKA RAHMADINA WIDIYANTORO

NRP. 1313 030 009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

NIP. 19610311 198701 2 001

(.....)

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001



STATISTIKA SURABAYA, JUNI 2016

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS
PROSES PRODUKSI PEREKAT (LEM)
DI PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

Nama Mahasiswa : Eka Rahmadina Widiyantoro
NRP : 1313 030 009
Program : Diploma III
Jurusan : Statistika FMIPA ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni R., M.T

Abstrak

Pengendalian kualitas sangat penting digunakan dalam menjaga dan menentukan kualitas produk untuk menemukan faktor-faktor terduga yang menyebabkan kurang lancarnya fungsi dalam proses produksi. PT. Arjuna Utama Kimia (ARUKI) merupakan suatu perusahaan kimia di Rungkut, Surabaya dengan produk paling banyak diproduksi adalah jenis perekat (lem) untuk kayu lapis (plywood) tipe UL 170/172. Perekat (lem) jenis UL 170/172 memiliki dua karakteristik kualitas yang saling berhubungan (dependen) yakni Specific Gravity dan Non Volatile Content. Pemeriksaan kualitas yang dilakukan perusahaan hanya dianalisis secara kimia dan baru ditampilkan dengan statistik deskriptif. Oleh karena itu dilakukan analisis inferensia secara multivariat dengan peta kendali M dan T^2 Hotelling karena kedua variabel saling berhubungan satu sama lain. Dengan menggunakan peta kendali M untuk melihat variabilitas dan peta kendali T^2 Hotelling untuk melihat vektor rata-rata, diperoleh hasil pada fase I yang terkendali untuk vektor rata-rata dan variabilitasnya. Pada fase II juga menunjukkan hasil yang stabil dan terkendali. Namun, proses produksi yang berlangsung belum kapabel, karena MC_p dan MC_{pk} yang diperoleh kurang dari 1.

Kata Kunci : Kapabilitas Proses, Multivariat, Peta Kendali M , Peta Kendali T^2 Hotelling

**QUALITY CONTROL ANALYSIS OF ADHESIVES (GLUE)
PRODUCTION PROCESS IN
PT. ARJUNA UTAMA KIMIA**

Student Name : Eka Rahmadina Widiyantoro
NRP : 1313 030 009
Programme : Diploma III
Departement : Statistika FMIPA ITS
Academic Supervisor : Dra. Sri Mumpuni R., M.T

Abstract

Quality control is needed in producing a product and keep the quality of its product by finding expected factors which interrupt the production process. PT. Arjuna Utama Kimia (ARUKI) is one of a chemical company in Rungkut, Surabaya that produces adhesives (glue). Most products in production is adhesives (glue) for plywood type UL 170/172. This product is made from urea and formaldehyde with condensation polymer process. There are two quality characteristics used in this study, Specific Gravity and Non Volatile Content, when every quality characteristics is in between the specification limit, the product is good in quality. Besides, those two quality characteristics are dependently each other, therefore it should be analyzed by using multivariate analysis with T^2 Hotelling and M charts. The variability dan mean process production in first phase are in control using those control charts as in second phase, which is in control and stable. But the capability process using MC_p and MC_{pk} indicates that the process production is not capable because the value of are smaller than one.

Keywords : Capability Process, M Control Charts, Multivariate, T^2 Hotelling Control Charts

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Perekat (Lem) di PT. Arjuna Utama Kimia**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dengan sabar serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suhartono, M. Sc selaku Ketua Jurusan Statistika ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si 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 Dr. Muhammad Mashuri, M.T dan Bapak Dr. I Nyoman Latra, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Haryono, MSIE selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
6. Seluruh dosen Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Jurusan Statistika ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.

7. Bapak Eko Marsono selaku Kepala Departemen *Technical Advisor* yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di PT. Arjuna Utama Kimia.
8. Ibu Chusnul Suraidah dan Bapak Tri Budi Utomo selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan selama pengambilan data untuk Tugas Akhir.
9. Ayah tercinta Ir. Widiyantoro dan Ibu tersayang Ir. Anna Susanti atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga menjadi mudah dan dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Adik tersayang Devy Nikita Widiyantoro yang selalu menghibur dan meluangkan waktunya disaat penulis membutuhkan hiburan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
11. Sahabatku tercinta, Julia Permatasari, Al Velian Suci Hadi Widarwis, Dias Yuanela, Rosa Kartika yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan serta mendengarkan curahan hati penulis ketika penulis sedang dalam kondisi “*low motivation*” dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Sahabat terbaik selama kuliah, Raras Anasi, Ida Wahyuning Tyas, Yongky Choirul Anam, Risma Kurnia Andini, Siti Azizah Nurul Solichah, Amayta F.D, Putri Ayu S.K, yang selalu memberi dukungan untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini, semangat serta hiburan saat bertukar cerita baik susah maupun duka selama kuliah.
13. Senior-senior dari Jurusan Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Teman-teman DIII Jurusan Statistika ITS Angkatan 2013 yang telah bekerja sama dengan baik selama penulis menempuh pendidikan, serta memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.

15. Keluarga $\Sigma 24$ yang telah menjadi keluarga semenjak penulis menempuh pendidikan di Jurusan Statistika ITS.

16. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Distribusi Multivariat Normal	5
2.2 Dependensi Variabel	6
2.3 Pengendalian Kualitas Statistika	7
2.3.1 Peta Kendali M.....	8
2.3.2 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu	9
2.3.3 Kapabilitas Proses	11
2.4 Proses Produksi dan Pengambilan Sampel	
Perekat (Lem) Jenis UL 1701/172	
PT. Arjuna Utama Kimia.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	15
3.2 Variabel Penelitian	16

3.3 Langkah Analisis	17
----------------------------	----

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Variabel Kualitas Perekat (Lem) Jenis UL 170/172.....	21
------------------------------------------------------------------------	----

4.2 Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Fase I..	22
-------------------------------------------------------------	----

4.2.1 Pemeriksaan dan Pengujian Distribusi Bivariat Normal	22
---------------------------------------------------------------------	----

4.2.2 Depedensi Hubungan <i>Specific Gravity</i> dan <i>Non Volatile Content</i>	24
-------------------------------------------------------------------------------------------	----

4.2.3 Peta Kendali M.....	24
---------------------------	----

4.2.4 Peta Kendali Kendali T^2 Hotelling	25
--------------------------------------------------	----

4.3 Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Fase II.....	27
--------------------------------------------------------------------	----

4.3.1 Pemeriksaan dan Pengujian Distribusi Bivariat Normal	27
---------------------------------------------------------------------	----

4.3.2 Depedensi Hubungan <i>Specific Gravity</i> dan <i>Non Volatile Content</i>	28
-------------------------------------------------------------------------------------------	----

4.3.3 Peta Kendali M.....	29
---------------------------	----

4.3.4 Peta Kendali Kendali T^2 Hotelling	30
--------------------------------------------------	----

4.4 Analisis Kapabilitas Proses	31
---------------------------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	33
---------------------	----

5.2 Saran.....	33
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	35
-----------------------------	----

LAMPIRAN	37
-----------------------	----

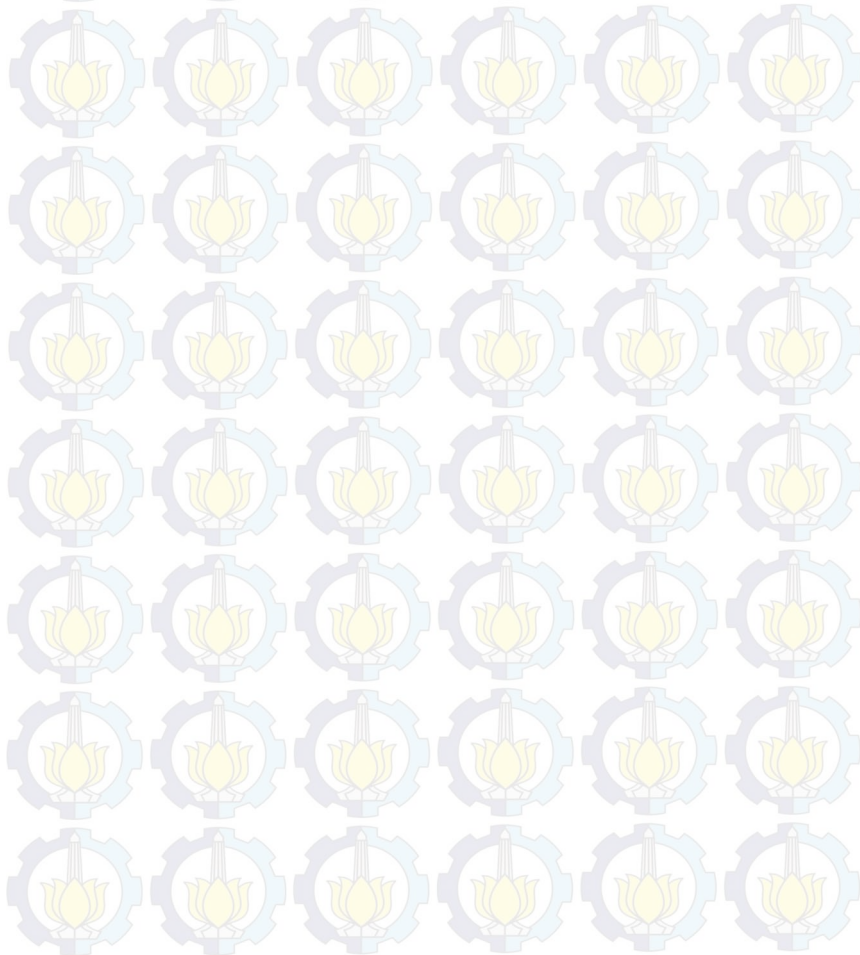
BIODATA PENULIS	67
------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur Dasar Pembuatan Lem Kayu Lapis	13
Gambar 3.1 Diagram Alir	19
Gambar 3.2 Lanjutan Diagram Alir	20
Gambar 4.1 Q-Q <i>Plot</i> Data Bulan April 2015	23
Gambar 4.2 Peta Kendali M Fase I.....	25
Gambar 4.3 Peta Kendali T ² Hotelling Fase I.....	26
Gambar 4.4 Q-Q <i>Plot</i> Data Bulan Mei 2015	28
Gambar 4.5 Peta Kendali M Fase II.....	29
Gambar 4.6 Peta Kendali T ² Hotelling Fase II	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Struktur Data Pengamatan	15
Tabel 3.2 Variabel Pengamatan	17
Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Produksi UL 170/172.....	21



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Data Analisis	37
Lampiran B <i>Output</i> Statistika Deskriptif	44
Lampiran C Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal.....	45
Lampiran D Uji Dependensi.....	49
Lampiran E Peta Kendali M.....	49
Lampiran F Peta Kendali T^2 Hotelling.....	57
Lampiran G Kapabilitas Proses	65
Lampiran H Tabel Distribusi dengan Perhitungan Ms.Excel	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengendalian kualitas sangat diperlukan dalam memproduksi suatu produk untuk menjaga dan menentukan kualitas produk. Hal tersebut dilakukan dengan usaha untuk menemukan faktor-faktor terduga yang menyebabkan kurang lancarnya fungsi dalam proses produksi. Sehingga apabila terjadi gangguan dapat segera dilakukan tindakan perbaikan. Proses produksi yang berlangsung sangat mempengaruhi terhadap pemasukan bagi suatu perusahaan yang berbasis pada penghasil produk suatu barang.

Sebagai salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi produk kimia, PT. Arjuna Utama Kimia (ARUKI) merupakan suatu perusahaan kimia di Rungkut, Surabaya yang memproduksi beberapa jenis perekat (lem). Berdasarkan pemanfaatannya, terdapat 4 jenis perekat (lem) yang diproduksi, yaitu untuk kayu lapis (*plywood*) berbahan dasar formalin, untuk *furniture* yang berbahan dasar polivinil alkohol (PVA), untuk *barecore* yang berbahan dasar polivinil asetat (PVAc), dan *paper resin* (karton) yang berbahan dasar *acrylamide*. Salah satu produk yang paling banyak diproduksi adalah jenis perekat (lem) untuk kayu lapis (*plywood*) dengan tipe UL 170/172 yang berbahan dasar urea dan formalin dengan proses polimerisasi kondensasi.

Dalam dunia pemasaran, produsen tidak hanya dituntut untuk memenuhi kebutuhan jumlah permintaan konsumen, akan tetapi juga dituntut untuk memenuhi kualitas yang baik sesuai dengan permintaan pasar. PT. ARUKI secara tidak langsung dituntut untuk meningkatkan daya saing terhadap produsen pesaing perekat lainnya dengan melakukan *quality improvement* untuk produk yang bersangkutan dengan membentuk departemen *Quality Assurance* (QA). Departemen *Quality Assurance* bertugas untuk memeriksa kualitas produk, agar produk yang produksi memenuhi karakteristik kualitas produk yang telah ditentukan.

Produk perekat (lem) jenis UL 170/172 memiliki dua karakteristik kualitas, yakni *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* yang saling berhubungan satu sama lain. Saat ini, pemeriksaan yang dilakukan departemen *Quality Assurance* adalah secara kimia dan hasilnya hanya ditampilkan dengan statistik deskriptif sederhana untuk melihat apakah produk telah memenuhi kualitas. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis inferensia secara multivariat terhadap proses produksinya, hal ini dikarenakan kedua variabelnya saling berhubungan. Untuk mengetahui apakah proses produksi terkendali secara statistik atau belum, analisis dapat dilakukan dengan menggunakan peta kendali.

Peta kendali merupakan metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak, sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Salah satu peta kendali multivariat yang dapat digunakan dan sesuai dengan karakteristik dari produk perekat (lem) jenis UL 170/172 adalah peta kendali M dan T^2 Hotelling, dimana peta kendali ini merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengendalikan variabilitas serta vektor rata-rata dari proses multivariat. Apabila hasil produksi telah terkendali secara statistik, dapat dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui bahwa proses produksi yang berlangsung sudah kapabel atau belum. Kapabilitas proses bertujuan untuk menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan (Montgomery, 2009).

Penelitian yang pernah dilakukan di PT. Arjuna Utama Kimia oleh Supriyono (2006) membahas optimasi proses produksi *plywood* menggunakan pendekatan Taguchi Multirespon dengan kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kombinasi level terbaik untuk kualitas *plywood* adalah dengan *Uloid Resin* level kedua (195 kg), *Melamine Resin* level pertama (90 kg), *Catcher* level pertama (30 kg), *Melamin Powder* level pertama (1,8 kg) dan tepung industri level pertama (50 kg).

1.2 Rumusan Masalah

PT. Arjuna Utama Kimia telah melakukan pengendalian kualitas terhadap perekat (lem) jenis UL 170/172 yang hanya didasarkan dari analisis kimia, dimana hasilnya baru ditampilkan dalam sisi deskriptifnya saja. Karena kedua variabelnya saling berhubungan, maka analisis proses produksi yang akan dilakukan adalah secara multivariat. Oleh karena itu yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana kapabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 dengan mengendalikan variabilitas menggunakan peta kendali M serta mengendalikan vektor rata-rata menggunakan peta kendali T^2 Hotelling pada fase I dan II.

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah kapabel atau belum.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada perusahaan berdasarkan indeks kapabilitas terhadap proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 sehingga dapat memberikan informasi apakah proses produksi yang berlangsung telah baik atau belum.

1.5 Batasan masalah

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah hasil proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 di PT. Arjuna Utama Kimia pada bulan April dan Mei 2015 yang diambil dari departemen *Quality Assurance*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Multivariat Normal

Menurut Johnson dan Wichern (2007), analisis multivariat normal merupakan perluasan dari distribusi univariat normal dengan jumlah variabel yang lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang memiliki hubungan. Apabila terdapat sejumlah p variabel yang dinyatakan dalam bentuk vektor $\mathbf{X}'=[X_1, X_2, \dots, X_p]$ yang mengikuti distribusi normal multivariat dengan parameter $\boldsymbol{\mu}$ dan $\boldsymbol{\Sigma}$. Nilai variabel acak dapat disajikan dalam bentuk matriks data $\mathbf{x}'=[\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p]$ dengan fungsi densitas peluangnya adalah sebagai berikut.

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^p |\boldsymbol{\Sigma}|}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})}, \quad -\infty < \mathbf{x} < \infty \quad (2.1)$$

Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan cara membuat $q-q$ plot sebagai berikut.

$$d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}^{-1}(\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.2)$$

d_i^2 merupakan jarak mahalnobis untuk pengamatan ke- i , \mathbf{x}_i merupakan vektor objek pengamatan ke- i , $\bar{\mathbf{x}}$ merupakan vektor rata-rata, i merupakan banyaknya pengamatan sejumlah m , dan \mathbf{S}^{-1} merupakan invers matriks varian kovarian $\mathbf{S}_{p \times p}$.

Dimana,

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} & s_{13} & \dots & s_{1p} \\ & s_2^2 & s_{23} & \dots & s_{2p} \\ & & s_3^2 & \vdots & \\ & & & \ddots & s_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$s_{jk} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (2.4)$$

Suatu pengamatan yang berdistribusi multivariat normal, dapat dilihat menggunakan grafik dari q-q plot dengan langkah-langkah pembuatan sebagai berikut.

1. Menghitung jarak tergeneralisasi yang dikuadratkan (jarak Mahalanobis) disebut d_i^2 dimana S^{-1} berukuran $p \times p$
2. Mengurutkan d_i^2 dari terkecil hingga terbesar
3. Menghitung nilai q, dimana nilai q diperoleh dari persamaan (2.5) sebagai berikut.

$$q = \chi_{p;((n-j+0,5)/n)}^2 \quad (2.5)$$

4. Membuat *scatterplot* antara d_i^2 dan q
5. Data akan mengikuti distribusi multivariat apabila pada q-q plot membentuk suatu garis lurus dan nilai-nilai dari d_i^2 yang kurang dari sama dengan nilai $\chi_{p;0,5}^2$ sebanyak 50%

2.2 Dependensi Variabel

Untuk mengetahui apakah dua variabel atau lebih saling dependensi, maka salah satu pengujian yang dapat dilakukan adalah menggunakan korelasi *Pearson*. Tingkat keeratan hubungan dengan suatu nilai koefisien korelasi antara dua variabel dilambangkan dengan r . Koefisien korelasi bernilai diantara -1 sampai dengan 1. Apabila koefisien korelasi yang diperoleh mendekati 1 maka hubungan kedua variabel adalah linear sempurna, sedangkan apabila koefisien korelasi mendekati nol maka hubungan kedua variabel sangat lemah atau mungkin tidak ada hubungan sama sekali. Koefisien korelasi yang bertanda positif menunjukkan bahwa ketika variabel satu bertambah, maka variabel dua juga cenderung bertambah. Sebaliknya, koefisien korelasi yang bertanda negatif menunjukkan ketika variabel satu bertambah, maka variabel dua cenderung berkurang. (Walpole dkk, 2012)

Hipotesis :

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq 0$ (terdapat korelasi antar variabel)

Statistik Uji :

$$r_{x_1, x_2} = \frac{m \sum_{i=1}^m x_{1i} x_{2i} - (\sum_{i=1}^m x_{1i})(\sum_{i=1}^m x_{2i})}{\sqrt{\left[m \sum_{i=1}^m x_{1i}^2 - (\sum_{i=1}^m x_{1i})^2 \right] \left[m \sum_{i=1}^m x_{2i}^2 - (\sum_{i=1}^m x_{2i})^2 \right]}} \quad (2.6)$$

m merupakan jumlah observasi atau banyaknya pengamatan.

Apabila $r_{\text{hitung}} > r_{\alpha, df}$ maka akan memberikan keputusan bahwa H_0 ditolak dan diperoleh kesimpulan bahwa terdapat korelasi antar variabel.

2.3 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk hasil produksi dengan menggunakan metode-metode statistik, salah satu metode statistik yang akan digunakan adalah peta kendali.

Terdapat dua jenis karakteristik kualitas, yaitu kualitas variabel dan atribut. Karakteristik kualitas variabel adalah karakteristik kualitas produk dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas suatu produk dinyatakan dengan kategori tertentu, yaitu ada dua kemungkinan baik dan buruk, seperti produk cacat atau produk baik

Apabila karakteristik kualitas atribut, maka digunakan peta kendali atribut, tetapi jika karakteristik kualitas variabel digunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain, peta p, peta np, peta c, dan peta u. Peta kendali variabel ada beberapa macam, jika karakteristik kualitas hanya satu, maka digunakan peta kendali peta $\bar{X} - R$, peta $\bar{X} - S$, dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu dengan ukuran subgroup sama dengan satu

maka digunakan peta kendali T^2 Hotelling Individu untuk mengendalikan vektor rata-rata (Montgomery, 2009). Dalam membuat peta kendali T^2 Hotelling Individu terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi, yakni berdistribusi multivariat normal dan variabel yang digunakan saling berhubungan (dependen).

2.3.1 Peta Kendali M

Menurut Khoo dan Quah (2003), peta kendali M dapat digunakan untuk mengontrol variabilitas dari proses secara multivariat untuk data individu yang didasarkan pada *successive difference*. *Successive difference* yaitu selisih antar vektor pengamatan secara berturut-turut dan digunakan dalam menghitung nilai statistiknya dengan rumus $\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i$ dan diperoleh matriks \mathbf{W} yang berdistribusi $N_p(0, 2\Sigma)$ sebagai berikut.

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{w}'_1 \\ \mathbf{w}'_2 \\ \vdots \\ \mathbf{w}'_{m-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)' \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)' \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_m - \mathbf{x}_{m-1})' \end{bmatrix}, i=1, 2, 3, \dots, m-1 \quad (2.7)$$

Matriks \mathbf{W} yang diperoleh dan berdistribusi $N_p(0, 2\Sigma)$ jika dikalikan dengan $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maka akan menjadi $\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{W}$ yang berdistribusi $N_p(0, \Sigma)$. Apabila diketahui bahwa $\mathbf{C}\mathbf{C}' = \Sigma$ dimana \mathbf{C} adalah matriks nonsingular yang berukuran $p \times p$, dan misal,

$$\begin{aligned} \mathbf{U} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{W} \\ \mathbf{U} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Maka,

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{W} \right]' \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{W} \right]$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2}\mathbf{W}'(\mathbf{C}^{-1})'(\mathbf{C}^{-1})\mathbf{W}$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2}\mathbf{W}'\Sigma^{-1}\mathbf{W}$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)' \Sigma^{-1}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) \quad (2.9)$$

Dimana $\mathbf{U}'\mathbf{U} = \mathbf{M}_i \sim \chi_p^2$, sehingga perhitungan nilai statistik dalam peta kendali ini adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)' \Sigma_0^{-1}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) \quad (2.10)$$

Dengan menggunakan statistik \mathbf{M} yang berdistribusi χ_p^2 pada persamaan (2.10) maka batas kendali dari peta kendali \mathbf{M} adalah sebagai berikut.

$$\text{BKA} = \chi_{p, \alpha/2}^2 \quad (2.11)$$

$$\text{BKB} = \chi_{p, 1-\alpha/2}^2 \quad (2.12)$$

2.3.2 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu

Menurut Montgomery (2009), suatu proses produksi seringkali memiliki karakteristik kualitas lebih dari satu dimana hal tersebut dinamakan proses produksi yang bersifat multivariat. Pada beberapa industri yang menghasilkan produk cairan kimia, ukuran *subgroup* yang digunakan adalah sebesar 1, situasi ini biasanya terjadi karena produk yang dihasilkan homogen.

Dalam mengendalikan proses tersebut, dibutuhkan peta kendali multivariat, yang salah satunya adalah peta kendali T^2 Hotelling. Jika suatu produk mempunyai p karakteristik kualitas maka distribusi yang digunakan adalah p -variate. Pada peta kendali T^2 Hotelling data yang digunakan akan dihitung rata-rata dan matriks kovariannya dengan menggunakan perhitungan kovarians sebagai berikut.

$$S_1 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})(\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' \quad (2.13)$$

Namun, ternyata hasil perhitungan dengan menggunakan perhitungan kovarians diatas dianggap kurang efektif dalam mendeteksi pergeseran vektor rata-ratanya. Hal ini dikarenakan nilai matriks kovariansnya ternyata tidak cukup dekat dengan nilai matriks kovarians yang sesungguhnya.

Metode yang lebih efisien untuk menghitung nilai matriks kovariansnya adalah dengan membandingkan beberapa metode yang ada dengan standar perbandingan nilai kovarians sebenarnya yaitu Σ .

Metode tersebut diantaranya dengan cara *successive difference* (menggunakan selisih dua vektor pengamatan secara berurutan) sebagai berikut.

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i, i=1,2,\dots,m-1 \quad (2.14)$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}'_1 \\ \mathbf{v}'_2 \\ \vdots \\ \mathbf{v}'_{m-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)' \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)' \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_m - \mathbf{x}_{m-1})' \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Dimana \mathbf{v}_i merupakan vektor selisih antara vektor data ke- i dan vektor data ke- $i+1$. Kemudian menghitung matriks kovariansnya dengan persamaan berikut.

$$S_2 = \frac{1}{2(m-1)} \mathbf{V}' \mathbf{V} \quad (2.16)$$

Setelah menghitung nilai matriks kovarians pada persamaan (2.20), selanjutnya menghitung nilai statistik T^2 Hotelling Individu dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' S^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}), i=1,2,\dots,m \quad (2.17)$$

Sama halnya seperti kasus pengendalian kualitas yang lain, pengendalian kualitas multivariat dengan peta kendali T^2 Hotelling Individu juga memiliki batasan kontrol fase I sebagai berikut.

$$BKA = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha, p/2, (m-p-1)/2} \quad (2.18)$$

$$BKB = 0 \quad (2.19)$$

Sedangkan batas kontrol untuk fase II adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - mp} F_{\alpha, p, m-p} \quad (2.20)$$

$$BKB = 0 \quad (2.21)$$

Keterangan:

m = banyaknya pengamatan, $i=1,2,3,\dots,m$

p = banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

2.3.3 Kapabilitas Proses

Menurut Montgomery (2009), kapabilitas proses bertujuan untuk menaksir kemampuan proses yang merupakan bagian yang sangat penting dalam keseluruhan peningkatan kualitas. Terdapat dua jenis kapabilitas proses, yakni kapabilitas proses secara univariat dan multivariat. Dalam penelitian ini kapabilitas proses secara multivariat akan digunakan untuk menaksir kemampuan proses produksi.

Apabila peta kendali telah terkendali dan asumsi distribusi multivariat normal telah terpenuhi, analisis kapabilitas proses dapat dilakukan dengan menentukan indeks kapabilitas proses. Dalam menentukan indeks kapabilitas proses multivariat didasarkan pada p estimasi dari masing-masing variabel, atau indeks kapabilitas proses secara univariat. Salah satu caranya dengan menggunakan metode rata-rata pembobot. Analisis kapabilitas proses berdasarkan variabilitasnya dapat dilihat dari nilai MCp dengan persamaan (2.22) sebagai berikut. (Raissi, 2009)

$$MC_p = \sum_{i=1}^p W_i C_{pi} \quad (2.22)$$

Dengan,

$$C_p = \frac{BSB - BSA}{6\sigma} \quad (2.23)$$

Sedangkan analisis kapabilitas proses berdasar *mean* atau rata-ratanya dapat dilihat dari nilai MCpk dengan persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$MC_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i C_{pki} \quad (2.24)$$

Dengan,

$$C_{pk} = \min\left(\frac{BSA - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - BSB}{3\sigma}\right) \quad (2.25)$$

Keterangan:

W_i = Bobot kepentingan sesuai keterangan perusahaan dimana,

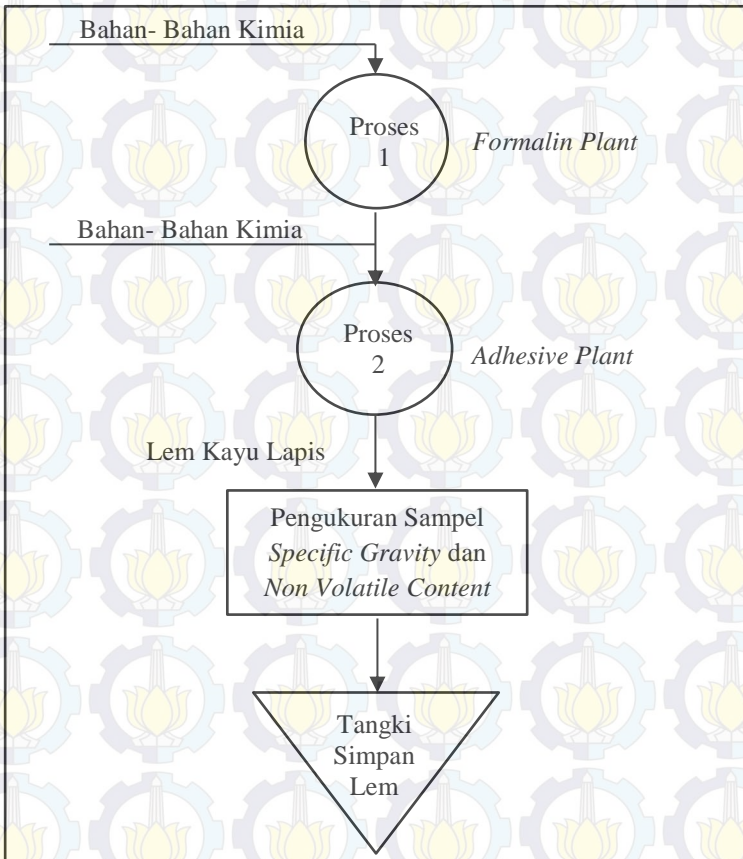
$$\sum_{i=1}^p W_i = 1$$

2.4 Proses Produksi dan Pengambilan Sampel Perekat (Lem) Jenis UL 1701/172 PT. Arjuna Utama Kimia

PT. Arjuna Utama Kimia adalah perusahaan lem dengan basis utama lem kayu lapis (*plywood*). Salah satu produk yang diproduksi dalam jumlah yang banyak adalah perekat (lem) jenis UL 170/172 yang digunakan untuk kayu lapis (*plywood*). Jenis perekat (lem) ini berbahan dasar urea-formalin (UL). Sifat dasar dari lem ini adalah polimer *termosetting*. Sehingga apabila lem telah membeku, lem tidak dapat dikembalikan ke bentuk fisik awalnya (*cair*).

Lem UL 170/172 terbuat dari bahan baku formalin yang mudah menguap. Sehingga setiap hari akan ada penguapan formalin bebas dari lem ini, sehingga semakin lama kekentalan lem akan makin besar. Dengan demikian, produk lem ini memiliki

masa simpan (*storage life*) selama 30 hari. Proses produksi yang berlangsung pada perekat (lem) jenis UL 170/172 dibuat dalam bagan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur Dasar Pembuatan Lem Kayu Lapis

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer hasil survey di perusahaan. Data tersebut adalah hasil produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 PT. Arjuna Utama Kimia, Rungkut, Surabaya pada bulan April 2015 dan Mei 2015. Data pada bulan April 2015 digunakan untuk analisis fase I dan Mei 2015 untuk analisis fase II. Variabel kualitas yang diukur adalah *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* dimana kedua variabel ini memiliki keterkaitan satu sama lain (dependen). *Subgroup* yang digunakan adalah *batch* produksi karena setiap *batch* yang dihasilkan diasumsikan heterogen satu sama lain. Setiap *batch* produksi sampel yang digunakan adalah sebesar 1 dengan ukuran yang telah ditetapkan karena produk yang dihasilkan adalah dalam bentuk cairan.

Jumlah data atau observasi adalah sebanyak m , dimana pada fase 1 sebanyak 131 *batch* yaitu hasil proses produksi selama bulan April 2015 dan fase 2 sebanyak 83 *batch* yaitu hasil proses produksi pada bulan Mei 2015. Struktur data pengamatan yang digunakan untuk peta kendali dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Pengamatan

Pengamatan pada <i>batch</i> ke- (i)	Karakteristik Kualitas (j)	
	x_1	x_2
1	x_{11}	x_{12}
2	x_{21}	x_{22}
\vdots	\vdots	\vdots
i	x_{i1}	x_{i2}
\vdots	\vdots	\vdots
m	x_{m1}	x_{m2}

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua variabel yang saling berhubungan (dependen), yaitu *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content*. Apabila nilai *Specific Gravity* suatu bahan cair tinggi, maka nilai *Non Volatile Content*-nya juga tinggi, demikian sebaliknya.

Pada penelitian ini, data diperoleh dari departemen *Quality Assurance* yang diambil pada tahap ketika lem kayu lapis telah selesai diproduksi sebelum disimpan pada tangki yang terlihat pada gambar bagan diatas. Pengambilan sampel dilakukan oleh petugas oleh departemen *Quality Assurance* sesuai jadwal dan *shift*. Petugas mengambil lem dengan cara membuka ujung tangki (*valve* tangki) untuk pengambilan sampel. Sebelum mengambil sampel lem, botol sampel yang digunakan dibilas dengan menggunakan lem yang pertama kali keluar dari *valve* tangki sebanyak 3 kali, bilasan tersebut dituangkan kedalam ember dan tidak digunakan.

Pencucian botol sampel menggunakan lem tersebut bertujuan untuk membersihkan botol sampel yang kemungkinan telah terkena debu, ataupun apabila terdapat adanya endapan lem pada *valve*, sehingga akan didapatkan sampel lem yang tepat. Ukuran pengambilan sampel lem ini disesuaikan dengan kebutuhan *testing* setiap variabel (parameter) yang diuji oleh departemen *Quality Assurance*. Setelah mengambil sampel lem, *valve* tangki yang digunakan dibersihkan, lalu botol sampel yang telah terisi sampel diberi identitas jenis, nomor, dan tanggal lalu dibawa ke departemen *Quality Assurance* untuk diperiksa. Dalam tahap pemeriksaan sampel yang telah diambil (bentuk cair dalam gelas kimia) diasumsikan homogen ketika sampel dibagi untuk pemeriksaan setiap variabel, sehingga analisis multivariat dapat dilakukan.

Tabel 3.2 Variabel Pengamatan

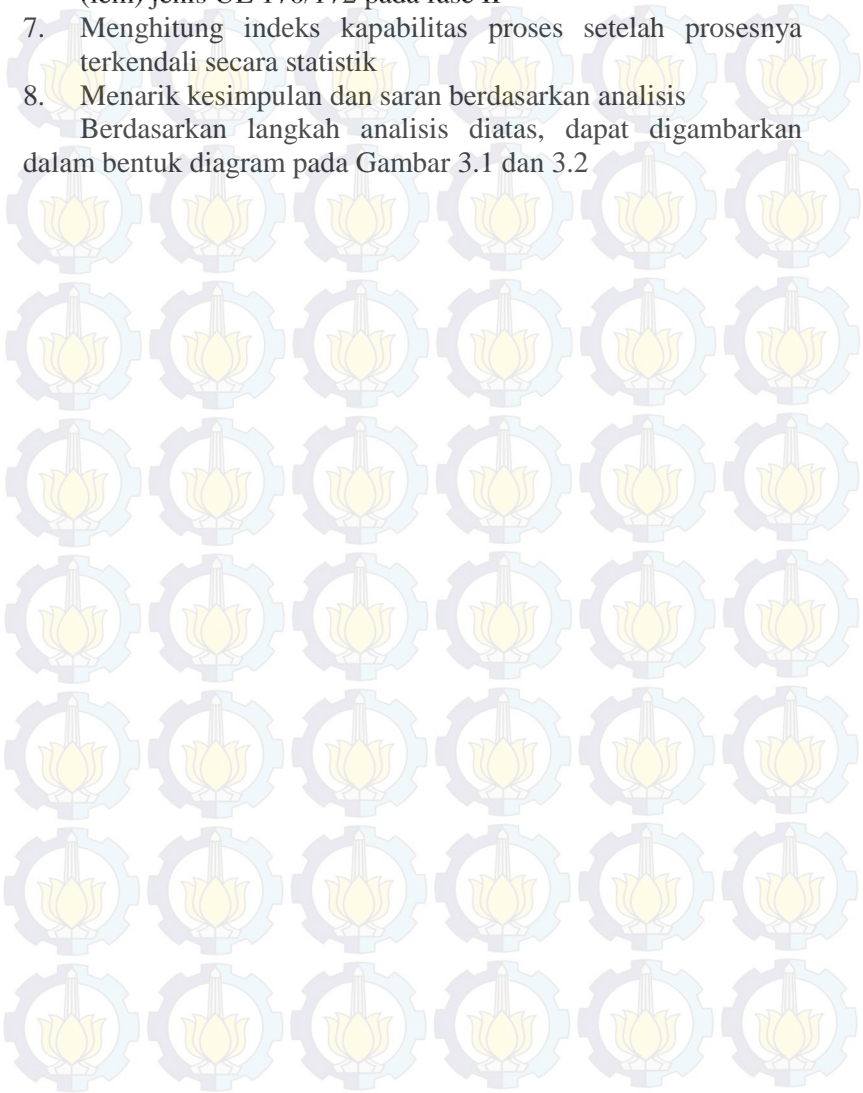
Variabel	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi	Satuan
X_1 (<i>Specific Gravity</i>)	- Berat jenis suatu bahan yang dibandingkan dengan berat jenis air - Alat <i>testing</i> yang digunakan adalah hidrometer dengan 2 jenis alat, yaitu dengan panjang alat 30 cm untuk volume cairan sampel ± 250 mL dan panjang alat 16 cm untuk volume cairan sampel ± 100 mL	1,180-1,22	ppm
X_2 (<i>Non Volatile Content</i>)	- Kadar padatan dengan proses <i>testing</i> menggunakan oven pada temperatur $105^{\circ}C$ selama 3 jam	49-51	%

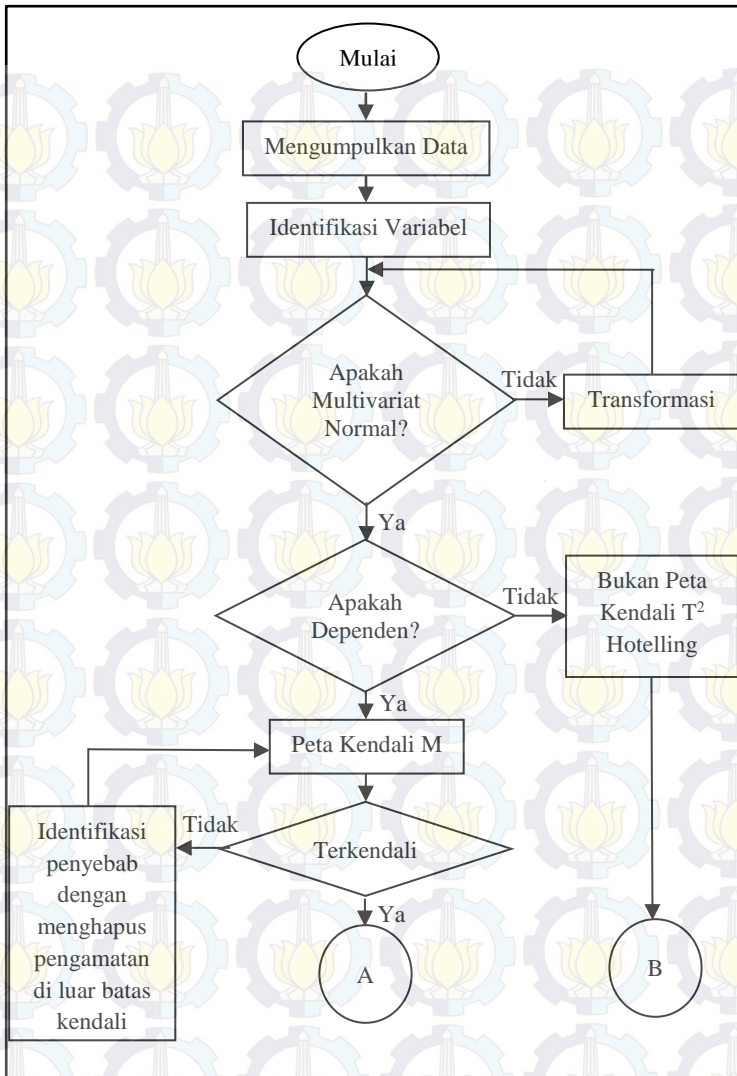
3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dipakai untuk menganalisis data hasil produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 adalah sebagai berikut.

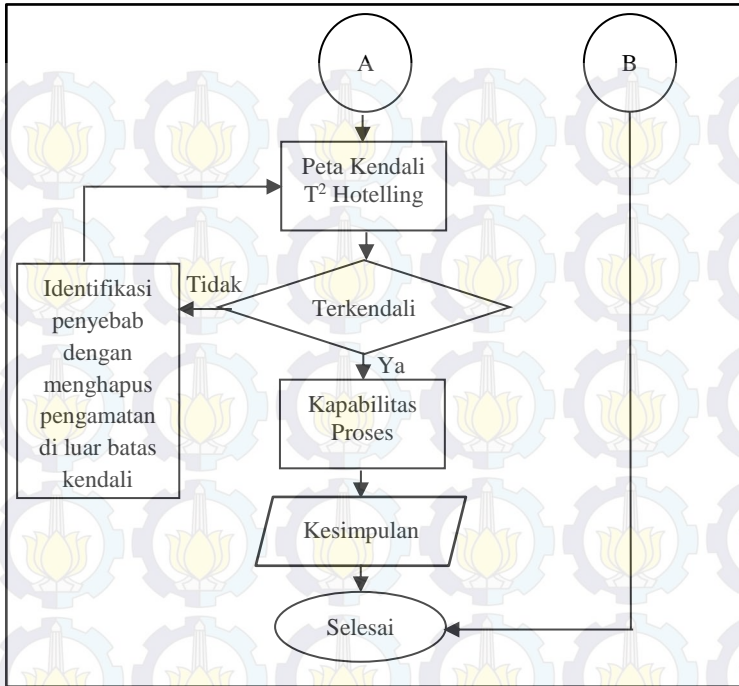
1. Mengumpulkan data variabel-variabel produksi perekat (lem) jenis UL 170/172
2. Melakukan pengujian dan pemeriksaan asumsi multivariat normal untuk mengetahui apakah variabel-variabel produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah memenuhi asumsi multivariat normal
3. Melakukan pengujian asumsi dependensi pada produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 sebelum membuat peta kendali M dan T^2 Hotelling
4. Membuat peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses pada fase I
5. Peta Kendali M yang telah terkendali, dapat dilanjutkan pada tahap membuat peta kendali T^2 Hotelling terhadap variabel-variabel produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada fase I

6. Melakukan langkah analisis 2-5 untuk data produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada fase II
 7. Menghitung indeks kapabilitas proses setelah prosesnya terkendali secara statistik
 8. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan analisis
- Berdasarkan langkah analisis diatas, dapat digambarkan dalam bentuk diagram pada Gambar 3.1 dan 3.2





Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.2 Lanjutan Diagram Alir

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Variabel Kualitas Perekat (Lem) Jenis UL 170/172

Perekat (lem) jenis UL 170/172 di PT. Arjuna Utama Kimia memiliki dua karakteristik kualitas yaitu *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content*. Secara garis besar, gambaran umum untuk setiap karakteristik kualitas yang diukur pada bulan April dan Mei 2015 terdapat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Produksi UL 170/172

Variabel	Bulan	Mean	Varians	Min.	Maks.	Spec.
<i>Specific Gravity</i> (ppm)	April 2015	1,203	$2,6 \times 10^{-5}$	1,188	1,22	1,18-1,22
	Mei 2015	1,202	$2,6 \times 10^{-5}$	1,19	1,214	
<i>Non Volatile Content</i> (%)	April 2015	50,256	0,579	48,67	51,92	49-51
	Mei 2015	50,055	0,621	48,67	51,87	

Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh bahwa rata-rata dari variabel *Specific Gravity* pada bulan April 2015 sebesar 1,203 dengan varians $2,6 \times 10^{-5}$. Nilai rata-rata yang diperoleh pada variabel ini masih berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan, hal tersebut dapat juga dilihat dari nilai minimum dan maksimum yang masih berada di batas spesifikasi.

Sedangkan pada variabel *Non Volatile Content* pada bulan April 2015 diperoleh rata-rata sebesar 50,256 dengan varians 0,579. Nilai rata-rata untuk variabel ini masih dalam batas spesifikasi perusahaan. Namun, untuk nilai minimum sebesar 48,670 dan nilai maksimum sebesar 51,920 berada diluar batas spesifikasi perusahaan.

Sedangkan rata-rata variabel *Specific Gravity* pada bulan Mei 2015 sebesar 50,055 dengan varians yang sama seperti bulan sebelumnya. Nilai rata-rata pada variabel ini masih dalam batas spesifikasi yang ada, kondisi ini menunjukkan hal yang sama

seperti bulan sebelumnya. Dapat dilihat juga dari nilai minimum dan maksimum yang masih berada di batas spesifikasi.

Variabel *Non Volatile Content* pada bulan Mei 2015 diperoleh rata-rata sebesar 50,055 dengan varians 0,621, dimana nilai variansnya lebih besar dibandingkan bulan sebelumnya. Pada variabel ini, nilai minimum diperoleh sebesar 48,67 dan nilai maksimum 51,870. Kedua nilai tersebut berada diluar batas spesifikasi perusahaan, hal ini disebabkan karena pengamatan tersebut kurang dan lebih dari batas spesifikasinya.

4.2 Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Fase I

Analisis pengendalian kualitas proses produksi fase I pada penelitian ini menggunakan data proses produksi perekat (lem) UL 170/172 pada bulan April 2015. Data ini digunakan sebagai data masa lalu untuk mengestimasi vektor rata-rata dan matriks varians kovarians yang telah terkendali. Dengan kata lain untuk mengendalikan vektor rata-rata dan variabilitas prosesnya sampai terkendali. Dimana estimasi parameter yang sudah terkendali tersebut nantinya akan digunakan untuk analisis pada fase II.

4.2.1 Pemeriksaan dan Pengujian Distribusi Bivariat Normal

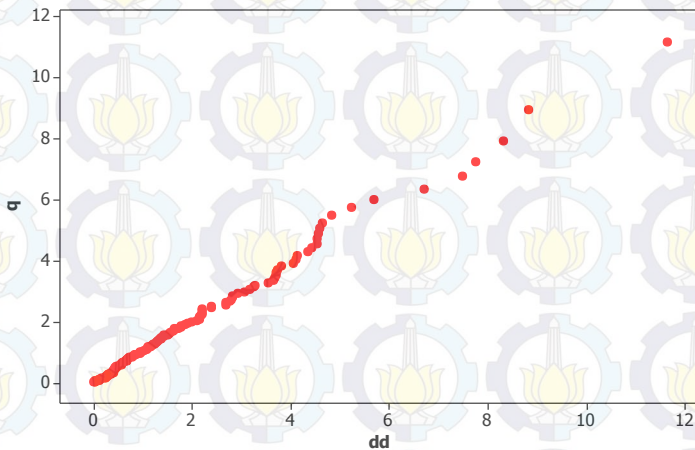
Pemeriksaan distribusi bivariat normal akan dilakukan pada kedua karakteristik kualitas, yakni *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* pada Lampiran A1-A5 untuk mengetahui apakah proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal atau tidak. Pemeriksaan distribusi bivariat normal dilakukan dengan melihat q - q plot antara d_i^2 dan q_i pada Gambar 4.1. Berdasarkan Gambar 4.1 dapat disimpulkan secara visual bahwa *plotting* data mengikuti garis normal, sehingga data proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal. Hal ini diperkuat pula dengan keputusan yang diperoleh terhadap nilai d_i^2 pada Lampiran C2 dan C3 menggunakan *macro* Minitab yang terdapat pada Lampiran C1 dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : Data berdistribusi bivariat normal

H_1 : Data tidak berdistribusi bivariat normal

Pada pengujian dengan hipotesis diatas, digunakan statistik uji pada persamaan (2.2) dan taraf signifikan sebesar 0,05. H_0 gagal ditolak apabila terdapat hampir 50% nilai d_i^2 yang lebih kecil dari nilai tabel $\chi_{2;0,5}^2$. Berdasarkan hasil pada Lampiran C2 diperoleh hasil sebesar 0,526718 yang setara dengan 52,6718% dimana nilai tersebut mendekati 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal.



Gambar 4.1 Q-Q Plot Data Bulan April 2015

4.2.2 Dependensi Hubungan *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dari kedua variabel yang digunakan yaitu, *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content*. Hipotesis dan hasil pengujian menggunakan uji *Pearson* adalah sebagai berikut.

Hipotesis :

$H_0: \rho = 0$ (Variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* tidak berhubungan satu sama lain)

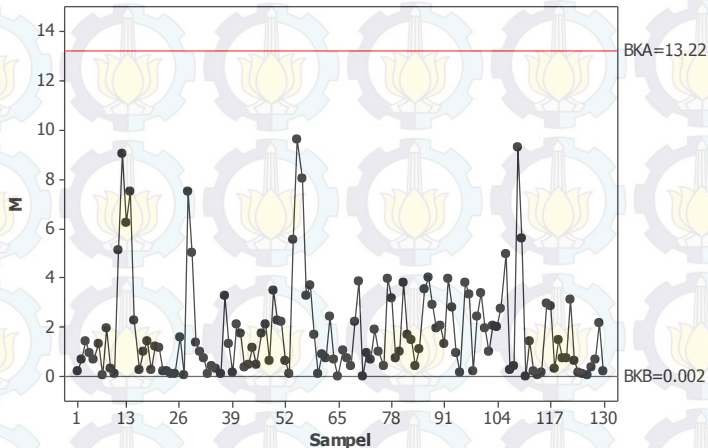
$H_1: \rho \neq 0$ (Variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* saling berhubungan)

Pada pengujian ini digunakan taraf signifikan sebesar 0,05 dengan daerah keputusan H_0 ditolak jika *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan serta nilai *r* hitung yang lebih besar dari nilai *r* tabel. Berdasarkan hasil pada Lampiran D1, sesuai dengan persamaan (2.6) diperoleh nilai *r* sebesar 0,394 dengan *P-value* sebesar 0,000. *P-value* yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan tingkat signifikan sebesar 0,05, oleh karena itu diperoleh keputusan H_0 ditolak. Selain itu, nilai $r_{129;0,05}$ yang diperoleh sebesar 0,173 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai *r* hitungnya. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel, yakni *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* saling berhubungan. Hal ini telah sesuai dengan fakta dilapangan bahwa kedua variabel saling berhubungan, dimana apabila nilai *Specific Gravity* tinggi, maka nilai *Non Volatile Content* juga tinggi, begitupun sebaliknya. Setelah memenuhi asumsi, analisis peta kendali multivariat dapat dilakukan.

4.2.3 Peta Kendali M

Peta kendali M digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses untuk data multivariat berdasarkan pengamatan individu yang didasarkan pada metode *successive difference*. Pengendalian proses terhadap variabilitas ini menggunakan data di Lampiran A1-A5. Pengendalian proses dilakukan terlebih dahulu dengan melihat apakah variabilitasnya terkendali atau belum, lalu dilanjutkan dengan melihat vektor rata-ratanya apabila variabilitasnya sudah

terkendali. Statistik M diperoleh dari persamaan (2.10) pada Lampiran E6 dan E7 dengan menggunakan program *syntax* pada Lampiran E1 dan E2. Berikut merupakan hasil analisis pengendalian pada variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 dengan menggunakan peta kendali M.



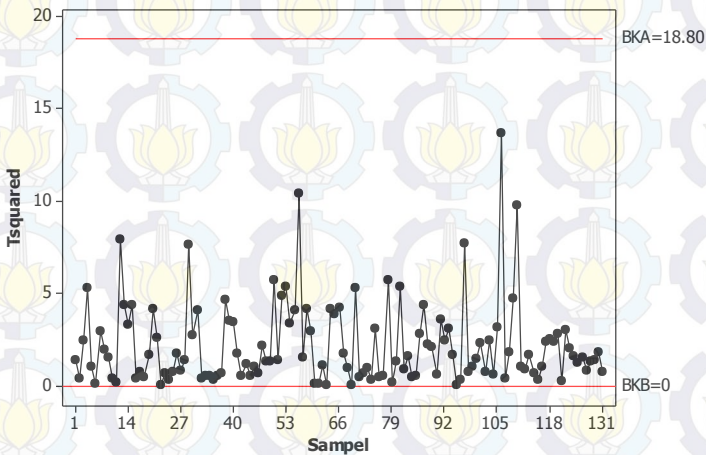
Gambar 4.2 Peta Kendali M Fase I

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4.2 dapat diketahui secara visual bahwa variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah terkendali secara statistik. Hal ini dikarenakan bahwa seluruh pengamatan yang ada berada diantara batas kendali atas sebesar 13,22 dan batas kendali bawah sebesar 0,002. Oleh karena variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah terkendali, maka analisis dapat dilanjutkan untuk mengamati vektor rata-rata proses produksinya. Parameter yang diestimasi yakni matriks varians kovariannya serta batas kendali akan digunakan pada fase II untuk memonitoring variabilitas prosesnya.

4.2.4 Peta Kendali T^2 Hotelling

Pada analisis peta M sebelumnya, diperoleh hasil bahwa variabilitas proses telah terkendali secara statistik, maka selanjutnya akan dilakukan pengendalian terhadap vektor rata-rata

dengan peta kendali T^2 Hotelling menggunakan persamaan (2.17) yang hasilnya terdapat pada lampiran F5 dan F6. Dengan menggunakan data yang sama pada Lampiran A1-A5 serta program *syntax* pada Lampiran F1 dan F2, berikut merupakan hasil analisis pengendalian pada rata-rata proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui secara visual bahwa vektor rata-rata proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah terkendali secara statistik. Hal ini disebabkan karena seluruh titik pengamatannya tidak ada yang berada diluar batas kendali atas sebesar 18,80 dan batas kendali bawah sebesar 0,0.

Proses pengendalian terhadap variabilitas dan vektor rata-rata proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah terkendali dengan menggunakan peta kendali multivariat. Sehingga parameter yang diestimasi yakni vektor rata-rata, matriks varians kovariannya dan batas kendali akan digunakan pada fase II untuk memonitoring vektor rata-rata prosesnya.

4.3 Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Fase II

Analisis pengendalian kualitas proses produksi fase II pada penelitian ini menggunakan data proses produksi perekat (lem) UL 170/172 pada bulan Mei 2015. Data ini digunakan pada fase II yang bertujuan untuk memonitoring proses secara kontinyu dengan menggunakan parameter yang telah diestimasi dan dalam keadaan terkendali pada fase I.

4.3.1 Pemeriksaan dan Pengujian Distribusi Bivariat Normal

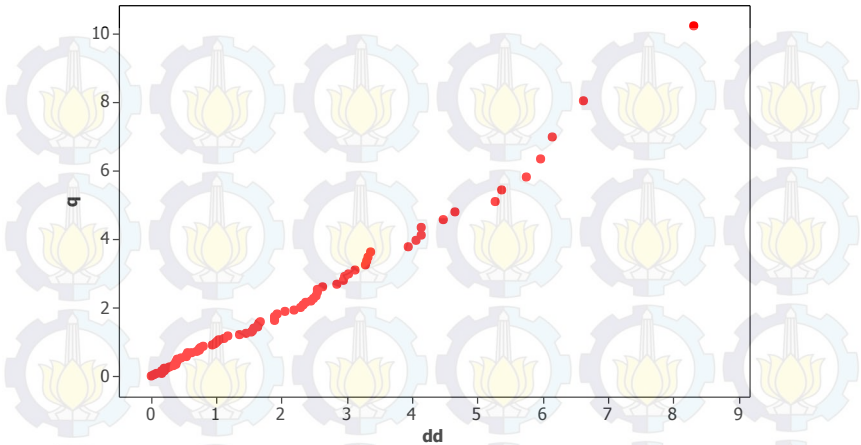
Pemeriksaan distribusi bivariat normal akan dilakukan pada kedua karakteristik kualitas, yakni *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* pada Lampiran A6-A9 untuk mengetahui apakah proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal atau tidak. Pemeriksaan distribusi bivariat normal dilakukan dengan melihat q-q *plot* antara d_i^2 dan q_i pada Gambar 4.4. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat disimpulkan secara visual bahwa *plotting* data mengikuti garis normal, sehingga data proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal. Hal ini diperkuat pula dengan keputusan yang diperoleh terhadap nilai d_i^2 pada Lampiran C4-C5 menggunakan *macro* Minitab yang terdapat pada Lampiran C1 dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : Data berdistribusi bivariat normal

H_1 : Data tidak berdistribusi bivariat normal

Pada pengujian dengan hipotesis diatas, digunakan statistik uji pada persamaan (2.2) dan taraf signifikan sebesar 0,05. H_0 gagal ditolak apabila terdapat hampir 50% nilai d_i^2 yang lebih kecil dari nilai tabel $\chi_{2;0,5}^2$. Berdasarkan hasil pada Lampiran C4 diperoleh hasil sebesar 0,457831 yang setara dengan 45,7831% dimana nilai tersebut mendekati 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 berdistribusi bivariat normal.



Gambar 4.4 Q-Q Plot Data Bulan Mei 2015

4.3.2 Dependensi Hubungan *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* Bulan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dari kedua variabel yang digunakan yaitu, *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content*. Hipotesis dan hasil pengujian menggunakan uji *Pearson* adalah sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $\rho = 0$ (Variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* tidak berhubungan satu sama lain)

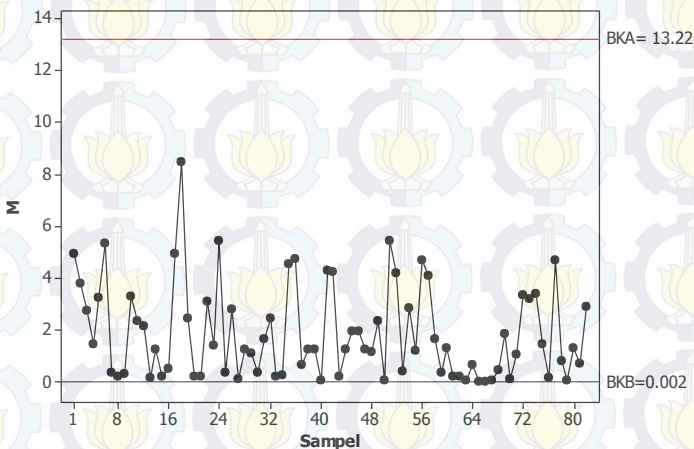
H_1 : $\rho \neq 0$ (Variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* saling berhubungan)

Pada pengujian ini digunakan taraf signifikan sebesar 0,05 dengan daerah keputusan H_0 ditolak jika *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan serta nilai *r* hitung yang lebih besar dari nilai *r* tabel. Berdasarkan hasil pada Lampiran D2, sesuai dengan persamaan (2.6) diperoleh nilai *r* sebesar 0,595 dengan *P-value* sebesar 0,000. *P-value* yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan tingkat signifikan sebesar 0,05, oleh karena itu diperoleh keputusan H_0 ditolak. Selain itu, nilai $r_{81;0,05}$ yang

diperoleh sebesar 0,218 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai r hitungunya. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel, yakni *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* saling berhubungan. Hal ini telah sesuai dengan fakta dilapangan bahwa kedua variabel saling berhubungan, dimana apabila nilai *Specific Gravity* tinggi, maka nilai *Non Volatile Content* juga tinggi, begitupun sebaliknya. Setelah memenuhi asumsi, analisis peta kendali multivariat dapat dilakukan.

4.3.3 Peta Kendali M

Pada fase ini, memonitoring variabilitas proses menggunakan peta kendali M dengan estimasi parameter matriks varians kovarians dan batas kendali yang telah terkendali pada fase I sebelumnya. Dalam memonitoring variabilitas proses ini, data yang digunakan terdapat pada Lampiran A6-A9. Statistik M diperoleh dari persamaan (2.10) pada Lampiran E8 dan E9 dengan menggunakan program *syntax* pada Lampiran E4 dan E5. Berikut merupakan hasil analisis monitoring pada variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 dengan menggunakan peta kendali M.



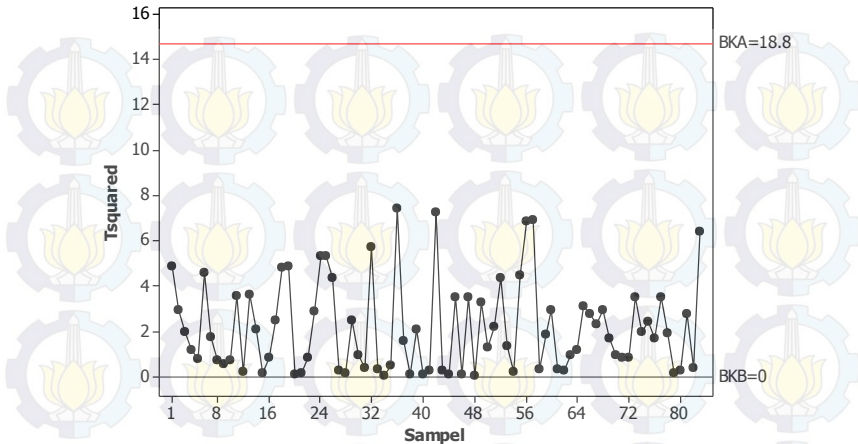
Gambar 4.5 Peta Kendali M Fase II

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4.5 dapat diketahui secara visual bahwa variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada fase II ini telah terkendali secara statistik. Hal ini dikarenakan bahwa seluruh pengamatan yang ada berada diantara batas kendali atas sebesar 13,22 dan batas kendali bawah sebesar 0,002. Oleh karena variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 bulan Mei 2015 telah terkendali. Peta yang terkendali ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi UL 170/172 bulan Mei 2015 telah stabil karena tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali dengan menggunakan estimasi parameter varians kovarians dari fase I sebelumnya. Maka, analisis dapat dilanjutkan untuk memonitor vektor rata-rata proses produksinya.

4.3.4 Peta Kendali T^2 Hotelling

Setelah variabilitas proses telah terkendali secara statistik dan stabil, maka selanjutnya akan dilakukan monitoring terhadap vektor rata-rata dengan peta kendali T^2 Hotelling menggunakan persamaan (2.17) yang hasilnya terdapat pada Lampiran F7 dan F8. Memonitoring vektor rata-rata proses pada fase ini menggunakan estimasi parameter matriks varians kovarians, vektor rata-rata dan batas kendali yang telah terkendali pada fase I sebelumnya. Dengan menggunakan data pada Lampiran A6-A9 serta program *syntax* pada Lampiran F3 dan F4, berikut merupakan hasil analisis monitoring pada vektor rata-rata proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling pada Gambar 4.6.

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui secara visual bahwa vektor rata-rata proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 telah terkendali secara statistik. Hal ini disebabkan karena seluruh titik pengamatannya tidak ada yang berada diluar batas kendali atas sebesar 14,70 dan batas kendali bawah sebesar 0,0. Sehingga dapat disimpulkan proses yang berlangsung pada fase II ini telah stabil karena dengan menggunakan estimasi parameter vektor rata-rata dan matriks varians kovarians dari fase I, proses masih dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.6 Peta Kendali T^2 Hotelling

Proses monitoring yang dilakukan pada fase II telah menunjukkan hasil yang stabil dan terkendali dengan menggunakan estimasi parameter yang sudah terkendali pada fase I. Sehingga, proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada bulan April 2015 tepat digunakan untuk memonitoring proses produksi di waktu yang lain.

4.4 Analisis Kapabilitas Proses

Setelah mengetahui bahwa vektor rata-rata dan variabilitas dari proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 bulan Mei 2015 telah terkendali dan stabil, pada Lampiran A6-A9 dapat dihitung indeks kapabilitas proses secara multivariat. Berdasarkan persamaan (2.23) diperoleh indeks C_p pada Lampiran G1 dan G2 untuk variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* berturut-turut sebesar 1,24 dan 0,46. Indeks yang diperoleh ini adalah indeks kapabilitas proses secara univariat, dimana nilai-nilai tersebut menjelaskan bahwa presisi yang dihasilkan oleh variabel *Specific Gravity* telah baik, karena nilai yang diperoleh lebih dari satu. Namun sebaliknya, presisi untuk variabel *Non Volatile Content* belum baik karena indeks yang diperoleh kurang dari 1.

Indeks kapabilitas proses secara individu untuk presisi (C_p) tersebut digunakan untuk menghitung indeks kapabilitas proses secara multivariat berdasar variabilitasnya (MC_p) dengan menggunakan bobot kepentingan. Bobot kepentingan yang digunakan pada masing masing variabel adalah sebesar 0,5. Berdasarkan persamaan (2.22) diperoleh indeks MC_p sebesar 0,85. Indeks MC_p yang diperoleh masih kurang dari satu, sehingga presisinya masih kurang baik atau variabilitas produknya masih besar antar pengamatan.

Sedangkan berdasarkan persamaan (2.25) diperoleh indeks C_{pk} pada Lampiran G1 dan G2 untuk variabel *Specific Gravity* dan *Non Volatile Content* berturut-turut sebesar 1,12 dan 0,43. Indeks yang diperoleh ini adalah indeks kapabilitas proses secara univariat, dimana nilai-nilai tersebut menjelaskan bahwa akurasi yang dihasilkan oleh variabel *Specific Gravity* telah baik, karena nilai yang diperoleh lebih dari satu. Namun sebaliknya, akurasi untuk variabel *Non Volatile Content* belum baik karena indeks yang diperoleh kurang dari 1.

Indeks kapabilitas proses secara individu untuk akurasi (C_{pk}) tersebut digunakan untuk menghitung indeks kapabilitas proses secara multivariat berdasar rata-ratanya (MC_{pk}) dengan menggunakan bobot kepentingan yang sama seperti sebelumnya. Berdasarkan persamaan (2.24) diperoleh indeks MC_{pk} sebesar 0,77. Indeks MC_{pk} yang diperoleh masih kurang dari satu, sehingga akurasinya masih kurang baik atau rata-rata yang dihasilkan oleh produknya masih jauh dari target yang telah ditentukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

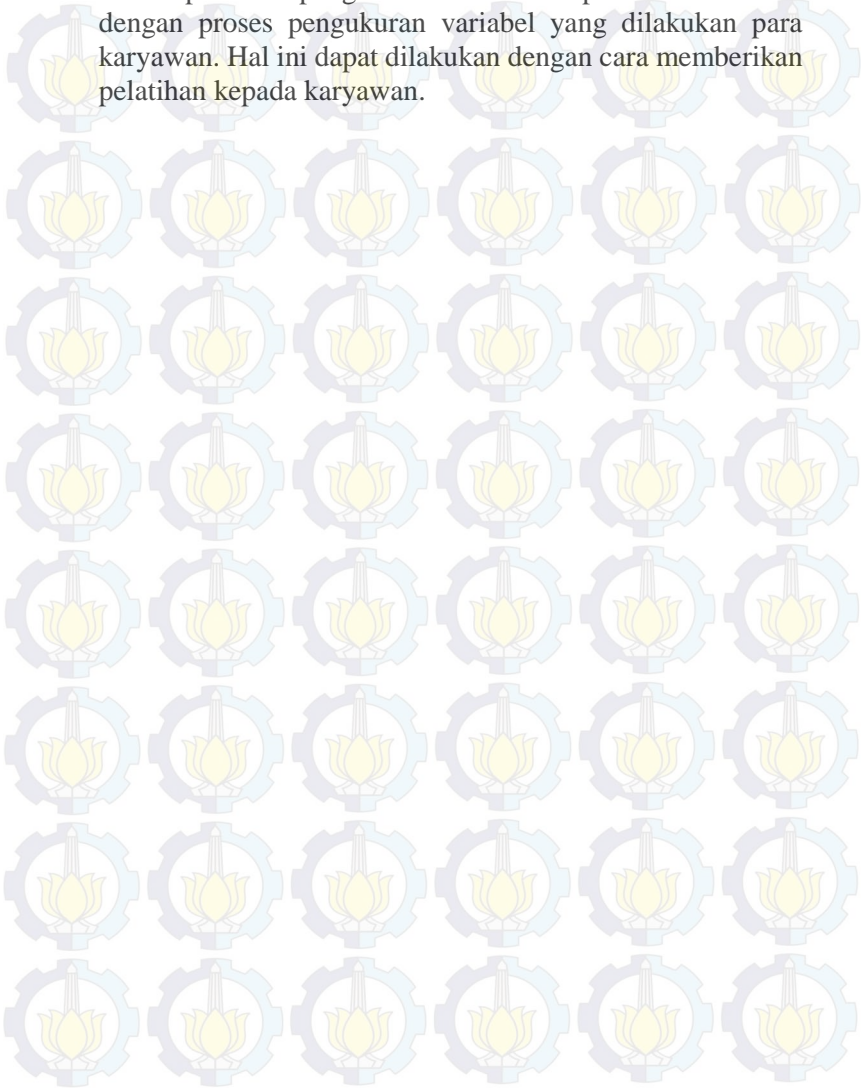
1. Vektor rata-rata dan variabilitas proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada bulan Mei 2015 pada fase II telah terkendali secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi pada bulan April 2015 yang digunakan pada fase I sudah tepat digunakan untuk memonitoring proses produksi di waktu yang lain.
2. Berdasarkan nilai MC_p dan MC_{pk} menunjukkan bahwa proses produksi perekat (lem) jenis UL 170/172 pada bulan Mei 2015 belum kapabel. Hal ini terlihat dari produk yang berada di luar batas spesifikasi, variabilitas produksi cukup tinggi, serta produk memiliki presisi dan akurasi yang rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil, maka saran yang diberikan kepada PT. Arjuna Utama Kimia adalah sebagai berikut.

1. PT. Arjuna Utama Kimia masih perlu melakukan adanya pemantauan secara terus menerus terhadap keseluruhan proses produksi, terutama difokuskan pada proses pengukuran terhadap variabel yang diamati. Karena proses pengukuran yang berlangsung merupakan hal yang penting. Proses pengukuran yang kurang tepat akan menyebabkan proses produksi yang seharusnya baik, menjadi kurang baik ketika variabel terkait diukur.
2. Pengukuran yang dilakukan oleh petugas sebaiknya dilakukan secara teliti dengan alat yang akurat. Alat yang digunakan untuk mengukur variabel terkait harus rutin dilakukan kalibrasi.

3. PT. Arjuna Utama Kimia hendaknya melakukan evaluasi terhadap teknik pengukuran serta cara pembacaan terkait dengan proses pengukuran variabel yang dilakukan para karyawan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memberikan pelatihan kepada karyawan.



DAFTAR PUSTAKA

Johnson, R.A. & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

Khoo, M.B.C, & Quah, S.H. (2003). *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observations. Quality Engineering, Vol. 15(4)*, pp. 639-642.

Montgomery, D.C. (2009). *Statistical Quality Control: A Modern Introduction (Sixth Edition)*. Unites States: John Wiley and Sons (Asia) Pte. Ltd.

Raissi, S. (2009). *Multivariate Process Capability Indices on The Presence of Priority for Quality Characteristics. Journal of Industrial Engineering International June 2009, Vol. 5, No. 9*, pp. 27-36

Supriyono, E. (2006). Analisis Optimasi Proses Produksi Plywood di PT. Arjuna Utama Kimia (ARUKI) Menggunakan Pendekatan Taguchi Multirespon. Surabaya: Statistika FMIPA ITS.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., & Ye, K. (2012). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists 9th Edition*. United States of America: Prentice Hall.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Analysis

Lampiran A1. Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172 Fase I
(April 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
320	1,203	51,08
321	1,202	50,61
325	1,196	50,30
326	1,193	49,02
329	1,198	49,98
330	1,204	50,47
334	1,200	51,23
335	1,200	50,98
336	1,198	49,51
337	1,202	49,81
338	1,204	50,09
341	1,196	51,57
344	1,198	48,73
345	1,200	51,30
346	1,204	48,88
351	1,200	50,03
355	1,200	50,52
356	1,204	49,92
360	1,197	50,19
361	1,194	50,34
362	1,196	49,39
363	1,203	50,24
364	1,206	50,17
365	1,205	50,57

Lampiran A2. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase I (April 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
369	1,205	50,88
370	1,205	51,23
377	1,206	50,05
383	1,206	49,79
384	1,196	51,53
385	1,196	49,31
391	1,194	50,32
394	1,200	50,12
396	1,206	50,27
397	1,206	50,56
398	1,203	49,89
405	1,206	50,45
406	1,206	50,16
407	1,204	51,81
413	1,210	51,39
414	1,208	51,58
415	1,198	50,58
417	1,206	50,35
418	1,205	49,70
422	1,206	50,44
423	1,199	50,47
424	1,204	50,84
428	1,196	49,65
429	1,206	49,80
430	1,208	50,67

Lampiran A3. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase I (April 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
379	1,196	50,58
380	1,203	50,74
386	1,206	50,41
387	1,192	49,20
392	1,204	50,54
395	1,198	50,37
399	1,192	49,45
400	1,205	50,93
401	1,206	49,70
408	1,204	50,75
409	1,206	50,30
416	1,204	49,18
419	1,193	49,61
425	1,206	49,51
432	1,196	49,90
433	1,206	50,63
436	1,206	49,21
437	1,210	50,45
444	1,196	49,19
450	1,208	50,09
322	1,202	50,22
323	1,204	50,66
324	1,190	49,96
327	1,201	49,63
328	1,204	49,64

Lampiran A4. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase I (April 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
333	1,202	51,04
340	1,200	49,13
343	1,200	50,52
350	1,196	49,45
358	1,204	50,83
359	1,210	50,06
366	1,220	51,54
367	1,204	50,72
368	1,205	51,25
374	1,204	51,82
375	1,189	48,74
376	1,206	49,94
381	1,206	50,00
382	1,206	51,18
388	1,206	50,74
389	1,204	50,63
390	1,204	51,00
393	1,199	49,15
402	1,210	50,44
403	1,208	49,82
404	1,210	51,10
410	1,205	50,31
411	1,210	50,12
412	1,204	51,30
420	1,208	50,96

Lampiran A5. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase I (April 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
421	1,208	50,56
426	1,208	50,90
427	1,206	50,83
438	1,208	50,42
439	1,206	51,08
445	1,206	49,63
446	1,206	50,10

Lampiran A6. Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase II (Mei 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
451	1,204	51,85
452	1,195	49,50
453	1,209	50,30
454	1,198	50,27
455	1,204	49,75
456	1,210	51,69
457	1,200	49,28
458	1,204	49,76
459	1,206	50,25
460	1,206	50,78
461	1,196	49,03
462	1,204	50,55
463	1,194	49,50
464	1,196	49,86

Lampiran A7. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase II (Mei 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
465	1,204	50,47
466	1,207	50,42
467	1,209	51,19
468	1,204	48,81
469	1,208	51,87
470	1,204	50,19
471	1,202	50,45
472	1,204	50,93
473	1,198	49,05
474	1,205	48,81
475	1,192	49,50
476	1,194	49,12
477	1,205	50,44
478	1,204	50,11
479	1,208	51,31
480	1,207	50,23
481	1,205	50,62
482	1,214	50,87
483	1,203	49,90
484	1,202	50,24
485	1,205	50,73
486	1,190	49,39
487	1,204	51,18
488	1,204	50,37
489	1,196	49,79

Lampiran A8. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase II (Mei 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
490	1,204	50,24
491	1,205	50,46
492	1,191	48,92
493	1,205	50,42
494	1,202	50,09
495	1,194	49,81
496	1,204	50,42
497	1,194	49,73
498	1,202	50,31
499	1,195	50,35
500	1,206	51,06
501	1,208	51,22
502	1,194	49,12
503	1,205	51,12
504	1,202	50,49
505	1,199	48,69
506	1,192	48,78
507	1,206	48,67
508	1,205	50,61
509	1,200	49,25
510	1,196	49,23
511	1,204	49,97
512	1,201	49,92
513	1,202	49,56
514	1,200	49,47

Lampiran A9. Lanjutan Data Proses Produksi Perekat (Lem) Jenis UL 170/172
Fase II (Mei 2015)

<i>Batch</i>	<i>Specific Gravity</i>	<i>Non Volatile Content</i>
515	1,204	49,12
516	1,204	49,18
517	1,203	49,22
518	1,204	49,15
519	1,200	49,30
520	1,200	50,65
521	1,202	50,84
522	1,207	50,38
523	1,194	49,93
524	1,206	51,28
525	1,206	49,46
526	1,198	49,42
527	1,196	49,05
528	1,208	51,12
529	1,202	50,46
530	1,204	50,63
531	1,210	50,22
532	1,204	49,95
533	1,192	48,92

Lampiran B. *Output* Statistika Deskriptif

Descriptive Statistics: SG APRIL; NVC APRIL; SG MEI; NVC MEI

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
SG APRIL	1.2028	0.000026	1.1880	1.2200
NVC APRIL	50.256	0.579	48.670	51.920
SG MEI	1.2020	0.000026	1.1900	1.2140
NVC MEI	50.055	0.621	48.670	51.870

Lampiran C. Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal

Lampiran C1. Program *Macro* Pemeriksaan Normal Multivariat

```

mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s sinv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
  let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
  copy x.1-x.p ma;
  use i.
  transpose ma mb
  multiply ma sinv mc
  multiply mc mb md
  copy md tt
  let t=tt(1)
  let d(i)=t
enddo
set pi
  1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n
print t
endmacro

```

Lampiran C2. *Output* Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal Data Fase I
(April 2015)

```
MTB > %E://multinormal.txt c10 c11
Executing from file: E://multinormal.txt
Data Display
t      0.526718
```

Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2
1	1,3407	22	0,0043	43	1,1653
2	0,3458	23	0,5653	44	0,4076
3	2,1621	24	0,2622	45	0,9312
4	4,5727	25	0,6884	46	0,5921
5	0,8736	26	1,6419	47	1,8521
6	0,1002	27	0,7310	48	1,2654
7	2,9312	28	1,2921	49	1,0865
8	1,8977	29	7,4769	50	5,6936
9	1,3180	30	2,3781	51	1,2196
10	0,3524	31	3,6490	52	4,4304
11	0,1777	32	0,2945	53	5,2300
12	7,7536	33	0,4721	54	3,2555
13	4,0492	34	0,4333	55	3,8121
14	3,2663	35	0,2991	56	8,8235
15	4,3583	36	0,4075	57	1,3692
16	0,3015	37	0,5768	58	3,7220
17	0,6640	38	4,5394	59	2,7858
18	0,4036	39	3,0507	60	0,0701
19	1,4318	40	3,1680	61	0,1104
20	3,6972	41	1,6189	62	1,0948
21	2,2118	42	0,4270	63	0,0416

Lampiran C3. Lanjutan *Output* Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal Data Fase I (April 2015)

Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2
64	4,1216	89	1,7668	114	0,5821
65	3,7175	90	0,4754	115	0,2442
66	4,0979	91	3,5401	116	0,9782
67	1,6444	92	2,1417	117	2,1740
68	0,8336	93	2,6767	118	2,1515
69	0,0314	94	1,5268	119	2,2010
70	4,6573	95	0,0221	120	2,3849
71	0,3931	96	0,2829	121	0,2078
72	0,5481	97	6,7121	122	2,6795
73	0,9504	98	0,6783	123	1,9844
74	0,2359	99	1,0332	124	1,3822
75	2,8281	100	1,4237	125	1,0643
76	0,4522	101	2,1937	126	1,2928
77	0,4104	102	0,6640	127	0,7062
78	4,8358	103	2,1043	128	1,1076
79	0,1503	104	0,5715	129	1,2248
80	1,1906	105	2,8252	130	1,7749
81	4,5316	106	11,6455	131	0,6548
82	0,7940	107	0,3713		
83	1,5508	108	1,7115		
84	0,4210	109	4,6002		
85	0,4521	110	8,3316		
86	2,7636	111	0,9347		
87	3,6883	112	0,8174		
88	2,2056	113	1,5038		

Lampiran C4. *Output* Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal Data Fase II
(Mei 2015)

```
MTB > %E://multinormal.txt c10 c11
Executing from file: E://multinormal.txt
Data Display
t      0.457831
```

Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2
1	6,6243	22	1,3435	43	0,3695
2	1,8831	23	1,6277	44	0,0027
3	2,2897	24	6,1388	45	3,0312
4	1,4465	25	4,1392	46	0,2373
5	0,7582	26	2,5400	47	2,8524
6	4,4826	27	0,3793	48	0,1598
7	1,0288	28	0,1996	49	4,0512
8	0,7340	29	2,6212	50	1,6295
9	0,6964	30	1,1717	51	2,3259
10	0,9364	31	0,5568	52	2,5400
11	1,9344	32	5,7485	53	1,8990
12	0,3959	33	0,1948	54	0,4681
13	2,5164	34	0,0836	55	3,3147
14	1,6812	35	0,7450	56	4,1349
15	0,2883	36	5,9680	57	8,3058
16	0,9903	37	2,3603	58	0,5427
17	2,4906	38	0,1988	59	1,1200
18	5,2682	39	1,5697	60	1,5588
19	5,3677	40	0,1570	61	0,3399
20	0,1634	41	0,3910	62	0,0416
21	0,3856	42	4,6565	63	0,6169

Lampiran C5. Lanjutan *Output* Pemeriksaan Distribusi Multivariat Normal Data Fase I (Mei 2015)

Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2	Obs Ke-	d_i^2
64	0,5559	71	1,5309	78	2,0452
65	3,2932	72	1,0135	79	0,4055
66	2,9664	73	3,3594	80	0,5355
67	2,1946	74	2,4488	81	3,2831
68	3,1275	75	2,9427	82	0,3680
69	0,9706	76	0,7874	83	3,9330
70	1,6557	77	1,8878		

Lampiran D. Uji Dependensi

Lampiran D1. Uji Dependensi Data Fase I

Correlations: SG; NVC

Pearson correlation of SG and NVC = 0.394
P-Value = 0.000

Lampiran D2. Uji Dependensi Data Fase II

Correlations: SG; NVC

Pearson correlation of SG and NVC = 0.595
P-Value = 0.000

Lampiran E. Peta Kendali M

Lampiran E1. Program Peta Kendali M Fase I

```
%Program Peta Kendali M
load data
alpha=input('masukkan nilai alpha: ')
[m,p]=size(data)
%Menghitung Matriks Kovarian
S=cov(data)
%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
```

Lampiran E2. Lanjutan Program Peta Kendali M Fase I

```

                                V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
                                end
                                end
                                %Menghitung Statistik M
                                inv_S=inv(S)
                                Vt=V.'
                                for j=1:n
                                    M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j)
                                end

                                %Menghitung Batas Kendali
                                ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p)
                                lcl=chi2inv(alpha/2,p)

                                %Peta Kendali
                                for j=1:n
                                    bka(j,1)=ucl
                                end
                                for j=1:n
                                    bkb(j,1)=lcl
                                end
                                x=1:m-1
                                y=M
                                plot(x,y,'b*-','x,bka','k-','x,bkb','k-')
                                title('Peta Kendali M Fase I')
                                xlabel('observasi ke-')
                                ylabel('M')
                                text(k,ucl,'UCL')
                                text(k,lcl,'LCL')

                                %Jumlah Observasi Yang Keluar
                                for j=1:n
                                    if (M(j,1)>ucl) | (M(j,1)<lcl)
                                        o(j,1)=j; else o(j,1)=0
                                    end;
                                end;
                                obs=sum(o)

```


Lampiran E3. Lanjutan Program Peta Kendali M Fase I

```

%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl) | (M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs_out=obs

```

Lampiran E4. Program Peta Kendali M Fase II

```

%Program Peta Kendali M
load data
load S
alpha=input('masukkan nilai alpha: ')
[m,p]=size(data)

%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
        V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
    end
end

%Menghitung Statistik M
inv_S=inv(S)
Vt=V.'
for j=1:n
    M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j)
end

%Menghitung Batas Kendali
ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p)
lcl=chi2inv(alpha/2,p)

```

Lampiran E5. Lanjutan Program Peta Kendali M Fase II

```

%Peta Kendali
for j=1:n
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:n
    bkb(j,1)=lcl
end
x=1:m-1
y=M
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase II')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('M')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs=sum(o)

%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs_out=obs

```

Lampiran E6. *Output Statistik M Fase I*

Obs Ke-	Statistik M	Obs Ke-	Statistik M	Obs Ke-	Statistik M
1	0,1921	27	0,0691	53	0,1182
2	0,6979	28	7,4804	54	5,5707
3	1,4182	29	5,0385	55	9,5982
4	0,9358	30	1,3779	56	8,0423
5	0,7149	31	1,0093	57	3,2682
6	1,3230	32	0,7383	58	3,6981
7	0,0639	33	0,0860	59	1,7189
8	1,9464	34	0,4226	60	0,0968
9	0,3135	35	0,3241	61	0,9206
10	0,1042	36	0,0860	62	0,7218
11	5,1307	37	3,2725	63	2,4462
12	9,0218	38	1,3078	64	0,6988
13	6,2245	39	0,1742	65	0,0050
14	7,5199	40	2,1054	66	1,0474
15	2,2725	41	1,7403	67	0,7670
16	0,2455	42	0,3765	68	0,4238
17	1,0234	43	0,4935	69	2,2160
18	1,4235	44	1,1475	70	3,8648
19	0,2832	45	0,4891	71	0,0218
20	1,2432	46	1,7649	72	0,9466
21	1,1428	47	2,1305	73	0,6754
22	0,2363	48	0,6556	74	1,9102
23	0,2347	49	3,4914	75	1,0124
24	0,0982	50	2,2682	76	0,4366
25	0,1252	51	2,2317	77	3,9402
26	1,5886	52	0,6425	78	3,1929

Lampiran E7. Lanjutan *Output* Statistik M Fase I

Obs Ke-	Statistik M	Obs Ke-	Statistik M
79	0,7304	105	2,7440
80	1,0238	106	4,9641
81	3,7878	107	0,2462
82	1,7178	108	0,4237
83	1,4717	109	9,2791
84	0,4070	110	5,6267
85	1,1040	111	0,0037
86	3,5278	112	1,4235
87	4,0340	113	0,1979
88	2,9137	114	0,0774
89	1,9533	115	0,1400
90	2,0614	116	2,9601
91	1,3403	117	2,8664
92	3,9821	118	0,3351
93	2,8216	119	1,4580
94	0,9350	120	0,7341
95	0,1834	121	0,7234
96	3,8048	122	3,1005
97	3,3175	123	0,6482
98	0,2024	124	0,1636
99	2,4328	125	0,1182
100	3,3608	126	0,0797
101	1,9753	127	0,3622
102	1,0208	128	0,6959
103	2,0809	129	2,1495
104	1,9867	130	0,2258

Lampiran E8. *Output* Statistik M Fase II

Obs Ke-	Statistik M	Obs Ke-	Statistik M
1	4,9505	27	0,0944
2	3,7895	28	1,2598
3	2,7299	29	1,0852
4	1,4762	30	0,3410
5	3,2687	31	1,6462
6	5,3217	32	2,4448
7	0,3703	33	0,1820
8	0,2189	34	0,2742
9	0,2872	35	4,5619
10	3,3102	36	4,7405
11	2,3610	37	0,6708
12	2,1500	38	1,2492
13	0,1373	39	1,2376
14	1,2568	40	0,0459
15	0,2266	41	4,3112
16	0,5121	42	4,2544
17	4,9289	43	0,1980
18	8,4638	44	1,2747
19	2,4417	45	1,9335
20	0,2233	46	1,9434
21	0,2114	47	1,2492
22	3,0777	48	1,1566
23	1,3826	49	2,3429
24	5,4348	50	0,0791
25	0,3307	51	5,4503
26	2,8002	52	4,2068

Lampiran E9. Lanjutan *Output* Statistik M Fase II

Obs Ke-	Statistik M	Obs Ke-	Statistik M
53	0,3839	68	0,4614
54	2,8675	69	1,8632
55	1,2054	70	0,0826
56	4,6829	71	1,0656
57	4,1044	72	3,3691
58	1,6435	73	3,2059
59	0,3569	74	3,3864
60	1,3109	75	1,4275
61	0,1904	76	0,1423
62	0,1988	77	4,6821
63	0,0781	78	0,7919
64	0,6601	79	0,0801
65	0,0037	80	1,2921
66	0,0293	81	0,7031
67	0,0363	82	2,8901

Lampiran F. Peta Kendali T² Hotelling

Lampiran F1. Program Peta Kendali T² Hotelling Fase I

```

%Program Peta Kendali T2 Hotelling Individu
load data
alpha=input('masukkan nilai alpha: ')
[m,p]=size(data)

%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
        V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
    end
end

%Menghitung Matriks Varians Kovarians
Vt=V.'
S=(1/(2*(m-1)))*Vt* V.'

%Menghitung Statistik T2 Hotelling Individu
inv_S=inv(S)
rata=mean(data)
for i=1:p
    for j=1:m
        xxbar(j,i)=data(j,i)-rata(1,i)
    end
end
xxbarT=xxbar.'
for j=1:m
    T(j,1)=xxbar(j,:)*inv_S*xxbarT(:,j)
end

%Menghitung Batas Kendali
a=p/2
f=(2*((m-1)^2))/(3*m-4)
b=(f-p-1)/2
ucl=((m-1)^2)/m)*betainv(1-alpha/2,a,b)
lcl=0

```

Lampiran F2. Lanjutan Program Peta Kendali T² Hotelling Fase I

```

%Peta Kendali
for j=1:m
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:m
    bkb(j,1)=lcl
end
x=1:m
y=T2 Hotelling
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali T2 Hotelling Individu')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('T2')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:m
    if(T(j,1)>ucl)|(T(j,1)<lcl)
        o(j,1)=1; else o(j,1)=0;
    end;
end;
out=sum(o)

%Observasi Yang Keluar
for j=1:m
    if(T(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0;
    end;
end;
obs_out=obs

```


Lampiran F3. Program Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

```

%Program Peta Kendali T2 Hotelling Individu
load data
load rata
load S
ucl=input('masukkan batas kontrol atas: ')
[m,p]=size(data)

%Menghitung Statistik T2 Hotelling Individu
inv_S=inv(S)
for i=1:p
    for j=1:m
        xxbar(j,i)=data(j,i)-rata(1,i)
    end
end
xxbarT=xxbar.'
for j=1:m
    T(j,1)=xxbar(j,:)*inv_S*xxbarT(:,j)
end

%Peta Kendali
lcl=0
for j=1:m
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:m
    bkb(j,1)=lcl
end
x=1:m
y=T2 Hotelling
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali T2 Hotelling Individu
Fase II')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('T2')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

```

Lampiran F4. Lanjutan Program Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

```
%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:m
    if(T(j,1)>ucl)|(T(j,1)<lcl)
        o(j,1)=1; else o(j,1)=0;
    end;
end;
out=sum(o)

%Observasi Yang Keluar
for j=1:m
    if(T(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0;
    end;
end;
obs_out=obs
```

Lampiran F5. *Output Statistik T² Hotelling Fase I*

Obs Ke-	Statistik T ² Hotelling	Obs Ke-	Statistik T ² Hotelling	Obs Ke-	Statistik T ² Hotelling
1	1,3584	26	1,7202	51	1,3815
2	0,3484	27	0,7843	52	4,8370
3	2,4228	28	1,3383	53	5,3260
4	5,3146	29	7,6645	54	3,3240
5	1,0234	30	2,7453	55	4,0744
6	0,1137	31	4,0862	56	10,3763
7	2,9608	32	0,3437	57	1,5341
8	1,9271	33	0,5338	58	4,1558
9	1,5074	34	0,5092	59	2,9099
10	0,3644	35	0,3012	60	0,0819
11	0,1846	36	0,4776	61	0,1127
12	7,9399	37	0,6341	62	1,1040
13	4,3253	38	4,6260	63	0,0444
14	3,2965	39	3,4901	64	4,1628
15	4,3861	40	3,4561	65	3,8597
16	0,3547	41	1,7321	66	4,2472
17	0,7000	42	0,4923	67	1,6881
18	0,4096	43	1,1850	68	0,9117
19	1,6288	44	0,4772	69	0,0345
20	4,1322	45	1,0035	70	5,3085
21	2,5688	46	0,6180	71	0,4396
22	0,0046	47	2,1779	72	0,6329
23	0,6229	48	1,3118	73	0,9574
24	0,3028	49	1,2781	74	0,2748
25	0,7444	50	5,7315	75	3,0664

Lampiran F6. Lanjutan *Output* Statistik T^2 Hotelling Fase I

Obs Ke-	Statistik T^2 Hotelling	Obs Ke-	Statistik T^2 Hotelling	Obs Ke-	Statistik T^2 Hotelling
76	0,4592	101	2,3056	126	1,5054
77	0,4785	102	0,7000	127	0,7988
78	5,6786	103	2,4538	128	1,2790
79	0,1657	104	0,5969	129	1,3355
80	1,3148	105	3,1120	130	1,8180
81	5,3292	106	13,6945	131	0,7098
82	0,8528	107	0,3925		
83	1,5951	108	1,7913		
84	0,4433	109	4,6876		
85	0,5151	110	9,7501		
86	2,7803	111	0,9846		
87	4,3312	112	0,8691		
88	2,2472	113	1,6225		
89	2,0654	114	0,6688		
90	0,5554	115	0,2623		
91	3,5807	116	1,0113		
92	2,4653	117	2,3542		
93	3,0597	118	2,4741		
94	1,6756	119	2,3350		
95	0,0258	120	2,7845		
96	0,3020	121	0,2387		
97	7,7065	122	2,9716		
98	0,7189	123	2,0340		
99	1,0405	124	1,6006		
100	1,4327	125	1,2467		

Lampiran F7. *Output* Statistik T² Hotelling Fase II

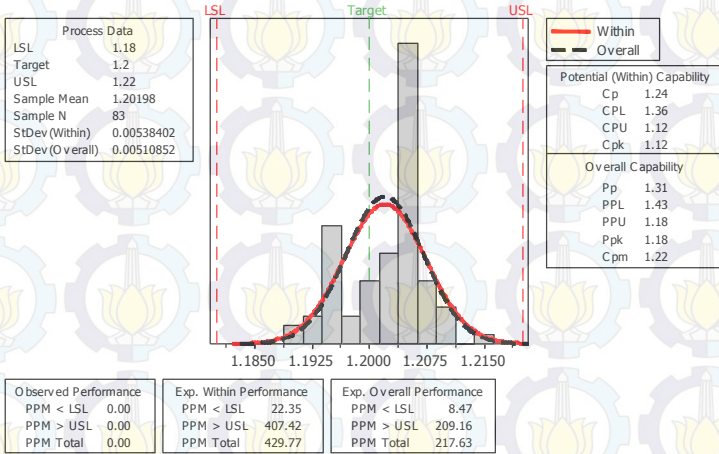
Obs Ke-	Statistik T ² Hotelling	Obs Ke-	Statistik T ² Hotelling
1	4,8748	27	0,2359
2	2,9449	28	0,1660
3	1,9538	29	2,4528
4	1,1802	30	0,9569
5	0,7540	31	0,3472
6	4,5859	32	5,7266
7	1,7480	33	0,2857
8	0,7304	34	0,0270
9	0,5483	35	0,4811
10	0,7224	36	7,4186
11	3,5714	37	1,5803
12	0,1748	38	0,0745
13	3,6236	39	2,0831
14	2,0661	40	0,0853
15	0,1137	41	0,2416
16	0,8268	42	7,2324
17	2,4834	43	0,2317
18	4,8143	44	0,0579
19	4,8693	45	3,4718
20	0,1081	46	0,0889
21	0,1400	47	3,4729
22	0,8262	48	0,0444
23	2,8651	49	3,2833
24	5,3242	50	1,2830
25	5,2904	51	2,1853
26	4,3515	52	4,3515

Lampiran F8. Lanjutan *Output* Statistik T^2 Hotelling Fase II

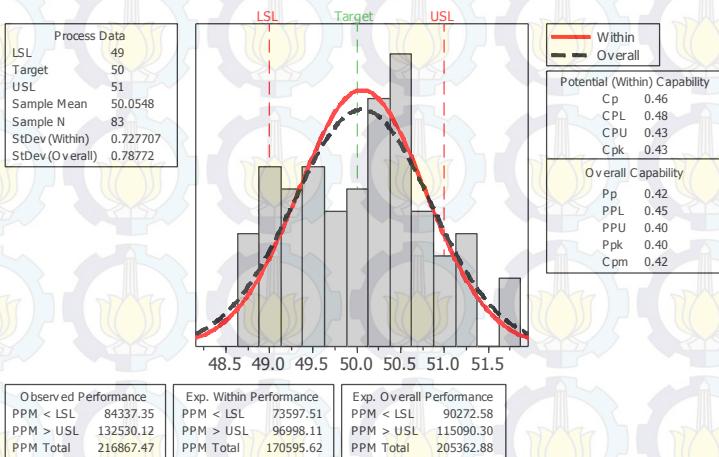
Obs Ke-	Statistik T^2 Hotelling	Obs Ke-	Statistik T^2 Hotelling
53	1,3590	69	1,6807
54	0,1821	70	0,9581
55	4,4561	71	0,8333
56	6,8471	72	0,8418
57	6,9182	73	3,5196
58	0,3375	74	1,9508
59	1,8521	75	2,4436
60	2,9483	76	1,7042
61	0,3310	77	3,5016
62	0,2579	78	1,9274
63	0,9118	79	0,1499
64	1,1752	80	0,2623
65	3,0717	81	2,7706
66	2,7803	82	0,3612
67	2,2810	83	6,3766
68	2,9241		

Lampiran G. Kapabilitas Proses

Lampiran G1. Output Kapabilitas Proses Univariat Specific Gravity



Lampiran G2. Output Kapabilitas Proses Univariat Non Volatile Content



Lampiran H. Tabel Distribusi dengan Perhitungan Ms. ExcelLampiran H1. Tabel Distribusi Beta $\alpha = 0,0027$

v2	v1						
	20	25	30	35	40	42,2823	45
1	0,281354	0,232264	0,197688	0,172041	0,15227	0,144677	0,136566

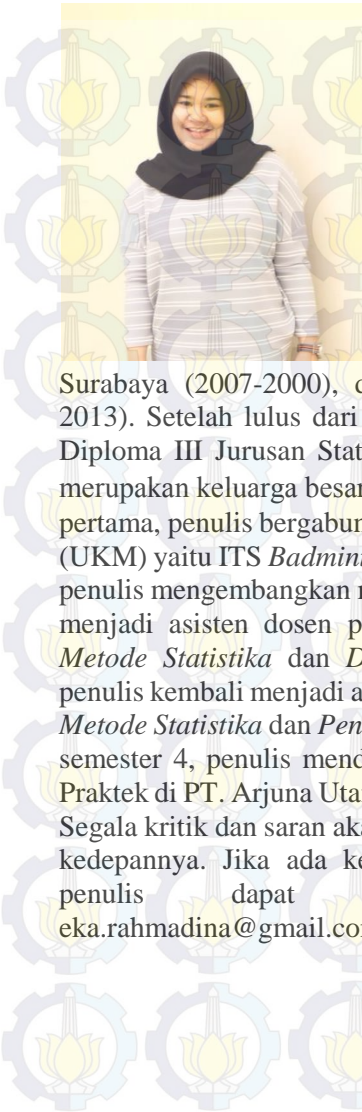
Lampiran H2. Tabel Distribusi F $\alpha = 0,0027$

v2	v1						
	70	75	80	81	85	90	95
1	11,1492	11,0876	11,0341	11,0242	10,9872	10,9457	10,9087
2	7,2726	7,2256	7,1847	7,1772	7,1490	7,1174	7,0893

Lampiran H3. Tabel Distribusi *Chi-square* $\alpha = 0,0027$

df	0,00135	0,99865
1	10,2729	1,5837
2	13,2153	0,0027
3	15,6304	0,0297
4	17,8004	0,1058

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Eka Rahmadina Widiyantoro yang biasa dipanggil Dina. Penulis dilahirkan di Surabaya, 22 Februari 1995 sebagai anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan suami istri, Widiyantoro dan Anna Susanti. Penulis bertempat tinggal di Surabaya dan telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Idhata, SD Laboratorium UNESA (2001-2007), SMP Negeri 22 Surabaya (2007-2000), dan SMA Negeri 15 Surabaya (2010-2013). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di Diploma III Jurusan Statistika FMIPA ITS Surabaya yang juga merupakan keluarga besar “*LEGENDARY*”, $\Sigma 24.053$. Pada tahun pertama, penulis bergabung dengan satu Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) yaitu ITS *Badminton Community* (IBC). Pada tahun kedua, penulis mengembangkan minatnya dalam bidang mengajar dengan menjadi asisten dosen pada mata kuliah praktikum *Pengantar Metode Statistika* dan *Desain Eksperimen*. Pada tahun ketiga, penulis kembali menjadi asisten dosen pada mata kuliah *Pengantar Metode Statistika* dan *Pengendalian Kualitas Statistika*. Pada akhir semester 4, penulis mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktek di PT. Arjuna Utama Kimia (ARUKI), Rungkut, Surabaya. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* eka.rahmadina@gmail.com