



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PUPUK UREA
DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

Cahya Astadan Saqti
NRP 1061150000018

Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT.

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



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PUPUK UREA
DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

Cahya Astadan Saqti
NRP 10611500000018

Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT.

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



FINAL PROJECT - SS 145561

**CAPABILITY PROCESS ANALYSIS FERTILIZER OF
UREA IN PT. PETROKIMIA GRESIK**

Cahya Astadan Saqti
NRP 10611500000018

Supervisor
Dra. Lucia Aridinanti, MT.

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

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PUPUK UREA
DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

CAHYA ASTADAN SAQTI
NRP 1061150000018

SURABAYA, 10 JULI 2018

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir


Dra. Lucia Aridinanti, MT.
NIP. 19610131 198701 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS


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



ANALISIS KAPABILITAS PROSES PUPUK UREA DI PT. PETROKIMIA GRESIK

Mahasiswa : Cahya Astadan Saqti
NRP : 1061150000018
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, MT.

Abstrak

PT. Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang memproduksi pupuk dan salah satu jenis pupuk yang diproduksi adalah urea. Terdapat dua variabel kualitas pada pupuk urea yaitu kadar air dan kadar biuret dimana variabel kualitas tersebut saling berhubungan. Proses pemeriksaan kualitas pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik dilakukan dengan cara pengujian di laboratorium yang mengacu pada batas spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil pemeriksaan pada laboratorium menentukan apakah hasil pemeriksaan telah sesuai atau tidak sesuai dengan batas spesifikasi, namun hasil pemeriksaan yang telah sesuai dengan batas spesifikasi belum tentu menunjukkan bahwa proses telah kapabel, oleh karena itu akan dilakukan analisis kapabilitas untuk melihat apakah hasil proses produksi sudah kapabel atau tidak. Dari hasil analisis tersebut pada bulan Januari 2018 (Fase I) dan Februari 2018 (Fase II) dengan peta T^2 Hotelling dan Generalized Variance proses sudah terkendali dan memiliki indeks kapabilitas proses MC_{pu} sebesar 2,23 untuk bulan Januari 2018 dan 1,645 untuk bulan Februari 2018. Terjadi penurunan pada indeks kapabilitas proses dari bulan Januari 2018 ke bulan Februari 2018. Akar penyebab dari menurunnya indeks kapabilitas proses cenderung disebabkan oleh mesin yang maintenance sehingga dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada proses produksi.

Kata Kunci : Kadar Air, Kadar Biuret, Kapabilitas Proses, Urea

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS FERTILIZER OF UREA IN PT. PETROKIMIA GRESIK

Student : Cahya Astadan Saqti
NRP : 1061150000018
Departement : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, MT.

Abstract

PT. Petrokimia Gresik is a company that produces fertilizer and one kind of fertilizer is urea. There are two quality variables on urea fertilizer is water content and biuret content where the quality variables are related. Process of quality inspection of urea fertilizer in PT. Petrokimia Gresik is done by testing in the laboratory that refers to specified limits. The results of laboratory test determine whether the results of the inspection have been appropriate or not in accordance with the specification limit, but the results of inspections that have been accordance with the specification limit does not necessarily indicate that the process has been capable, therefore will be performed capability analysis to see whether the production process is capable or not. From the analysis results in January 2018 and February 2018 within control charts T^2 Hotelling and Generalized Variance were statistically controlled, whereas multivariate had capable process capability with MC_{pu} value of 2,23 and 1,645. The root cause of the mismatch is likely to be caused by a maintenance machine that may cause a mismatch in the production process.

Keywords : Biuret Content, Capability Process, Urea, Water Content

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Pupuk Urea di PT. Petrokimia Gresik**”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan serta dukungan bagi penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT, selaku dosen penguji sekaligus validator dan Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si, selaku dosen penguji sekaligus Kepala Program Studi Diploma III yang telah memberikan motivasi dan saran untuk Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si, selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis yang telah memberi dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si, selaku Sekretaris Departemen Statistika Bisnis yang telah memberi dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Ibu Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes, selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, serta motivasi selama menempuh pendidikan.
6. Seluruh dosen Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan bekal ilmu dan pengalaman, beserta seluruh karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan kepada penulis.
7. Bapak Gery Eka L. selaku pembimbing lapangan di PT Petrokimia Gresik yang selalu memberikan bimbingan dan membagi pengalaman bagi penulis selama pengambilan data untuk Tugas Akhir.

8. Almarhum kakong, uti, almarhum engkong, entik, ayah, mamak, kedua adik serta keluarga besar atas iringan doa, dukungan semangat dan menjadi sosok inspiratif kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan mudah dan lancar.
9. Kakak tingkat D3 Statistika Bisnis, keluarga besar HIMADATA-ITS dan keluarga “HEROES” Statistika Bisnis ITS angkatan 2015 yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu selama penulis menempuh masa perkuliahan, serta memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini 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, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peta T^2 Hotelling	5
2.2 Peta <i>Generalized Variance</i>	8
2.3 Uji Independensi.....	9
2.4 Distribusi Normal Multivariat	10
2.5 Homogenitas Matriks Varian Kovarians	11
2.6 Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)	12
2.7 Indeks Kapabilitas Proses.....	14
2.8 Diagram Sebab Akibat	16
2.9 Pupuk Urea	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Variabel Penelitian	19
3.2 Cara Pengambilan Sampel.....	19
3.3 Langkah Analisis Data	21

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase I	27
4.1.1 Karakteristik Kualitas Produksi Pupuk Urea Fase I	27
4.1.2 Pengujian Independensi Fase I.....	28
4.1.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I	28
4.1.4 Peta <i>Generalized Variance</i> Produksi Pupuk Urea Fase I.....	29
4.1.5 Peta T^2 <i>Hotelling</i> Produksi Pupuk Urea Fase I.....	30
4.1.6 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase I.....	32
4.1.7 Analisis Perbandingan Fase I dan Fase II ...	33
4.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase II	34
4.2.1 Karakteristik Kualitas Produksi Pupuk Urea Fase II.....	35
4.2.2 Pengujian Independensi Fase II	35
4.2.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II.....	36
4.2.4 Peta <i>Generalized Variance</i> Produksi Pupuk Urea Fase II.....	37
4.2.5 Peta T^2 <i>Hotelling</i> Produksi Pupuk Urea Fase II.....	37
4.1.6 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase II.....	38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali T^2 Hotelling.....	6
Tabel 2.2 MANOVA <i>One Way</i>	12
Tabel 2.3 Distribusi <i>Wilk's Lambda</i>	13
Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Variabel Penelitian	19
Tabel 3.2 Struktur Data Pengamatan	20
Tabel 4.1 Karakteristik Data Produksi Pupuk Urea Fase I.....	27
Tabel 4.2 Indeks Kapabilitas Proses Fase I.....	33
Tabel 4.3 Karakteristik Data Produksi Pupuk Urea Fase II.....	35
Tabel 4.4 Indeks Kapabilitas Proses Fase I dan Fase II.....	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Contoh Diagram <i>Ishikawa</i> 16
Gambar 2.2	Diagram Proses Produksi..... 17
Gambar 3.1	Diagram Alir..... 22
Gambar 4.1	<i>Chi-square Plot</i> Data Januari 2018..... 29
Gambar 4.2	Peta <i>Generalized Variance</i> Fase I..... 30
Gambar 4.3	Peta T^2 <i>Hotelling</i> Fase I..... 30
Gambar 4.4	Diagram Sebab Akibat Fase I..... 31
Gambar 4.5	Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Perbaikan ke-1 32
Gambar 4.6	<i>Chi-square Plot</i> Data Februari 2018..... 36
Gambar 4.7	Peta <i>Generalized Variance</i> Fase II 37
Gambar 4.8	Peta T^2 <i>Hotelling</i> Fase II..... 38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data Proses Produksi Pupuk Urea Bulan Januari 2018..... 45
Lampiran 2	<i>Output</i> Statistika Deskriptif Fase I..... 46
Lampiran 3	<i>Output</i> Independensi Variabel Fase I..... 47
Lampiran 4	Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I..... 48
Lampiran 5	<i>Output</i> Uji Homogenitas Shift 51
Lampiran 6	<i>Output</i> Uji Perbedaan Shift..... 52
Lampiran 7	Nilai $|S|$ Fase I..... 53
Lampiran 8	Nilai T^2 <i>Hotelling</i> Fase I..... 54
Lampiran 9	Nilai T^2 <i>Hotelling</i> Fase I Setelah Perbaikan 55
Lampiran 10	<i>Output</i> Uji Perbandingan Fase..... 56
Lampiran 11	Data Proses Produksi Pupuk Urea Bulan Februari 2018..... 58
Lampiran 12	<i>Output</i> Statistika Deskriptif Fase II 59
Lampiran 13	<i>Output</i> Independensi Variabel Fase II 60
Lampiran 14	Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II 61
Lampiran 15	Nilai $|S|$ Fase II..... 64
Lampiran 16	Nilai T^2 <i>Hotelling</i> Fase II..... 65
Lampiran 17	Perhitungan Analisis Kapabilitas Proses 66
Lampiran 18	Surat Penjajakan 68
Lampiran 19	Surat Keterangan Diterima 69
Lampiran 20	Surat Kevalidan Data..... 70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak dahulu Indonesia sudah dikenal sebagai negara agraris karena memiliki kekayaan alam dan keanekaragaman hayati. Negara yang kaya akan hasil alam, kondisi tanah, dan musim yang sangat cocok dengan pertanian. Menciptakan bidang pertanian menjadi bagian penting dalam mendukung perekonomian nasional, terutama sebagai penyedia bahan pangan, sandang dan papan. Petani adalah sosok penting yang berperan terhadap bagaimana hasil panen yang dihasilkan. Keberhasilan panen dari proses pertanian tidak hanya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan petani, tetapi terdapat berbagai faktor salah satunya adalah dalam pemilihan pupuk apakah sesuai dengan tanaman atau tidak. Di Indonesia terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi pupuk salah satunya adalah PT. Petrokimia. Jenis pupuk yang diproduksi di PT. Petrokimia Gresik salah satunya adalah urea. Dalam perkembangannya, PT. Petrokimia Gresik melakukan pengembangan dengan meningkatkan kapasitas produksi melalui pembangunan pabrik baru pada pupuk urea yang pada awalnya memiliki kapasitas produksi sebesar 460.000 ton/tahun menjadi 1.030.000 ton/tahun, melakukan inovasi dengan produk – produk unggulan berupa pupuk organik, hayati, benih padi, dan probiotik serta produk – produk pertanian lainnya. Selain itu, juga memproduksi produk non-pupuk serta menyediakan jasa konstruksi.

Pupuk urea adalah pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi dan merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis) serta mengandung unsur hara N sebesar 46%. Pupuk urea yang berfungsi membuat daun tanaman lebih hijau, rimbun, dan segar. Nitrogen juga membantu tanaman sehingga mempunyai banyak zat hijau daun (klorofil) yang berfungsi untuk tanaman akan lebih mudah melakukan fotosintesis. Selain itu, pupuk urea juga mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dan

menambah kandungan protein di dalam tanaman (Wahyuni & Ardiwinata, 2011).

Guna menghasilkan produk pupuk urea yang sesuai dengan spesifikasi, maka diperlukan pengendalian kualitas terhadap suatu produk. Proses pengendalian kualitas secara statistik salah satunya menggunakan peta kendali. Peta kendali merupakan suatu metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam batas pengendalian kualitas secara statistik atau tidak. Pengendalian kualitas yang selama ini dilakukan oleh perusahaan hanya secara analisis kimia yaitu dilakukan di laboratorium dan berdasarkan hasil yang didapatkan masih terdapat kadar yang diluar batas spesifikasi, sehingga perlu dilakukan analisis secara statistika agar dapat diketahui apakah ada peningkatan atau penurunan kualitas untuk setiap bulan dan dapat mengetahui penyebab suatu proses tidak terkendali.

Pada penelitian ini digunakan peta kendali multivariat karena produk urea memiliki variabel kualitas lebih dari satu yaitu kadar air dan kadar biuret, dimana kadar air berhubungan dengan kadar biuret karena semakin tinggi kadar air dapat meningkatkan kadar biuret, maka protein yang terdapat pada kadar biuret akan hilang dan menyebabkan urea menjadi rusak sehingga tanaman tidak akan berkembang atau dapat juga menjadi mati. Peta kendali multivariat yang digunakan adalah peta kendali *generalized variance* yang digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses, serta peta kendali T^2 Hotelling untuk mengendalikan mean proses secara multivariat. Setelah didapatkan hasil produksi yang telah terkendali secara statistik, dilanjutkan untuk analisis kapabilitas proses yang bertujuan untuk mengetahui apakah proses produksi yang berlangsung sudah kapabel atau belum (Montgomery, 2013).

Penelitian tentang pupuk sebelumnya pernah dilakukan oleh Alqarina (2017) pada produk pupuk ZA I dengan hasil yaitu proses produksi telah terkendali dan telah kapabel.

1.2 Rumusan Masalah

Selama ini, cara memeriksa kualitas pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik dilakukan dengan cara pengujian di laboratorium. Hasil pengujian di laboratorium mengacu pada batas spesifikasi yang telah ditentukan, jika kadar air semakin tinggi dapat meningkatkan kadar biuret, maka protein yang terdapat pada kadar biuret akan hilang dan menyebabkan urea menjadi rusak sehingga tanaman tidak akan berkembang atau dapat juga menjadi mati. Hasil pemeriksaan pada laboratorium menentukan apakah hasil pemeriksaan telah sesuai atau tidak sesuai dengan batas spesifikasi, namun hasil pemeriksaan yang telah sesuai dengan batas spesifikasi belum tentu menunjukkan bahwa proses telah kapabel. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kapabilitas proses pupuk urea di PT Petrokimia Gresik pada periode Januari – Februari 2018. Dengan mengetahui tingkat kapabilitas proses maka dapat dilakukan *continous improvement*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kapabilitas proses produksi pupuk urea periode Januari – Februari 2018.
2. Mengetahui faktor-faktor yang menjadi penyebab produk cacat pupuk urea.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi untuk perusahaan berupa penyebab produk cacat dan kapabilitas proses pada produk pupuk urea yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk tersebut, yang akan dijadikan perbaikan untuk proses produksi selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil pemeriksaan proses produksi produk Urea oleh bagian *Department Control System* Pabrik I Urea.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kapabilitas proses merupakan kemampuan dari suatu proses untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan batas spesifikasi yang diharapkan. Proses dikatakan kapabel apabila proses telah terkendali secara statistik dan presisi tinggi. Presisi tinggi didapatkan melalui nilai indeks kapabilitas proses dari proses yang telah terkendali. Guna mengetahui suatu proses apakah sudah terkendali dapat dilihat melalui peta kendali. Pada penelitian ini digunakan peta T^2 *Hotelling* dan Peta *Generalized Variance* untuk mengetahui apakah plot dari data berada pada batas kendali. Agar dapat dianalisis dengan peta T^2 *Hotelling* dan Peta *Generalized Variance* maka asumsi yang harus dipenuhi adalah dependensi variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis MANOVA One Way juga dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui apakah *shift* berpengaruh terhadap variabel kualitas. Asumsi yang harus dipenuhi pada uji MANOVA One Way adalah uji homogenitas. Semua pengujian dan asumsi yang digunakan akan diuraikan sebagai berikut.

2.1 Peta T^2 *Hotelling*

Peta T^2 *Hotelling* digunakan untuk mengendalikan *mean* proses apakah sudah terkendali secara statistik atau tidak, dimana karakteristik kualitasnya terdapat dua atau lebih variabel karakteristik kualitas yang saling berhubungan. Karakteristik kualitasnya terdiri dari p variabel yaitu X_1, X_2, \dots, X_p . Peta T^2 *Hotelling* mempunyai subgrup yang berukuran m , dimana ukuran pada tiap-tiap subgrupnya adalah n dan p (Montgomery, 2013). Struktur data untuk peta T^2 *Hotelling* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali T^2 Hotelling

Subgrup (k)	Sampel tiap subgrup (i)	Karakteristik Kualitas (j)					
		x_1	x_2	...	x_j	...	x_p
1	1	X_{111}	X_{121}	...	X_{1j1}	...	X_{1p1}
	2	X_{211}	X_{221}	...	X_{2j1}	...	X_{2p1}

	i	X_{i11}	X_{i21}	...	X_{ij1}	...	X_{ip1}

	n	X_{n11}	X_{n21}	...	X_{nj1}	...	X_{np1}
	\bar{x}	$\bar{X}_{.11}$	$\bar{X}_{.21}$	...	$\bar{X}_{.j1}$	...	$\bar{X}_{.p1}$
	S^2	$S^2_{.11}$	$S^2_{.21}$	...	$S^2_{.j1}$	...	$S^2_{.p1}$
:	:	:	:	.	.	.	
k	1	X_{11k}	X_{12k}	...	X_{1jk}	...	X_{1pk}
	2	X_{21k}	X_{22k}	...	X_{2jk}	...	X_{2pk}

	i	X_{i1k}	X_{i2k}	...	X_{ijk}	...	X_{ipk}

	n	X_{n1k}	X_{n2k}	...	X_{nik}	...	X_{npk}
	\bar{x}	$\bar{X}_{.1k}$	$\bar{X}_{.2k}$	...	$\bar{X}_{.jk}$	...	$\bar{X}_{.pk}$
	S^2	$S^2_{.1k}$	$S^2_{.2k}$	...	$S^2_{.jk}$	...	$S^2_{.pk}$
.	
m	1	X_{11m}	X_{12m}	...	X_{1jm}	...	X_{1pm}
	2	X_{21m}	X_{22m}	...	X_{2jm}	...	X_{2pm}

	i	X_{i1m}	X_{i2m}	...	X_{ijm}	...	X_{ipm}

	n	X_{n1m}	X_{n2m}	...	X_{njm}	...	X_{npm}
	\bar{x}	$\bar{X}_{.1m}$	$\bar{X}_{.2m}$	...	$\bar{X}_{.jm}$	...	$\bar{X}_{.pm}$
	S^2	$S^2_{.1m}$	$S^2_{.2m}$	...	$S^2_{.jm}$	...	$S^2_{.pm}$
Rata-rata Keseluruhan		$\bar{\bar{X}}_{.1.}$	$\bar{\bar{X}}_{.2.}$	...	$\bar{\bar{X}}_{.j.}$	...	$\bar{\bar{X}}_{.p.}$
Rata-rata varian Keseluruhan		$\bar{\bar{S}}^2_{.1.}$	$\bar{\bar{S}}^2_{.2.}$	...	$\bar{\bar{S}}^2_{.j.}$	...	$\bar{\bar{S}}^2_{.p.}$

Keterangan :

i = sampel tiap subgrup, dimana $i = 1, 2, \dots, n$ j = karakteristik kualitas, dimana $j = 1, 2, \dots, p$

k = subgrup, dimana $k = 1, 2, \dots, m$

x_{ijk} = nilai pengamatan pada sampel ke- i , karakteristik kualitas ke- j , dan subgrup ke- k

Untuk mencari rata-rata sampel dan varian dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\bar{x}_{.jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (2.1)$$

$$s_{.jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.2)$$

Sehingga matriks kovarian S dari rata-rata sampel berukuran $p \times p$ maka dapat dibentuk seperti berikut.

$$S = \begin{bmatrix} \bar{s}_{.1.}^2 & \bar{s}_{21.} & \cdots & \bar{s}_{1p.} \\ & \bar{s}_{2.}^2 & \cdots & \bar{s}_{2p.} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \bar{s}_{.p.}^2 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Adapun nilai untuk peta T^2 *Hotelling* adalah sebagai berikut.

$$T_k^2 = n(\bar{\mathbf{x}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j})' \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_{.jk} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}_{.j}) \quad (2.4)$$

Pada peta T^2 *Hotelling* terdapat 2 fase yaitu fase I dan fase II. Fase I digunakan untuk mendapatkan hasil pengamatan yang terkendali, sehingga dapat digunakan untuk mengontrol pada fase II yang biasa disebut dengan analisis retropektif. Sehingga didapatkan batas kendali untuk peta T^2 *Hotelling* pada fase I adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn - m - p + 1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.5)$$

$$BKB = 0$$

Dimana pada fase II yang digunakan untuk mengendalikan produksi yang akan datang, batas kendali untuk fase II adalah pada persamaan berikut.

$$\text{BKA} = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.6)$$

$$\text{BKB} = 0$$

Peta kendali merupakan salah satu alat yang digunakan dalam SPC (*statistical process control*) berupa diagram yang menggambarkan titik pengamatan dalam suatu periode tertentu yang digunakan untuk melihat kualitas hasil proses produksi apakah terkendali secara statistik dan pola penyebaran dibatasi oleh batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB). Sebelum membuat peta T^2 Hotelling yang digunakan untuk mengendalikan suatu proses mean terlebih dahulu membuat peta *generalized variance* yang digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses.

2.2 Peta *Generalized Variance*

Peta *generalized variance* merupakan peta kendali yang mengendalikan proses variabilitas, yang dapat dituliskan dengan matriks kovarian Σ yang berukuran $p \times p$, unsur-unsur dari diagonal utama dari matriks ini adalah varians dari variabel proses individual dan elemen diagonal adalah kovarians. Pendekatan yang digunakan pada peta *generalized variance* ($|\mathbf{S}|$) yang secara luas digunakan untuk mengukur penyebaran multivariat. Aproksimasi asimtotik normal digunakan untuk mengembangkan peta kendali untuk $|\mathbf{S}|$, sehingga dapat menaksir *mean* dan varians dari $|\mathbf{S}|$ adalah persamaan berikut (Montgomery, 2013).

$$E(|\mathbf{S}|) = b_1 |\Sigma| \quad (2.7)$$

dan

$$V(|\mathbf{S}|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.8)$$

dimana

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad (2.9)$$

dan

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right] \quad (2.10)$$

Sehingga didapatkan bahwa batas kendali untuk peta *generalized variance* adalah

$$\text{BKA} = (|\mathbf{S}|/b_1) (b_1 + 3b_2^{1/2}) \quad (2.11)$$

$$\text{Garis Tengah} = |\mathbf{S}| \quad (2.12)$$

$$\text{BKB} = (|\mathbf{S}|/b_1) (b_1 - 3b_2^{1/2}) \quad (2.13)$$

Asumsi pada peta kendali multivariat adalah dependensi variabel dan distribusi normal multivariat. Peta kendali multivariat dapat dibuat apabila asumsi – asumsi tersebut telah terpenuhi.

2.3 Uji Independensi

Uji independensi atau yang biasa disebut uji *Bartlett* sensitif terhadap penyimpangan dari normalitas, uji independensi hanya mungkin menguji untuk non-normalitas. Uji independensi dapat digunakan untuk menguji apakah terdapat korelasi antar variabel respon Y_1, Y_2, \dots, Y_q .

Hipotesis :

$H_0: \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Tidak ada korelasi antar variabel Y atau independen)

$H_1: \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Ada korelasi antar variabel Y atau dependen)

Statistik Uji :

$$\chi_{hitung}^2 = - \left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right) \ln |\mathbf{R}| \quad (2.14)$$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$r_{x_j, x_{j'}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{m_i} (x_{ijk} - \bar{x}_j)(x_{ijk} - \bar{x}_{j'})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{m_i} (x_{ijk} - \bar{x}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{m_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{j'})^2}} \quad (2.16)$$

Keterangan:

\mathbf{R} = Matriks korelasi dari masing-masing variabel

$|\mathbf{R}|$ = Determinan matriks korelasi

p = banyaknya karakteristik kualitas

Jika ditetapkan pada taraf signifikan α maka keputusan yang dapat diambil jika hasil tolak H_0 atau $\chi_{hitung}^2 > \chi_{\alpha, p(p-1)/2}^2$ yang dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antar variabel Y atau dependen (Rencher, 2002).

2.4 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan suatu pengembangan dari bentuk distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu. Fungsi distribusi normal multivariat adalah sebagai berikut.

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}[(\mathbf{x}-\mu)']\Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu)} \quad (2.17)$$

Suatu variabel dapat dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan cara pemeriksaan menggunakan *chi-square* dan pengujian. Langkah-langkah untuk mengetahui apakah suatu populasi berdistribusi normal multivariat yaitu dengan menggunakan *chi-square* plot sebagai berikut.

1. Menghitung d_{ki}^2 , yaitu jarak yang dikuadratkan.

$$d_{ki}^2 = (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{v}^{-1} (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.18)$$

dimana

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} s_{.1.}^2 & s_{21.} & \cdots & s_{1p.} \\ & s_{.2.}^2 & \cdots & s_{2p.} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & s_{.p.}^2 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

2. Mengurutkan nilai d_{ki}^2 dari terkecil hingga terbesar
3. Menentukan nilai q dimana $q = \chi_{(p \times (n-j+0,5)/n)}^2$. Nilai tersebut didapatkan dari tabel distribusi χ^2 (*chi-square*).
4. Membuat *Chi-square Plot* antara d_{ki}^2 dan q .

Data dikatakan berdistribusi normal multivariat jika plot membentuk suatu garis linier dan nilai-nilai dari d_{ki}^2 yang kurang dari nilai $\chi_{(p \times (n-j+0,5)/n)}^2$ yang berada disekitar 50% (Johnson&Wichern, 2007).

2.5 Homogenitas Matriks Varian Kovarians

Homogenitas matriks varian kovarians digunakan untuk mengetahui apakah matriks varian kovarians homogen atau tidak maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *Box's M* dengan hipotesis sebagai berikut (Johnson dan Whincern, 2007).

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \Sigma_\ell \neq \Sigma_g, \text{ dimana } \ell = 1, 2, \dots, g$$

Statistik Uji :

$$C = (1-u)M \quad (2.20)$$

Dimana,

$$u = \left[\sum_{\ell} \frac{1}{(n_{\ell} - 1)} - \frac{1}{\sum_{\ell} (n_{\ell} - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.21)$$

$$M = \left[\sum_{\ell} (n_{\ell} - 1) \right] \ln |S_{\text{pooled}}| - \sum_{\ell} \sum_{\ell} [(n_{\ell} - 1) \ln |S_{\ell}|] \quad (2.22)$$

$$S_{pooled} = \frac{1}{\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1)} \{ (n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g \} \quad (2.23)$$

Jika pada taraf signifikan α maka keputusan yang dapat diambil jika hasil tolak H_0 atau $C > X_{p(p+1)(g-1)/2; \alpha}$ yang dapat disimpulkan bahwa homogen.

2.6 *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*

Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) adalah teknik analisis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua populasi atau lebih dalam kasus multivariat random sampel yang diperoleh dari g populasi (Johnson dan Wichern, 2007). Sebelum melakukan pengujian, terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1. Sampel acak berasal dari populasi berbeda yang saling independen.
2. Matriks varian kovarian Σ antar perlakuan identik.
3. Setiap populasi memiliki distribusi multivariat normal.

Persamaan model MANOVA *One Way* untuk vektor-vektor rata-rata g populasi dan hipotesis adalah sebagai berikut.

$$X_{\ell i} = \mu + \tau_{\ell} + e_{\ell i} \quad i = 1, 2, \dots, n; \ell = 1, 2, \dots, g$$

Susunan tabel MANOVA dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 MANOVA *One Way*

Sumber Variasi	Matriks Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas
Perlakuan	$B = \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$	$g - 1$
Residual	$W = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g$

Total	$\mathbf{B} + \mathbf{W} = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{i\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - 1$
-------	---	--------------------------------

Setelah menyusun tabel MANOVA, maka selanjutnya menghitung nilai *Wilk's Lambda* ditunjukkan pada Persamaan (2.24) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \boldsymbol{\tau}_1 = \boldsymbol{\tau}_2 = \dots = \boldsymbol{\tau}_g = \mathbf{0}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu pasang } \boldsymbol{\tau}_g \neq \mathbf{0},$$

Statistik uji :

$$\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{B} + \mathbf{W}|} \quad (2.24)$$

Jika sudah diperoleh nilai *Wilk's Lambda* maka menghitung nilai F_{hitung} berdasarkan distribusi *Wilk's Lambda* dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Distribusi *Wilks' Lambda*

Jumlah Variabel	Jumlah Grup	Distribusi Sampling untuk Data Multivariat Normal
$p = 1$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{g-1, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}$
$p = 2$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2(g-1), 2 \left(\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1 \right)}$
$p \geq 1$	$g = 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}{p} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{p, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}$
$p \geq 1$	$g = 3$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2p, 2 \left(\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2 \right)}$

Pada taraf signifikan sebesar α maka H_0 akan ditolak, apabila $P_{\text{value}} < \alpha$ atau $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$.

Jika asumsi homogenitas varians kovarians tidak terpenuhi atau matriks varian kovarian tidak homogen maka analisis akan dilanjutkan pada uji *Behrens-Fisher* pada Persamaan (2.25) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_i = \mu_\ell = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \mu_\ell \neq 0 ; \ell = 1, 2, \dots, g$$

$$\text{Daerah kritis : } H_0 \text{ ditolak jika } H > \chi^2_{(\alpha, p)}$$

Statistik Uji :

$$H = [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2]' \left[\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}_1} \mathbf{S}_1 + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}_2} \mathbf{S}_2 \right]^{-1} [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2] \quad (2.25)$$

dimana,

$\bar{\mathbf{x}}_1$ = matriks rata-rata pada *treatment* ke-1

$\bar{\mathbf{x}}_2$ = matriks rata-rata pada *treatment* ke-2

\mathbf{S}_1 = matriks varians kovarians *treatment* ke-1

\mathbf{S}_2 = matriks varians kovarians *treatment* ke-2

2.7 Indeks Kapabilitas Proses

Indeks Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk/jasa sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Kapabilitas proses merupakan bagian yang sangat penting dalam keseluruhan peningkatan kualitas. Suatu proses dikatakan kapabel jika proses memenuhi kondisi berikut (Montgomery, 2013).

1. Proses terkendali secara statistik.
2. Proses memenuhi batas spesifikasi.
3. Proses memiliki akurasi dan presisi tinggi.

Suatu proses dikatakan terkendali secara statistik jika variasi yang terjadi hanya *random causes*. Kemampuan proses

dapat dinyatakan sebagai persentase produk yang berada di dalam spesifikasi dimana dapat dilihat dari nilai presisi dan akurasi. Presisi adalah ukuran kedekatan antar hasil pengamatan, sedangkan akurasi adalah ukuran kedekatan antara hasil pengamatan dengan target yang ditetapkan. Indeks kapabilitasnya dapat digunakan sebagai tolok ukur untuk mengidentifikasi kapabel tidaknya suatu proses. Asumsi yang harus dipenuhi sebelum melakukan analisis kapabilitas proses multivariat adalah peta kendali multivariat sudah dalam keadaan terkendali dan asumsi multivariat juga telah terpenuhi. Indeks kapabilitas multivariat dapat dihitung menggunakan metode rata-rata pembobot (*weighting average*) seperti berikut.

$$MC_P = \sum_{j=1}^P W_j C_P(X_j)$$

$$MC_{PK} = \sum_{j=1}^P W_j C_{PK}(X_j)$$

dengan

$$C_P(X_j) = \frac{BSA - BSB}{6\sigma}$$

$$C_{PK}(X_j) = \min\left(\frac{BSA - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - BSB}{3\sigma}\right)$$

$$\sum_{j=1}^P W_j = 1$$

Keterangan:

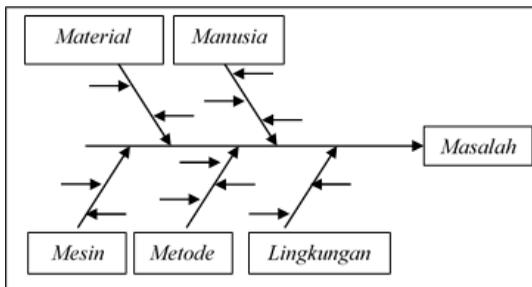
C_P = Indeks Kapabilitas Potensial

C_{PK} = Indeks Kapabilitas *Performance*

MC_P dan MC_{PK} masing-masing ekuivalen dengan C_P dan C_{PK} pada kasus multivariat dan W_j menunjukkan bobot untuk masing-masing variabel karakteristik kualitas berdasarkan tingkat kepentingan variabel (Raissi, 2009).

2.8 Diagram Sebab Akibat

Diagram *Ishikawa* merupakan salah satu alat TQM yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah kualitas dan titik inspeksi yang mempengaruhi suatu hasil proses produksi. Diagram ini berbentuk seperti tulang ikan (*fish bone*) yang mempunyai arti yaitu menggambarkan hubungan antara suatu masalah dengan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya masalah. Pada proses produksi terjadinya masalah disebabkan oleh 4M+1L yaitu mesin (*machine*), manusia (*man*), metode (*method*), bahan baku (*material*) dan lingkungan (*environment*). Dimana suatu kasus atau penyebab permasalahan diletakkan pada kepala ikan, dan faktor-faktor yang menyebabkan diletakkan pada duri ikan tersebut dan setiap masalah yang terjadi akan dicari lagi masalah tersebut (Heizer&Render, 2009).

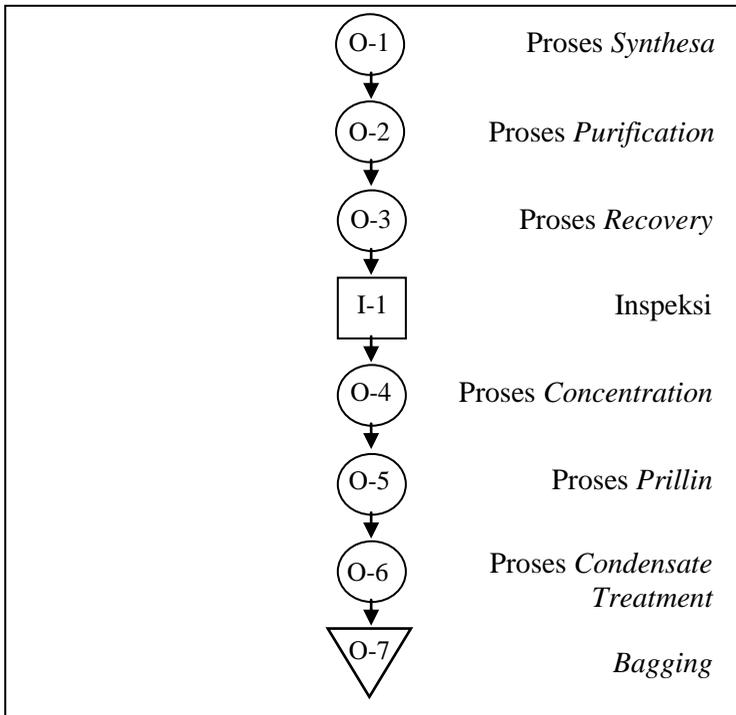


Gambar 2.1 Contoh Diagram *Ishikawa*

2.9 Pupuk Urea

Pupuk Urea adalah pupuk kimia yang mengandung kadar nitrogen (N) tinggi. Unsur nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman yang bermanfaat membuat bagian tanaman lebih hijau dan segar, mempercepat pertumbuhan, menambah kandungan protein hasil panen. Gejala kekurangan unsur hara Nitrogen pada tanaman menyebabkan seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan, pertumbuhan tanaman lambat dan kerdil, dan pertumbuhan buah tidak sempurna dimana buah seringkali masak sebelum waktunya. Pupuk urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih yang bersifat higroskopis dan mudah

larut dalam air (Petrokimia, 2018). Proses produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik disajikan oleh Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Diagram Proses Produksi
Proses produksi pembuatan pupuk urea dimulai dengan proses *Synthesa* yaitu proses pembuatan mereaksikan cairan NH_3

dan gas CO₂ pada urea reaktor. Proses selanjutnya adalah proses *Purifikasi* yaitu proses pemisahan ammonium karbamat yang tidak terkonversi dan kelebihan amonia diuraikan yang kemudian dilanjutkan pada proses *Recovery* yaitu pengambilan gas amonia dan gas karbondioksida untuk dilakukan *recycle* kembali. Proses berikutnya merupakan proses *Concentration* dimana larutan urea dari unit purifikasi dikristalkan secara vacum, kemudian kristal urea dipisahkan di Centrifuge. Setelah keluar dari Centrifuge dilanjutkan ke tahap *Prilling* yaitu kristal urea dikeringkan sampai menjadi 99,8% berat dengan udara panas. Dilanjutkan ke tahap *Condensate Treatment* dimana uap air yang didapatkan dari hasil pengeringan didinginkan dan dikondensasikan. Kemudian didistribusikan merata ke distributor dan dari distributor dijatuhkan kebawah sambil didinginkan oleh udara dari bawah dan menghasilkan produk urea.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini mengenai pengendalian kualitas sebanyak 2 variabel yaitu :

1. Kadar air, yang merupakan persentase kandungan air yang terkandung di dalam suatu bahan seperti tanah, bebatuan, bahan pertanian, dan lain sebagainya dan memiliki peranan penting dalam proses pembusukan dan kerusakan dalam suatu bahan.
2. Kadar biuret, yang merupakan senyawa dengan dua ikatan *peptide* yang terbentuk pada pemanasan dua molekul urea. Pada pupuk urea terdapat kandungan biuret digunakan untuk menguji tingkat kandungan protein.

Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Batas Spesifikasi	Satuan
X ₁	Kadar Air	Maks 0.5	%
X ₂	Kadar Biuret	Maks 1.2	%

Kadar air dan kadar biuret pada produk pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik. Variabel tersebut merupakan syarat mutu pupuk urea yang saling berhubungan. Ketika kadar air terlalu tinggi dapat menyebabkan kadar biuret meningkat melebihi batas spesifikasi yang sudah ditetapkan, sehingga semakin tingginya kadar biuret dapat membunuh tanaman. Batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan untuk pupuk urea mengacu pada standar spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) yang sesuai disajikan oleh Tabel 3.1.

3.2 Cara Pengambilan Sampel

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder variabel kualitas hasil pemeriksaan produksi produk urea PT. Petrokimia Gresik yang dilakukan pada bulan Januari-Februari 2018 yang dibuktikan oleh Lampiran 18, Lampiran 19, dan Lampiran 20. Subgrup yang digunakan adalah hari pengamatan dengan sampel tiap subgrup adalah *shift* yang terdiri dari *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3. Pada fase I digunakan data bulan

Januari 2018 sebanyak 26 hari dan fase II digunakan data bulan Februari 2018 sebanyak 27 hari memiliki struktur data yang sama seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Pengamatan

Hari Pengamatan (k)	Shift (i)	Variabel kualitas (j)	
		X_1 (Kadar Air)	X_2 (Kadar Biuret)
1	1	X_{111}	X_{121}
	2	X_{211}	X_{221}
	3	X_{311}	X_{321}
2	1	X_{112}	X_{122}
	2	X_{212}	X_{222}
	3	X_{312}	X_{322}
:	:	:	:
m	1	X_{11m}	X_{12m}
	2	X_{21m}	X_{22m}
	3	X_{31m}	X_{32m}

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara *shift* terhadap kadar air dan kadar biuret. Sehingga keputusan yang didapat digunakan untuk memilih subgrup. Uji homogenitas terlebih dahulu dilakukan untuk mengetahui apakah matriks varians kovarians *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 terhadap variabel kualitas kadar air dan kadar biuret homogen atau tidak. Hipotesis dan hasil pengujian adalah sebagai berikut.

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \Sigma_3$ (matriks varians kovarians *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 homogen)

H_1 : minimal ada satu matriks varians kovarians *shift* yang tidak homogen

Pada taraf signifikan (α) sebesar 5%, maka diperoleh hasil seperti pada Lampiran 5 yang diperoleh nilai *box's M* (C) sebesar 7,121 lebih kecil dari $\chi^2_{0,05;6}$ sebesar 12,592 serta didapatkan *P-value* sebesar 0,322 lebih besar dibandingkan dengan taraf

signifikan 5% sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang berarti matriks varian kovarians *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 homogen. Asumsi pada analisis MANOVA telah terpenuhi sehingga dapat dilanjutkan ke analisis MANOVA dengan hipotesis dan hasil pengujian adalah sebagai berikut.

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata *shift* 1, *shift* 2, dan *shift* 3 pada proses produksi pupuk urea)

$H_1 : \tau_g \neq 0$ (minimal ada satu perbedaan antara rata-rata *shift* pada proses produksi pupuk urea)

Hasil pengujian MANOVA pada Lampiran 6 menunjukkan bahwa nilai *wilk's lambda* sebesar 0,979 yang artinya jika nilai *wilk's lambda* semakin mendekati satu, maka *shift* semakin tidak berpengaruh terhadap kadar air dan kadar biuret. Berdasarkan nilai F sebesar 0,823 kurang dari $F_{(0,05;4;155)}$ sebesar 2,430 serta *P-value* yang diperoleh sebesar 0,511 lebih besar dari taraf signifikan sebesar 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara jam kerja (*shift*) terhadap kadar air dan kadar biuret, sehingga pada penelitian ini hari pengamatan digunakan sebagai subgrup dan *shift* sebagai anggota subgrup.

3.3 Langkah Analisis Data

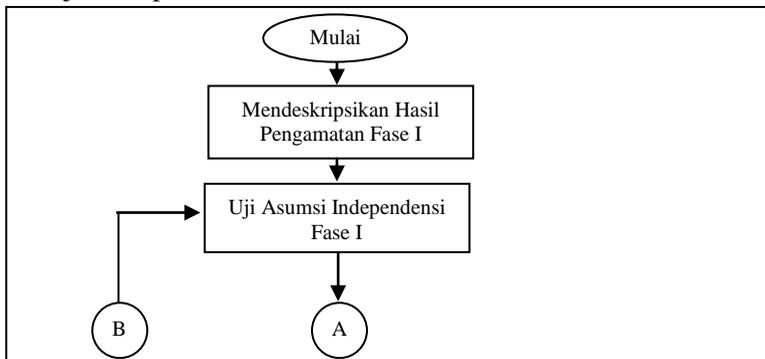
Langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan hasil pengamatan variabel proses produksi pupuk urea pada fase I.
2. Melakukan pengujian independensi pada fase I untuk mengetahui apakah variabel kadar air dan kadar biuret saling berhubungan atau tidak.
3. Melakukan pemeriksaan asumsi multivariat normal pada fase I untuk mengetahui apakah variabel kadar air dan kadar biuret telah memenuhi asumsi multivariat normal.
4. Membuat peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 *Hotelling* pada fase I. Jika proses tidak terkendali secara statistik maka dilakukan identifikasi penyebab adanya

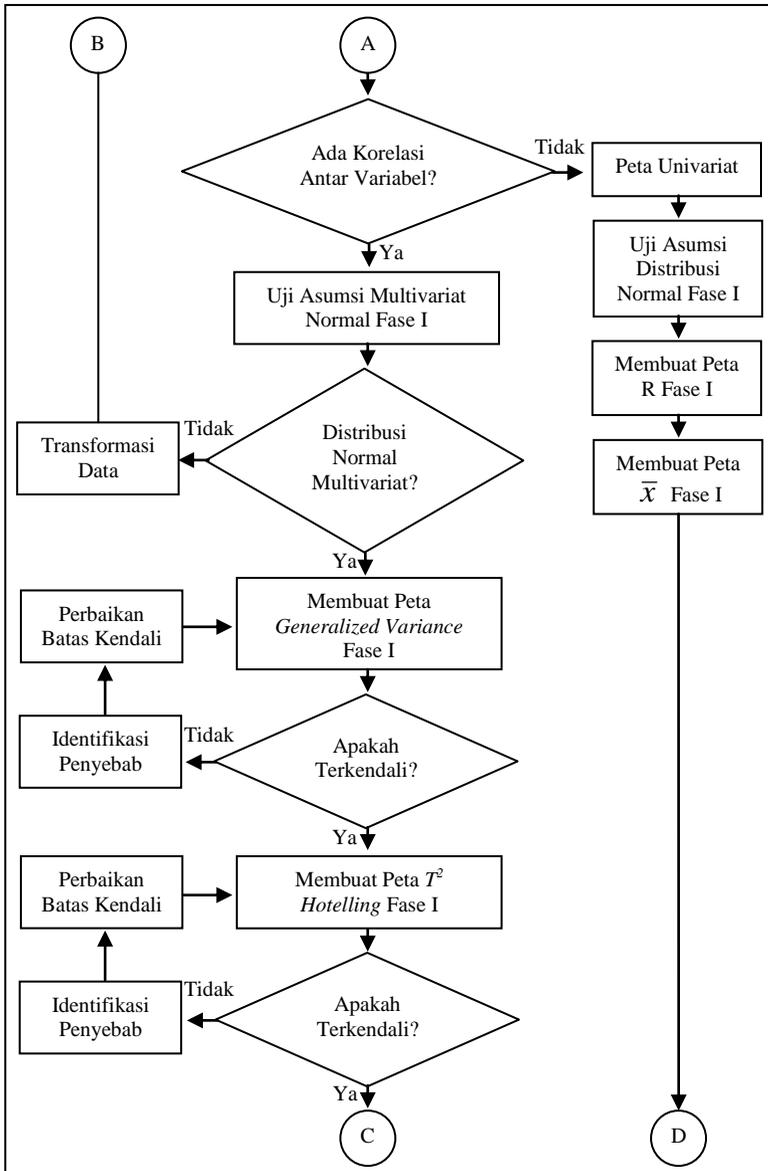
proses *out of control* dengan diagram *ishikawa* hingga proses terkendali.

5. Menghitung indeks kapabilitas proses pada fase I.
6. Melakukan pengujian analisis perbedaan fase untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara fase I dan fase II.
7. Mendeskripsikan hasil pengamatan variabel proses produksi pupuk urea pada fase II.
8. Melakukan pengujian independensi pada fase II untuk mengetahui apakah variabel kadar air dan kadar biuret saling berhubungan atau tidak.
9. Melakukan pemeriksaan asumsi multivariat normal pada fase II untuk mengetahui apakah variabel kadar air dan kadar biuret telah memenuhi asumsi multivariat normal.
10. Membuat peta kendali *Generalized Variance* dan T^2 *Hotelling* pada fase II. Jika proses tidak terkendali secara statistik maka dilakukan identifikasi penyebab adanya proses *out of control* dengan diagram *ishikawa* hingga proses terkendali.
11. Menghitung indeks kapabilitas proses pada fase II.
12. Menginterpretasikan hasil analisis data.
13. Menarik kesimpulan dan saran.

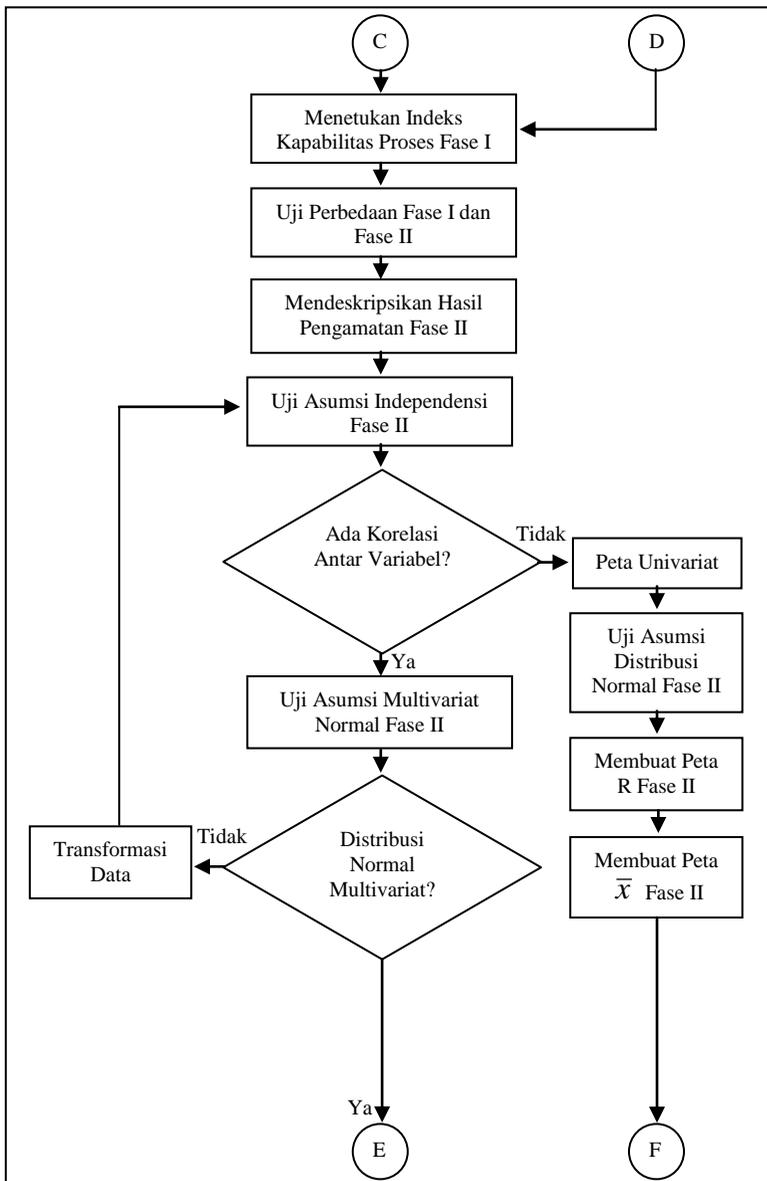
Diagram alir dari langkah analisis pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



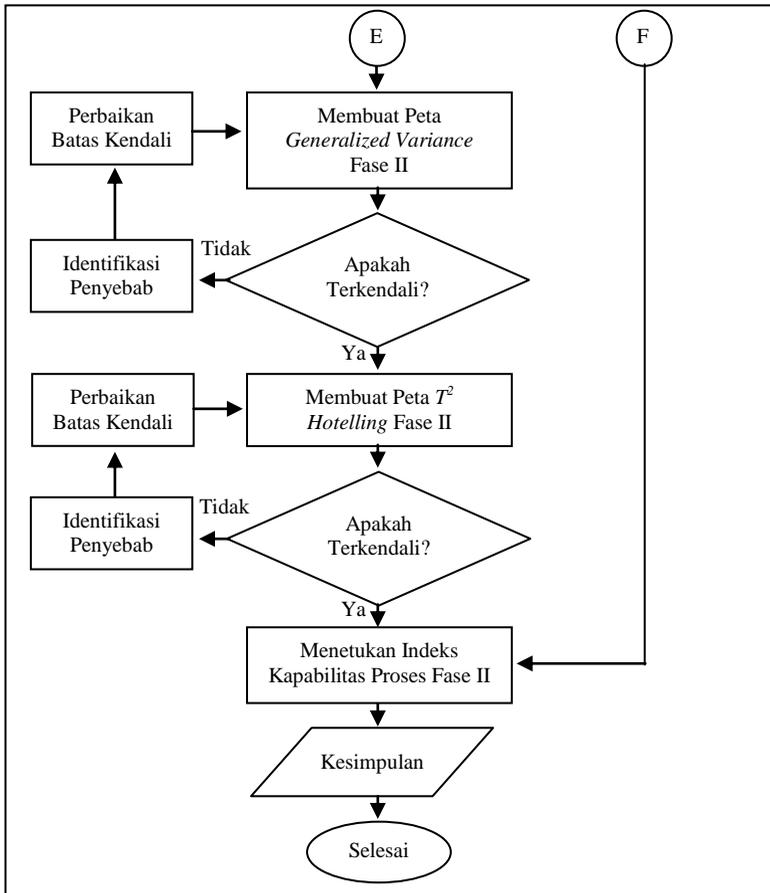
Gambar 3.1 Diagram Alir



Lanjutan Gambar 3.1 Diagram Alir



Lanjutan **Gambar 3.1** Diagram Alir

Lanjutan **Gambar 3.1** Diagram Alir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase I

Pembahasan di bab 4 ini akan dilakukan analisis kapabilitas proses pada proses produksi pupuk urea. Untuk melakukan analisis kapabilitas proses maka proses harus terkendali secara statistik. Agar proses terkendali secara statistik maka asumsi yang harus dipenuhi adalah dependensi variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis pada fase I menggunakan hasil proses produksi di bulan Januari 2018.

4.1.1 Karakteristik Kualitas Produksi Pupuk Urea Fase I

Analisis mengenai data produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik secara deskriptif pada fase I disajikan pada Tabel 4.1 dan Lampiran 2 dimana variabel kualitas yang digunakan adalah kadar air dan kadar biuret

Tabel 4.1 Karakteristik Data Produksi Pupuk Urea Fase I

Variabel Kualitas	Rata-Rata	Varians	Minimum	Maksimum	Batas Spesifikasi
Kadar Air	0,48577	0,00154	0,41	0,59	Maks 0,5
Kadar Biuret	0,85756	0,00071	0,80	0,92	Maks 1,2

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa karakteristik data produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik fase I. Variabel kualitas kadar air memiliki rata-rata sebesar 0,48577 dimana varians yang didapat sebesar 0,00154. Diketahui juga pada variabel kualitas kadar air bahwa terdapat nilai pengamatan yang berada diluar batas spesifikasi yang ditentukan, dimana batas spesifikasi untuk variabel kualitas kadar air yang telah ditentukan oleh perusahaan adalah maks 0,5 % .

Pada variabel kualitas kadar biuret memiliki rata-rata sebesar 0,85756 dimana varians yang didapat sebesar 0,00071. Selain itu, pada variabel kualitas kadar biuret tidak didapatkan nilai pengamatan yang diluar batas spesifikasi.

4.1.2 Pengujian Independensi Fase I

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara variabel kadar air dan kadar biuret. Berikut merupakan hipotesis dan hasil dari pengujian.

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Tidak ada korelasi antar kadar air dan kadar biuret)

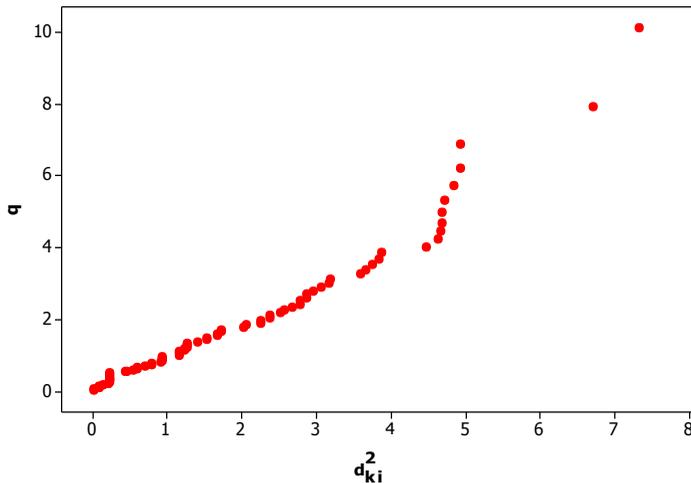
$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Terdapat korelasi antar kadar air dan kadar biuret)

Berdasarkan data pada Lampiran 1 dengan menggunakan Persamaan (2.14), diperoleh hasil seperti pada Lampiran 3. Nilai χ^2 yang diperoleh sebesar 0,586 lebih kecil dari $\chi^2_{0,05;1}$ yaitu sebesar 3,841 serta didapatkan *P-value* sebesar 0,444 lebih besar dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang berarti tidak ada korelasi antara kadar air dan kadar biuret pada fase I. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antara karakteristik kualitas tidak terdapat korelasi namun secara proses kimiawi menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas terdapat korelasi, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis multivariat dan dapat dilanjutkan ke asumsi distribusi normal multivariat.

4.1.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengamatan telah berdistribusi normal multivariat yaitu dengan melihat nilai proporsi yang diperoleh serta *Chi-square plot* yang diperoleh dari data pada Lampiran 1.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *plot* yang terbentuk telah mengikuti garis linier, sehingga dapat disimpulkan pengamatan telah berdistribusi normal multivariat. Selain itu, berdasarkan Lampiran 4.2 diperoleh proporsi nilai d_{ki}^2 sebesar 0.48 setara dengan 48% yang kurang dari nilai χ^2 dimana nilai tersebut nilai tersebut berada di sekitar nilai 50% sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengamatan pada bulan Januari 2018 berdistribusi normal multivariat.

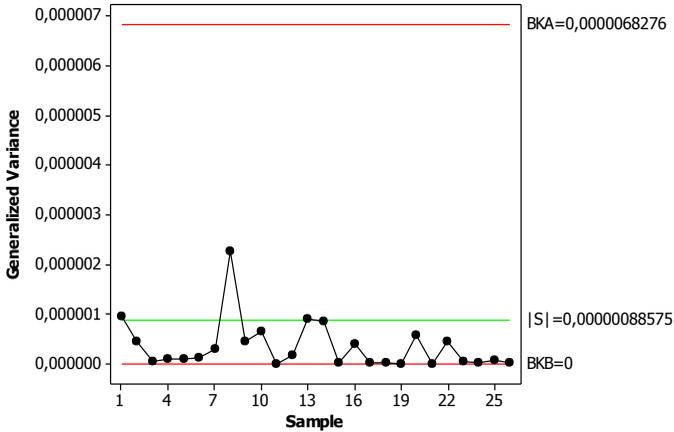


Gambar 4.1 *Chi-square Plot* Data Januari 2018

4.1.4 **Peta *Generalized Variance* Produksi Pupuk Urea Fase I**

Peta *Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses untuk data multivariat. Apabila variabilitasnya telah terkendali, maka dapat dilanjutkan pada peta kendali untuk *mean proses*. Pengendalian proses pada variabilitas ini menggunakan data pada Lampiran 1 dan hasil perhitungan nilai $|S|$ dapat dilihat pada Lampiran 7.

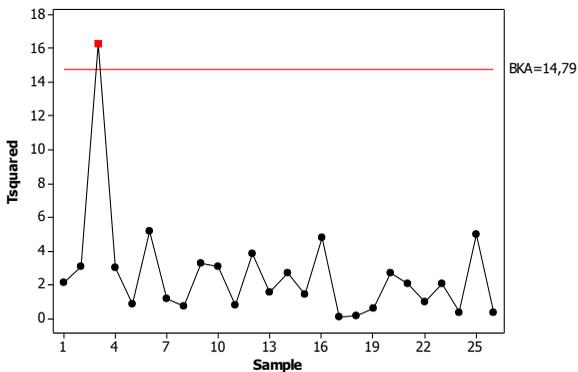
Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari pengendalian variabilitas proses produksi pupuk urea fase I. secara visual bahwa variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase I tidak terdapat pengamatan yang diluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase I telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu peta T^2 *Hottelling* untuk mengukur *mean proses*.



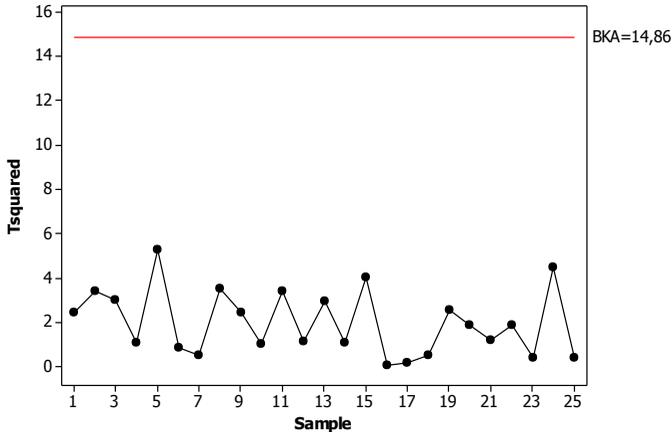
Gambar 4.2 *Peta Generalized Variance* Fase I

4.1.5 *Peta T^2 Hotelling* Produksi Pupuk Urea Fase I

Setelah melakukan pengendalian pada variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase I dan telah terkendali secara statistik, maka dilanjutkan pada pengendalian *mean proses* dengan menggunakan *peta T^2 Hotelling*. Berikut merupakan hasil analisis pengendalian *mean proses* pada proses produksi pupuk urea pada fase I.



Gambar 4.3 *Peta T^2 Hotelling* Fase I



Gambar 4.5 Peta T^2 Hotelling perbaikan ke-1

Andaikan setelah dilakukan perbaikan proses dibuat peta kendali yang baru dengan menghilangkan pengamatan yang berada diluar batas kendali dan didapatkan batas kendali baru dan hasil perhitungan T^2 yang baru seperti pada Lampiran 9. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali sehingga dapat disimpulkan bahwa *mean proses* pada proses produksi pupuk pupuk urea pada fase I telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya yaitu kapabilitas proses dari proses produksi pupuk pupuk urea pada fase I.

4.1.6 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase I

Setelah dilakukan analisis peta *Generalized Variance* serta peta T^2 Hotelling pada proses produksi pupuk urea pada fase I dan didapatkan hasil yang telah terkendali, selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses, guna menaksir kemampuan proses produksi. Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau buruk. Penentuan indeks

kapabilitas proses produksi pupuk urea fase I disajikan pada Lampiran 17.1 dan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Indeks Kapabilitas Proses Fase I

Variabel	Cpu
Kadar Air	0,16
Kadar Biuret	4,30
Multivariat	2,23

Pada fase I dapat disimpulkan bahwa proses produksi pupuk urea secara univariat untuk variabel kualitas kadar air tidak kapabel, sedangkan variabel kualitas kadar biuret kapabel. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan indeks kapabilitas secara multivariat pada fase I. Berdasarkan Persamaan 2.28 diperoleh nilai MC_{cpu} sebesar 2,23 yang berarti secara multivariat kemampuan proses produksi pupuk urea pada fase I memiliki kemampuan proses yang sangat baik. Berikut adalah perhitungan indeks kapabilitas multivariat fase I.

$$MC_{cpu} = (0,5 \times 0,16) + (0,5 \times 4,30) = 2,23$$

4.1.7 Analisis Perbandingan Fase I dan Fase II

Analisis perbedaan fase pada proses produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik dilakukan untuk melihat apakah terdapat pergeseran proses antara fase I dan fase II. Analisis MANOVA digunakan untuk melihat kondisi tersebut. Salah satu asumsi yang harus dipenuhi pada uji MANOVA adalah homogen.

Pengujian homogenitas dilakukan untuk mengetahui kehomogenan matriks varians kovarians terhadap fase I dan fase II pada proses produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik. Berikut merupakan hipotesis dan hasil dari pengujian.

H_0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2$ (Matriks varians kovarians fase I dan fase II homogen)

H_1 : Ada satu matriks varians kovarians fase I dan fase II yang tidak homogen

Pada taraf signifikan (α) sebesar 5%, maka diperoleh hasil seperti Lampiran 10.1 yang didapatkan bahwa nilai C sebesar 16,943 lebih besar dari $\chi^2_{0,05;3}$ sebesar 7,814 dan P-value sebesar

0,001 lebih kecil dari taraf signifikan sebesar 0,05. sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 yang artinya adalah ada satu matriks varians kovarian fase 1 dan fase 2 yang tidak homogen. Asumsi matriks varians kovarians belum terpenuhi, maka untuk mengetahui perbedaan fase I dan fase II digunakan uji *Behrens-Fisher*.

Uji *Behrens-Fisher* ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar fase 1 dan fase 2 dalam proses produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik dimana asumsi homogenitas matriks varians kovarians tidak terpenuhi. Hasil analisis ditunjukkan sebagai berikut.

H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata fase 1 dan rata-rata fase 2 pada proses produksi pupuk urea)

H_1 : $\mu_g \neq 0$ (Terdapat perbedaan pada proses produksi pupuk urea)

Pengujian perbedaan Fase I dan Fase II dengan Uji *Behrens-Fisher* ini menggunakan taraf signifikan sebesar 5% diperoleh *output* pada Lampiran 10.2. Nilai T^2 yang diperoleh sebesar 41,934 lebih besar dari $\chi^2_{0,05;2}$ yaitu sebesar 5,991 diperoleh keputusan tolak H_0 yang berarti terdapat perbedaan pada proses produksi pupuk urea pada fase I dan fase II sehingga pada fase II digunakan batas kendali baru menggunakan data fase II untuk peta *Generalized Variance* dan peta T^2 *Hotelling*.

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase II

Analisis kapabilitas proses pada proses produksi pupuk urea fase II menggunakan data hasil proses produksi di bulan Februari 2018. Dalam melakukan analisis kapabilitas proses maka proses harus terkendali secara statistik, dimana asumsi yang harus terpenuhi adalah dependensi dan asumsi distribusi normal multivariat yang akan dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Karakteristik Kualitas Produksi Pupuk Urea Fase II

Analisis mengenai data produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik secara deskriptif pada fase II disajikan pada Tabel 4.3 dan Lampiran 12 dimana variabel kualitas yang digunakan adalah kadar air dan kadar biuret

Tabel 4.3 Karakteristik Data Produksi Pupuk Urea Fase II

Variabel Kualitas	Rata-Rata	Varians	Minimum	Maksimum	Batas Spesifikasi
Kadar Air	0,46593	0,00144	0,39	0,57	Maks 0,5
Kadar Biuret	0,87247	0,00191	0,80	1,03	Maks 1,2

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa karakteristik data produksi pupuk urea di PT. Petrokimia Gresik fase II. Variabel kualitas kadar air memiliki rata-rata sebesar 0,46593 dimana varians yang didapat sebesar 0,00144. Diketahui juga pada variabel kualitas kadar air bahwa terdapat nilai pengamatan yang berada diluar batas spesifikasi yang ditentukan, dimana batas spesifikasi untuk variabel kualitas kadar air yang telah ditentukan oleh perusahaan adalah maks 0,5 % .

Pada variabel kualitas kadar biuret memiliki rata-rata sebesar 0,87247 dimana varians yang didapat sebesar 0,00191. Selain itu, pada variabel kualitas kadar biuret juga terdapat nilai pengamatan yang berada diluar batas spesifikasi.

4.2.2 Pengujian Independensi Fase II

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara variabel kadar air dan kadar biuret. Berikut merupakan hipotesis dan hasil dari pengujian.

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Tidak ada korelasi antar kadar air dan kadar biuret)

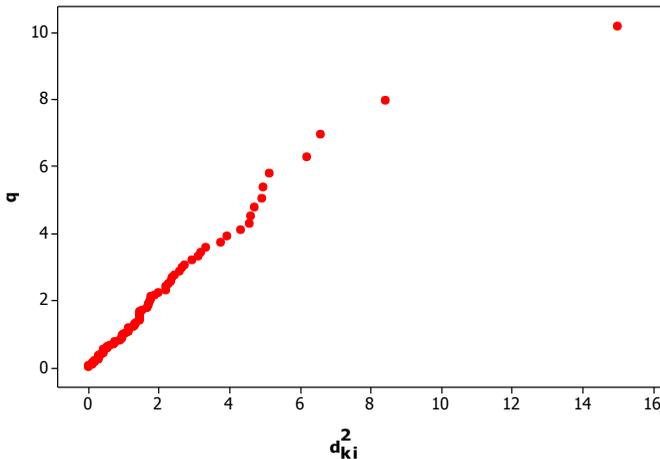
$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Terdapat korelasi antar kadar air dan kadar biuret)

Dengan menggunakan Persamaan (2.14) dan data pada Lampiran 11, diperoleh hasil seperti pada Lampiran 13. Nilai χ^2 yang diperoleh sebesar 0,421 lebih kecil dari $\chi_{0,05;1}^2$ yaitu sebesar 3,841 serta didapatkan P-value sebesar 0,516 lebih besar dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga

diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang berarti tidak ada korelasi antara kadar air dan kadar biuret pada fase II. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antara karakteristik kualitas tidak terdapat korelasi namun secara proses kimiawi menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas terdapat korelasi, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis multivariat dan dapat dilanjutkan ke asumsi distribusi normal multivariat.

4.2.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengamatan telah berdistribusi normal multivariat yaitu dengan melihat nilai proporsi yang diperoleh serta *Chi-square plot* yang diperoleh dari data pada Lampiran 11.



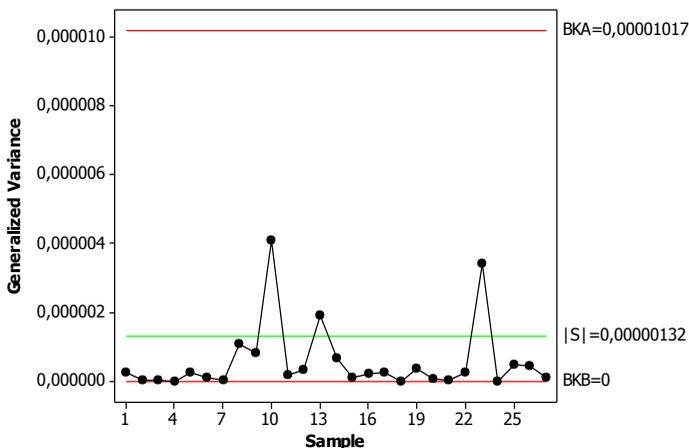
Gambar 4.6 *Chi-square Plot* Data Februari 2018

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa *plot* yang terbentuk telah mengikuti garis linier. Selain itu, diperoleh hasil proporsi sebesar pada berdasarkan Lampiran 14.2 diperoleh bahwa proporsi nilai d_{ki}^2 sebesar 0.49 setara dengan 49% yang kurang dari nilai χ^2 dimana nilai tersebut berada di sekitar nilai 50% sehingga dapat

disimpulkan bahwa hasil pengamatan pada bulan Februari 2018 telah berdistribusi normal multivariat.

4.2.4 Peta *Generalized Variance* Produksi Pupuk Urea Fase II

Peta *Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses untuk data multivariat. Apabila variabilitasnya telah terkendali, maka dapat dilanjutkan pada peta kendali untuk *mean proses*. Pengendalian proses pada variabilitas ini menggunakan data pada Lampiran 11 dan hasil perhitungan nilai $|S|$ dapat dilihat pada Lampiran 15.



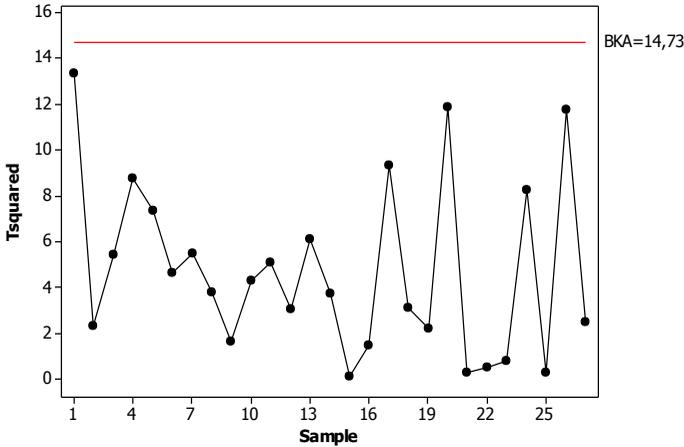
Gambar 4.7 Peta *Generalized Variance* Fase II

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase II tidak terdapat pengamatan yang diluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase I telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu peta T^2 *Hottelling* untuk mengukur *mean proses*.

4.2.5 Peta T^2 *Hottelling* Produksi Pupuk Urea Fase II

Setelah melakukan pengendalian pada variabilitas proses produksi pupuk urea pada fase II dan telah terkendali secara

statistik, maka dilanjutkan pada pengendalian *mean proses* dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling. Berikut merupakan hasil analisis pengendalian *mean proses* pada proses produksi pupuk urea pada fase II.



Gambar 4.8 Peta T^2 Hotelling Fase II

Gambar 4.8 merupakan hasil analisis untuk pengendalian *mean proses*. Nilai pada peta kendali didapatkan dari data pada Lampiran 11 dengan cara menghitung sesuai pada Persamaan (2.4) dapat dilihat pada Lampiran 16. Gambar tersebut menunjukkan bahwa *mean proses* pada produksi pupuk urea pada fase II tidak terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa *mean proses* pada produksi pupuk urea pada fase II telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya yaitu kapabilitas proses dari proses produksi pupuk urea pada fase II.

4.2.6 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses Produksi Pupuk Urea Fase II

Setelah melakukan analisis terhadap pengendalian variabilitas serta *mean proses* pada proses produksi pupuk urea pada fase I dan didapatkan hasil yang telah terkendali, selanjutnya

dilakukan analisis kapabilitas proses, guna menaksir kemampuan proses produksi. Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau buruk. Penentuan indeks kapabilitas proses produksi pupuk urea fase II disajikan pada Lampiran 17.2 dan Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Indeks Kapabilitas Proses Fase I dan Fase II

Variabel	Fase I	Fase II
	C _{pu}	C _{pu}
Kadar Air	0,16	0,35
Kadar Biuret	4,30	2,94
Multivariat	2,23	1,645

Pada fase II dapat disimpulkan bahwa proses produksi pupuk urea secara univariat untuk variabel kualitas kadar air tidak kapabel, sedangkan variabel kualitas kadar biuret kapabel. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan indeks kapabilitas secara multivariat pada fase II. Berdasarkan Persamaan 2.28 diperoleh nilai MC_{pu} sebesar 1,645 yang berarti secara multivariat kemampuan proses produksi pupuk urea pada fase II memiliki kemampuan proses yang sangat baik. Berikut adalah perhitungan indeks kapabilitas multivariat fase II.

$$MC_{pu} = (0,5 \times 0,35) + (0,5 \times 2,94) = 1,645$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses produksi pupuk urea pada bulan Januari 2018 (Fase I) dan Februari 2018 (Fase II) telah terkendali dan kapabel karena indeks C_p telah lebih dari satu. Hal ini dibuktikan dengan nilai MC_{pu} pada bulan Januari adalah 2,23 dan pada bulan Februari dengan nilai MC_{pu} adalah 1,645. Terjadi penurunan pada indeks kapabilitas proses dari bulan Januari 2018 ke bulan Februari 2018.
2. Penyebab terjadinya indeks kapabilitas proses menurun pada produksi pupuk urea terjadi karena beberapa faktor yaitu mesin yang *maintenance* karena terjadi masalah dapat menyebabkan proses produksi terganggu, pemberian komposisi yang kurang sesuai, kesalahan dalam mengatur suhu, dan kurangnya pengalaman oleh operator baru juga dapat menyebabkan ketidaksesuaian pada proses produksi.

5.2 Saran

Berdasarkan pada diagram sebab akibat, PT. Petrokimia Gresik perlu melakukan pemantauan secara ketat terhadap mesin produksi, agar mesin tidak macet dan dapat jalan terus sehingga tidak terjadi kerusakan pada mesin yang akan menyebabkan ketidaksesuaian pada produk pupuk urea.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alqarina, Ardilia Zahra. 2017. *Tugas Akhir “Analisis Kapabilitas Proses Pupuk ZA I di PT. Petrokimia Gresik”*. Surabaya: ITS Library.
- Heizer J. dan Render B, 2009. *Manajemen Operasi*. Buku 1 Edisi 9. Jakarta: Salemba Empat.
- Johnson, Richard A., and Dean W. Whinchern. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis, 5th edition*, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. Arizona State University: Wiley.
- PT. Petrokimia Gresik. 2018. *Urea & ZA*. Diakses pada tanggal 10 Januari 2018, yang berasal dari website <http://www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Urea.ZA>
- Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices On The Presence Of Priority For Quality Characteristics. *Journal Of Industrial Engineering International*, 27-36.
- Rencher, Alvin C. (2002). *Methods Of Multivariate Analysis*. Canada: Wiley Interscience, page 265.
- Wahyuni, S. Harsanti, & Ardiwinata. 2011. *Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif pada Lahan Padi*. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Proses Produksi Pupuk Urea Bulan Januari 2018

Hari Pengamatan	Shift	Karakteristik kualitas	
		Kadar air	Kadar biuret
1	1	0,47	0,85
	2	0,50	0,90
	3	0,55	0,87
2	1	0,50	0,85
	2	0,55	0,87
	3	0,49	0,80
.	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
25	1	0,46	0,80
	2	0,45	0,84
	3	0,47	0,85
26	1	0,47	0,88
	2	0,49	0,87
	3	0,50	0,85

Keterangan:

Shift 1 = 08.00 s/d 16.00 WIB

Shift 2 = 16.00 s/d 24.00 WIB

Shift 3 = 00.00 s/d 08.00 WIB

Lampiran 2 Output Statistika Deskriptif Fase I**Descriptive Statistics: H2O_JAN; BIURET_JAN**

Variable	N	Mean	Variance	Minimum	Maximum
H2O	78	0,48577	0,00154	0,41000	0,59000
BIURET	78	0,85756	0,00071	0,80000	0,92000

Lampiran 3 *Output* Independensi Variabel Fase I

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of	Approx. Chi-Square	.586
Sphericity	df	1
	Sig.	.444

Lampiran 4 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I
 Lampiran 4.1 Syntax Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```

Macro
NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2
MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar
#-- 1.1. Dapatkan Nilai dj2 --#
  let n=count(x.1)
  Covariance X.1-X.p MCova
  invers MCova MCovaI
  do i=1:n
    do j=1:p
      let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
    enddo
    copy xj xjxbar
    mult MCovaI xjxbar Kali
    let d=Kali*xj
    let dj2(i)=sum(d)
  enddo
  sort dj2 dj2
#-- 1.2. Dapatkan Nilai qc --#
  do i=1:n
  let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
  enddo
  INVCDF Prob qc;
  Chisquare p.
#-- 1.3 Buat Plot dj2 dengan qc --#
  plot qc*dj2;
  symbol.
#-- 2. Mencari Proporsi --#
  INVCDF 0.5 Tengah;
  Chisquare p.
  let Prop=0
  
```

```
do i=1:n
  if dj2(i)<=Tengah
    let Prop=Prop+1
  endif
enddo
let Prop=Prop/n
print Prop
#-- 3. Mencari Nilai Korelasi --#
corr qc dj2
name qc 'qc'
name dj2 'dj2'
```

Lampiran 4.2 *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Data Display

Prop 0,487179

Correlations: qc_1; dj2_1

Pearson correlation of qc_1 and dj2_1 = 0,974
P-Value = 0,000

Lampiran 4.3 Nilai d_j^2 setiap observasi

Sampel	d_j^2
1	0,018364
2	0,018364
3	0,095123
4	0,095123
5	0,097826
6	0,135340
7	0,220894
8	0,220894
9	0,223608
10	0,223608
11	0,223608
12	0,223608
13	0,231716
14	0,231716
15	0,231716
16	0,231716
17	0,231716
18	0,439662
19	0,459279
.	.
.	.
.	.
.	.
.	.

Sampel	d_j^2
.	.
.	.
.	.
.	.
.	.
60	3,07281
61	3,17212
62	3,19372
63	3,60194
64	3,67627
65	3,74946
66	3,83714
67	3,88333
68	4,48373
69	4,63773
70	4,68165
71	4,69050
72	4,69465
73	4,72501
74	4,85675
75	4,94347
76	4,94347
77	6,71334
78	7,34019

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a	
Box's M	7.121
F	1.165
df1	6
df2	606528.000
Sig.	.322

Lampiran 5 *Output* Uji Homogenitas Shift

Lampiran 6 Output Uji Perbedaan Shift

Multivariate Tests ^a							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	.999	53304.829 ^b	2.000	155.000	.000	.999
	Wilks' Lambda	.001	53304.829 ^b	2.000	155.000	.000	.999
	Hotelling's Trace	687.804	53304.829 ^b	2.000	155.000	.000	.999
	Roy's Largest Root	687.804	53304.829 ^b	2.000	155.000	.000	.999
shift	Pillai's Trace	.021	.829	4.000	312.000	.508	.011
	Wilks' Lambda	.979	.823 ^b	4.000	310.000	.511	.011
	Hotelling's Trace	.021	.818	4.000	308.000	.514	.011
	Roy's Largest Root	.012	.957 ^c	2.000	156.000	.386	.012

Tests of Between-Subjects Effects							
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	h20	.002 ^a	2	.001	.760	.469	.010
	biuret	.002 ^b	2	.001	.892	.412	.011
Intercept	h20	35.974	1	35.974	22747.999	.000	.993
	biuret	119.011	1	119.011	86546.624	.000	.998
shift	h20	.002	2	.001	.760	.469	.010
	biuret	.002	2	.001	.892	.412	.011
Error	h20	.247	156	.002			
	biuret	.215	156	.001			
Total	h20	36.223	159				
	biuret	119.228	159				
Corrected Total	h20	.249	158				
	biuret	.217	158				

Lampiran 7 Nilai $|S|$ Fase I

Sampel	$|S|$	Sampel	$|S|$
1	0,0000010	14	0,0000009
2	0,0000004	15	0,0000000
3	0,0000005	16	0,0000004
4	0,0000001	17	0,0000000
5	0,0000001	18	0,0000000
6	0,0000001	19	0,0000000
7	0,0000003	20	0,0000006
8	0,0000023	21	0,0000000
9	0,0000004	22	0,0000004
10	0,0000007	23	0,0000001
11	0,0000000	24	0,0000000
12	0,0000002	25	0,0000001
13	0,0000009	26	0,0000000

Lampiran 8 Nilai T^2 *Hotelling* Fase I

Sampel	T^2 <i>Hotelling</i>	Sampel	T^2 <i>Hotelling</i>
1	2,14	14	2,67
2	3,05	15	1,43
3	16,26	16	4,81
4	3,00	17	0,10
5	0,85	18	0,16
6	5,18	19	0,61
7	1,17	20	2,70
8	0,71	21	2,03
9	3,29	22	0,94
10	3,06	23	2,03
11	0,78	24	0,37
12	3,82	25	4,98
13	1,53	26	0,37

Lampiran 9 Nilai T^2 Hotelling Fase I Setelah Perbaikan

Sampel	T^2 Hotelling	Sampel	T^2 Hotelling
1	2,42	14	1,08
2	3,40	15	4,02
3	3,00	16	0,04
4	1,06	17	0,14
5	5,27	18	0,53
6	0,83	19	2,55
7	0,53	20	1,90
8	3,53	21	1,21
9	2,46	22	1,90
10	1,05	23	0,40
11	3,40	24	4,47
12	1,13	25	0,40
13	2,93		

Lampiran 10 *Output Uji Perbandingan Fase***Lampiran 10.1** *Output Uji Homogenitas Perbandingan Fase*

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a	
Box's M	16.943
F	5.568
df1	3
df2	5275000.043
Sig.	.001

Lampiran 10.2 *Output Uji Bahren's Fisher Perbandingan Fase*

xbar per fase	xbar1	xbar2			
	0,4824	0,465925926			
	0,8576	0,872469136			
xbar1-xbar2	0,016474074				
	-0,01486914				
xbar1-xbar2 transpose	0,016474074	-0,01486914			
1/n1	0,013333333				
1/n2	0,012345679				
S1	0,001288757	9,90811E-05			
	9,90811E-05	0,000740108			
S2	0,001439444	0,000121435			
	0,000121435	0,001913827			
1/n1.S1	1,71834E-05	1,32108E-06			
	1,32108E-06	9,86811E-06			

1/n2.S2	2,12141E-07	1,63096E-08				
	1,63096E-08	1,21828E-07				
1/n1.S1+1/n2.S2	1,73956E-05	1,33739E-06				
	1,33739E-06	9,98994E-06				
1/n1.S1+1/n2.S2 invers	58083,73775	-7775,8904				
	-7775,8904	101141,7233				
T2	1072,496568	-1631,99061	*	0,016474	=	41,93468
				-0,01487		

Lampiran 11 Data Proses Produksi Pupuk Urean Bulan Februari 2018

subgrup	Anggota subgrup	Karakteristik kualitas	
		Kadar air	Kadar biuret
1	1	0,55	0,83
	2	0,48	0,82
	3	0,51	0,85
2	1	0,45	0,85
	2	0,44	0,83
	3	0,48	0,84
.	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
26	1	0,50	0,85
	2	0,55	0,87
	3	0,49	0,80
27	1	0,41	0,83
	2	0,43	0,87
	3	0,47	0,89

Keterangan:

Shift 1 = 08.00 s/d 16.00 WIB

Shift 2 = 16.00 s/d 24.00 WIB

Shift 3 = 00.00 s/d 08.00 WIB

Lampiran 12 *Output* Statistika Deskriptif Fase II**Descriptive Statistics: H2O_FEB; BIURET_FEB**

Variable	N	Mean	Variance	Minimum	Maximum
H2O_2	81	0,46593	0,00144	0,39000	0,57000
BIURET_2	81	0,87247	0,00191	0,80000	1,03000

Lampiran 13 *Output* Independensi Variabel Fase II

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of	Approx. Chi-Square	.421
Sphericity	df	1
	Sig.	.516

Lampiran 14 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II
 Lampiran 14.1 Syntax Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```

Macro
NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2
MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar
#-- 1.1. Dapatkan Nilai dj2 --#
  let n=count(x.1)
  Covariance X.1-X.p MCova
  invers MCova MCovaI
  do i=1:n
    do j=1:p
      let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
    enddo
    copy xj xjxbar
    mult MCovaI xjxbar Kali
    let d=Kali*xj
    let dj2(i)=sum(d)
  enddo
  sort dj2 dj2
#-- 1.2. Dapatkan Nilai qc --#
  do i=1:n
let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
  enddo
  INVCDF Prob qc;
  Chisquare p.
#-- 1.3 Buat Plot dj2 dengan qc --#
  plot qc*dj2;
  symbol.
#-- 2. Mencari Proporsi --#
  INVCDF 0.5 Tengah;

```

```
Chisquare p.  
let Prop=0  
do i=1:n  
  if dj2(i)<=Tengah  
    let Prop=Prop+1  
  endif  
enddo  
let Prop=Prop/n  
print Prop  
#-- 3. Mencari Nilai Korelasi --#  
corr qc dj2  
name qc 'qc'  
name dj2 'dj2'  
endmacro
```

Lampiran 14.2 *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Data Display

Prop 0,493827

Correlations: qc_1; dj2_1

Pearson correlation of qc_1 and dj2_1 = 0,972
P-Value = 0,000

Lampiran 14.3 Nilai d_j^2 setiap observasi

Sampel	d_j^2	Sampel	d_j^2
1	0,015687	.	.
2	0,015687	.	.
3	0,097773	.	.
4	0,099655	.	.
5	0,099655	.	.
6	0,144632	63	2,6564
7	0,166711	64	2,7058
8	0,166711	65	2,9215
9	0,277929	66	3,1105
10	0,277929	67	3,1994
11	0,277942	68	3,3183
12	0,277942	69	3,7345
13	0,284924	70	3,9371
14	0,363347	71	4,3256
15	0,363347	72	4,5714
16	0,410651	73	4,6098
17	0,413267	74	4,6955
18	0,418519	75	4,9106
19	0,418519	76	4,9586
.	.	77	5,1116
.	.	78	6,2009
.	.	79	6,5604
.	.	80	8,4186
.	.	81	15,0093

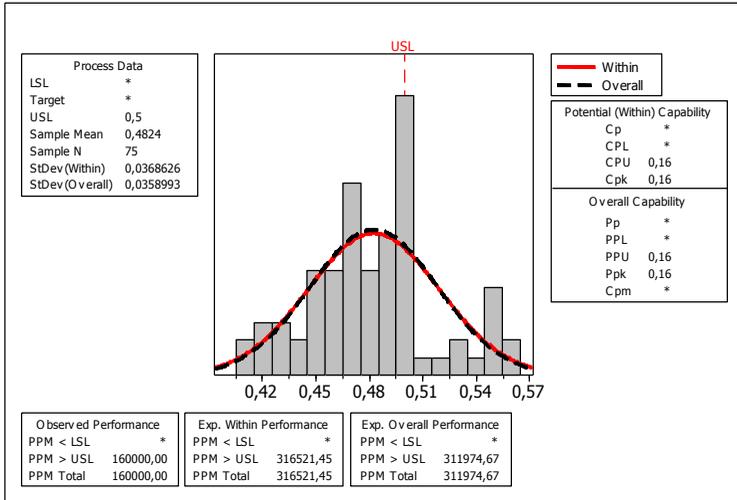
Lampiran 15 Nilai $|S|$ Fase II

Sampel	$|S|$	Sampel	$|S|$
1	0,0000003	15	0,0000001
2	0,0000000	16	0,0000002
3	0,0000000	17	0,0000003
4	0,0000000	18	0,0000000
5	0,0000003	19	0,0000004
6	0,0000001	20	0,0000001
7	0,0000000	21	0,0000000
8	0,0000011	22	0,0000003
9	0,0000008	23	0,0000034
10	0,0000041	24	0,0000000
11	0,0000002	25	0,0000005
12	0,0000003	26	0,0000004
13	0,0000019	27	0,0000001
14	0,0000007		

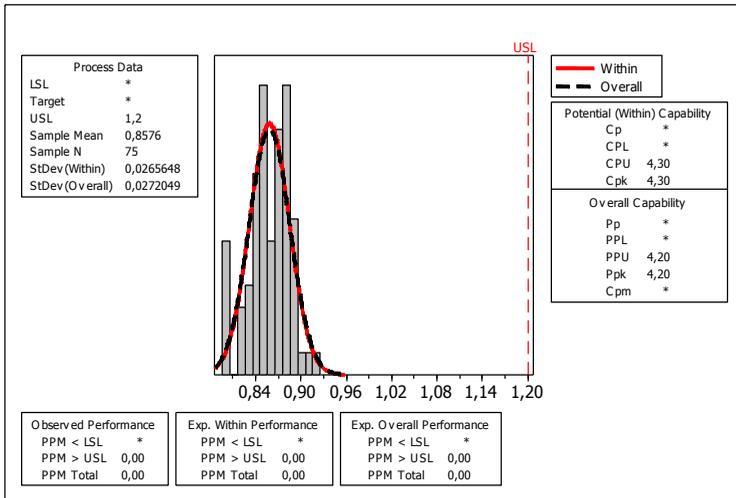
Lampiran 16 Nilai T^2 *Hotelling* Fase II

Sampel	T^2 <i>Hotelling</i>	Sampel	T^2 <i>Hotelling</i>
1	13,34	15	0,08
2	2,32	16	1,48
3	5,44	17	9,33
4	8,78	18	3,08
5	7,35	19	2,22
6	4,61	20	11,86
7	5,46	21	0,30
8	3,76	22	0,49
9	1,66	23	0,77
10	4,29	24	8,25
11	5,11	25	0,27
12	3,06	26	11,75
13	6,12	27	2,47
14	3,75		

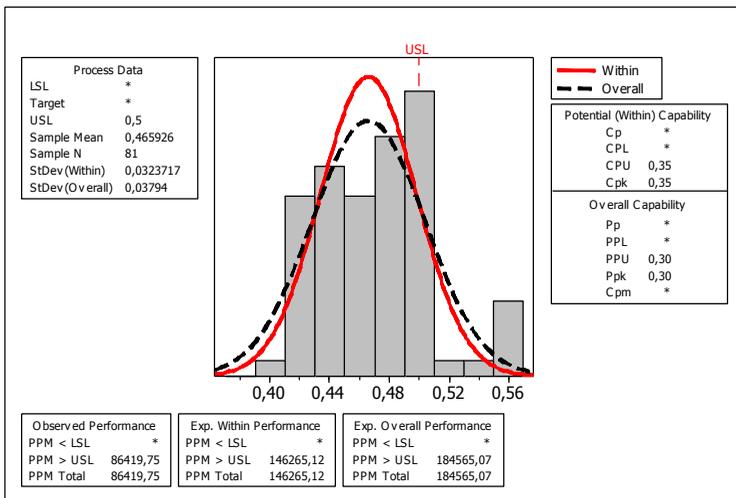
Lampiran 17 Perhitungan Analisis Kapabilitas Proses
Lampiran 17.1 Perhitungan Analisis Kapabilitas Proses Fase I
Variabel Kualitas Kadar Air



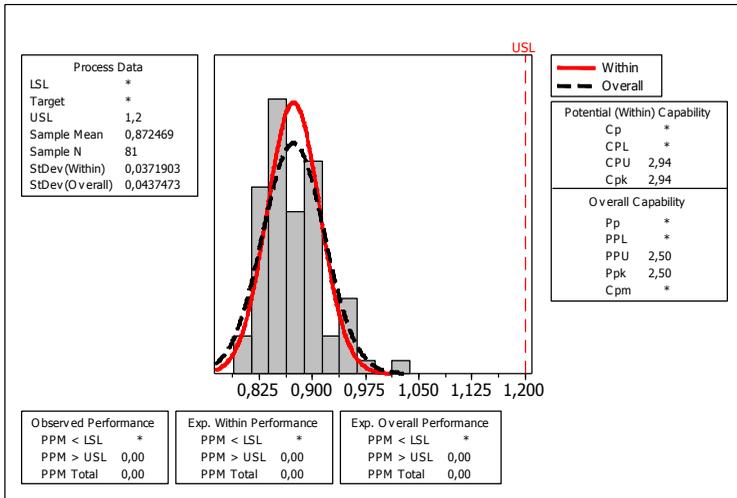
Variabel Kualitas Kadar Biuret



Lampiran 17.2 Perhitungan Analisis Kapabilitas Proses Fase II Variabel Kualitas Kadar Air



Variabel Kualitas Kadar Biuret



Lampiran 18 Surat Penjajakan



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
 Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
 Telp. : 031-594 3352, 031-599 4251 Fax. : 031-592 2940 PABX: 1213, 1214
<http://www.statistics.its.ac.id>

SURAT KETERANGAN

Nomor : 072249/IT2.VI.8.6 /TU.00.08/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
 NIP : 19740328 199802 1 001
 Pangkat/Gol : Penata Tingkat I - III/d
 Jabatan : Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS

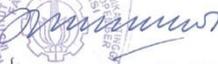
Menerangkan dengan sebenarnya, bahwa yang tersebut dibawah ini :

Nama : CAHYA ASTADAN SAQTI
 NRP : 10611500000018
 Program Studi : Diploma III
 Departemen : Statistika Bisnis - FVokasi - ITS

adalah mahasiswa Departemen Statistika Bisnis ITS, sejak Semester Gasal 2015/2016 dan sampai dengan Semester Gasal 2017/2018 masih aktif tercatat sebagai mahasiswa. Pada saat ini mahasiswa tersebut sedang menyelesaikan akhir studi dan diwajibkan untuk melakukan Tugas Akhir (TA).

Maka surat keterangan ini kami buat untuk mohon ijin mencari informasi dalam mendapatkan tempat untuk TA mahasiswa kami di Instansi/Departemen/Perusahaan yang dikunjungi, dan jika ada kepastian mendapatkan ijin melakukan TA, maka akan dibuatkan surat ijin lebih lanjut.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

23 November 2017
 Kepala

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



SURAT KETERANGAN

No : 3640/K.02.02/03/MKP/2018

Dengan ini kami menerangkan bahwa mahasiswa tersebut dibawah ini :

- o Nama : *Cahya Astadan Sagti*
- o Nomor Induk : 10611500000018
- o Program Studi : Statistika Bisnis - Vokasi - ITS Surabaya

Telah menyelesaikan Kerja Praktek di PT Petrokimia Gresik pada tanggal 01 - 30 Maret 2018.

Selama kegiatan Kerja Praktek tersebut tidak pernah melanggar peraturan yang berlaku dan telah melaksanakan tugasnya dengan baik.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gresik, 29 Maret 2018
PT Petrokimia Gresik

Tjaturtjitra Suhitarini, SE. MM
Manager Pengembangan SDM

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya :

Nama : Cahya Astadan Saqti

NRP : 1061150000018

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

Sumber : PT. Petrokimia Gresik

Keterangan : Data proses produksi pupuk urea pada bulan Januari -
Februari 2018 dengan karakteristik kualitas kadar air dan
kadar biuret

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

Mengetahui,
Pihak Instansi/Perusahaan,



Mardiana
NIP. 9 25 32 35

Surabaya,
Yang membuat Pernyataan


(Cahya Astadan Saqti)
NRP. 1061150000018

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,


(Dra. Lucia Aridinanti, M.T.)
NIP. 19610131 198701 2 001

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Cahya Astadan Saqti yang biasa disapa Cahya. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Lahir di Surabaya pada tanggal 14 Juli 1996. Jenjang pendidikan yang telah diselesaikan penulis yaitu SD Hang Tuah 5 Surabaya (2002-2008), SMPN 33 Surabaya (2008-2011), SMA Kawung 1 Surabaya (2011-2014) dan saat ini melanjutkan studi

Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS angkatan 2015 yang biasa disebut “HEROES”. Selama perkuliahan penulis mengikuti beberapa kepanitiaan. Tahun pertama penulis menjadi Volunteer PRS 2016. Tahun berikutnya penulis bergabung dengan HIMADATA-ITS 2016/2017 dan BEM FMIPA ITS 2016/2017 guna melatih kemampuan dalam berorganisasi.

Penulis sangat berharap akan kritik dan saran yang membangun sehingga untuk informasi dan komunikasi lebih lanjut maka penulis dapat dihubungi melalui :

Email : cahyasaqti@gmail.com

No. HP : 089687270110