



TUGAS AKHIR - SS141501

**ANALISIS KAPABILITAS
PROSES PRODUKSI *PLATE* BAJA
DI PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk**

Try Sutrisno
NRP 1314 105 066

Dosen Pembimbing
Drs. Haryono, M.Sc
Diaz Fitra Aksioma M.Si.

PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL PROJECT - SS141501

**CAPABILITY ANALYSIS OF STEEL PLATE
PRODUCTION PROCESS
AT PT GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk**

Try Sutrisno
NRP 1314 105 066

Supervisor
Drs. Haryono, M.Sc
Diaz Fitra Aksioma M.Si.

UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI *PLATE* BAJA DI PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk

TUGAS AKHIR

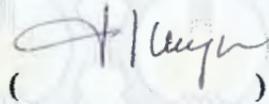
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

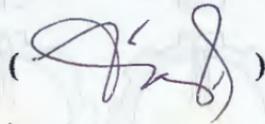
TRY SUTRISNO
NRP 1314105 066

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Haryono, M.Sc
NIP :19520919 197901 1 001

()

Diaz Fitra Aksioma M.Si.
NIP :19870602 201212 2 002

()

Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

()

Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001
SURABAYA, Juli 2016



**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI
PLATE BAJA DI PT. GUNAWAN DIANJAYA
STEEL TBK.**

Nama Mahasiswa : Try Sutrisno
NRP : 1314 105 066
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Drs. Haryono, M.Sc
Co Pembimbing : Diaz Fitra Aksioma, M.Si

Abstrak

Industri besi dan baja merupakan pendukung utama dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia, seperti pembangunan jalan, bandara, pelabuhan, dan rel kereta api dan Oleh karena itu, produsen maupun penyedia baja dalam negeri perlu meningkatkan kualitas dan kapasitas untuk memenuhi permintaan baja domestik dalam negeri. Dan salah satu perusahaan penyedia baja dalam negeri adalah PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk. Salah satu cara untuk mengontrol kualitas produk adalah melakukan pengendalian kualitas dan menjaga kapabilitas prosesnya. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk merupakan salah satu produsen plat baja terkemuka di Indonesia yang cara memproduksinya dengan cara di roll. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk mampu memproduksi plat baja hingga total 350.000 ton per tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas plate baja dalam keadaan terkendali atau tidak dan seberapa besar kapabilitas prosesnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses produksi plate baja pada periode dua minggu awal (Fase I) dan satu minggu akhir yaitu fase II pada bulan Januari 2016 sudah kapabel dengan nilai indeks Cp masing-masing adalah 1,2991 dan 3,046 yang lebih dari satu, Artinya proses produksi berjalan dengan baik dan sebaran data berada didalam batas spesifikasi.

Kata Kunci : *Plate baja, Pengendalian kualitas dalam varians dan rata-rata, Indeks kapabilitas proses.*

CAPABILITY ANALYSIS OF STEEL PLATE PRODUCTION PROCESS AT PT.GUNAWAN DIANJAYA STEEL TBK

Name of Student : Try Sutrisno
NRP : 1314 105 066
Department : Statistics
Supervisor : Drs.Haryono, M.Sc
Co-Supervisor : Diaz Fitra Aksioma, M.Si

Abstract

Iron and steel industry is a major supporter in infrastructure development in Indonesia, such as the construction of roads, airports, ports, and railroads and therefore, manufacturer and provider of steel in the country needs to improve the quality and capacity to meet domestic steel demand in the country. And a provider of domestic steel is PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk. One way to control the quality of the product is to conduct quality control and maintain the process capability. PT. Dianjaya Gunawan Steel Tbk is one of the leading steel plate producer in Indonesia is how to produce it in a way in roll. PT. Dianjaya Gunawan Steel Tbk able to produce an armor plate up to a total of 350,000 tons per year. This study aims to determine the quality of the steel plate under controlled conditions or not and how much capability the process. The results showed that the production process of steel plate in the initial two-week period (Phase I) and one week of the end of that phase II in January 2016 with the index value C_p capable each was 1.2991 and 3.046 are more than one, means that the process production went well and the distribution of the data to be dida-lam specification limits.

Keywords: *Steel Plate, quality control, process capability.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Statistika Deskriptif.....	5
2.2 Uji Homogenitas Varians	5
2.3 Manova.....	7
2.4 Uji Korelasi	11
2.5 Uji Distribusi Normal Multivariat.....	11
2.6 Grafik Kendali Variabel.....	13
2.6.1 Grafik Kendali <i>Generalized Variance</i>	13
2.6.2 Grafik Kendali <i>Hotteling T²</i>	14
2.5 Identifikasi <i>Out Of Control</i>	15
2.7 Diagram <i>Ishikawa</i>	16
2.8 Indeks Kapabilitas Proses.....	17
2.9 Proses Produksi <i>Plate Baja</i>	19

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Pengambilan Sampel	21
3.2 Variabel Penelitian.....	21
3.3 Langkah Analisis	23

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengendalian Kualitas <i>Plate</i> Baja	25
4.1.1 Statistika Deskriptif	26
4.1.2 Uji Korelasi.....	27
4.1.3 Uji Distribusi Multivariat Normal.....	28
4.1.4 Pemeriksaan Homogenitas Varians	29
4.1.5 Pergeseran Proses Fase I dan Fase II	30
4.1.6 Proses Variabilitas dan Rata-Rata Fase I	30
4.1.7 Proses Variabilitas dan Rata-Rata Fase II.....	37
4.1.8 Identifikasi <i>Out Of Control</i>	41
4.2 Kapabilitas Proses.....	42

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
Daftar Pustaka	47
Lampiran	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ketentuan Standar Perusahaan	22
Tabel 3.2 Struktur Data Pada Produk <i>Plate</i> Baja	22
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel Kualitas	28
Tabel 4.2 Uji Korelasi	27
Tabel 4.3 Pemeriksaan Homogenitas Varians	29
Tabel 4.4 Uji Manova.....	30
Tabel 4.5 Perhitungan Nilai $T^2_{(i)}$	41
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai d_i	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat.....	14
Gambar 2.2 Diagram Proses Produksi.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alur Proses penelitian.....	24
Gambar 4.1 Grafik Kendali <i>GV</i> Fase I.....	31
Gambar 4.2 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> Fase I.....	32
Gambar 4.3 Diagram Ishikawa.....	33
Gambar 4.4 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> Iterasi 1.....	35
Gambar 4.5 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> Iterasi 2.....	35
Gambar 4.6 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> Setelah Iterasi	36
Gambar 4.7 Grafik Kendali <i>GV</i> Fase II	38
Gambar 4.8 Grafik Kendali <i>GV</i> Fase Iterasi 2 Fase II	39
Gambar 4.9 Grafik Kendali <i>Hotelling T²</i> Fase II.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A :	Data Kualitas <i>Plate</i> Baja Periode Bulan Januari 2016	49
Lampiran B :	Statistika Deskriptif Variabel Kualitas <i>Plate</i> Baja	50
Lampiran C :	Uji <i>Bartlett's</i>	51
Lampiran D1 :	Program Macro Minitab Pengujian Distribusi Normal Multivariat.....	52
Lampiran D2 :	Hasil Pengujian Distribusi Normal multivariat Data Variabel Kualitas.....	53
Lampiran E :	Hasil Uji Homogenitas Varians	54
Lampiran F :	Hasil Uji Manova	55
Lampiran G :	Hasil perhitungan identifikasi variabel penyebab <i>out of control</i>	56
Lampiran H :	Hasil <i>Macro</i> Minitab Indeks Kapabilitas Proses Produksi <i>plate</i> baja periode Januari 2016.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, Indonesia tidak akan luput dari pembangunan. Pembangunan di Indonesia tentunya tidak berjalan dengan sendirinya. Melainkan perlu adanya dukungan dari berbagai pihak. Salah satunya adalah industri besi dan baja. Menteri Perindustrian Saleh Husin mengatakan, industri besi dan baja merupakan pendukung utama dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia, seperti pembangunan jalan, bandara, pelabuhan, dan rel kereta api. Menurutnya, industri besi dan baja merupakan salah satu industri prioritas yang memegang peranan penting bagi pengembangan industri lainnya. Pada kabar berita media data riset, Tahun 2014 kebutuhan baja domestik terus meningkat dari 7,4 juta ton pada 2009 menjadi 12,7 juta ton pada 2014, dan akan meningkat terus seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Oleh karena itu, produsen maupun penyedia baja dalam negeri perlu meningkatkan kualitas dan kapasitas untuk memenuhi permintaan baja domestik dalam negeri. Dan salah satu perusahaan penyedia baja dalam negeri adalah PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk.

PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk merupakan suatu perusahaan saham gabungan swasta yang berdiri pada tahun 1989 dan tercatat di Bursa Efek Indonesia pada tanggal 23 Desember 2009. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk terletak di kota Surabaya Provinsi Jawa Timur Indonesia dan tepatnya berada di Jalan Margomulyo No. 29A. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk merupakan salah satu produsen plat baja terkemuka di Indonesia yang cara memproduksinya dengan cara di roll. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk mampu memproduksi plat baja hingga

total 350.000 ton per tahun. Plat baja produksi PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk tidak hanya dipasok ke pasar domestik, namun juga diekspor keluar Negeri di antaranya Asia, Timur Tengah, Eropa, Australia, dan Kanada. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk terus berkembang karena produk baja mereka bisa dikatakan bagus. Hal tersebut disebabkan karena PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk mengambil bahan baku dari China dan Rusia dengan kualitas baja yang sangat padat dan bagus.

Selama ini pengendalian kualitas produk yang dilakukan oleh PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk terdiri dari dua macam, yaitu pengendalian produk selama dalam proses (*in process*) dan pengendalian produk akhir. Di dalam pengendalian produk akhir tersebut dilakukan pengawasan mutu yang merupakan hal terpenting sebelum produk tersebut diterima oleh konsumen. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk juga telah menetapkan standar produk akhir diantaranya ASTM 36 (*American Standar Technical & Material*) yang merupakan standar mutu internasional, namun dalam kenyataannya pengendalian kualitas yang dilakukan tersebut hanya melalui pengendalian secara deskriptif dengan cara menghitung nilai rata-rata, maksimum dan minimum dari data karakteristik kualitas, oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan untuk menganalisis kapabilitas proses terhadap produk. Suatu proses dikatakan kapabel apabila terkendali secara statistik, memenuhi batas spesifikasi, serta memiliki tingkat presisi dan akurasi yang tinggi. Dengan demikian untuk melakukan analisis kapabilitas proses perlu membuat grafik kendali.

Grafik kendali yang digunakan adalah grafik kendali multivariat yaitu Grafik kendali *Hotelling T^2* dan grafik kendali *Generalized Variance* karena pemeriksaan tentang kekuatan uji tarik dan uji keregangan *plate* baja terdiri dari tiga karakteristik kualitas penting,

yaitu *Yield Strength*, *Tensile Strength*, dan *Elongation* dimana antara karakteristik satu dengan yang lainnya saling berhubungan.

Dalam penelitian ini, dikhususkan pada produksi *plate* baja di PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk dengan menggunakan spesifikasi produk ASTM-36 dengan ketebalan *plate* antara 7-20 mm . Pemilihan *plate* baja berdasarkan pemesanan yang paling banyak sehingga hasil penelitian akan dapat menggambarkan pengendalian kualitas proses untuk *plate* baja pada ukuran yang berbeda. Pengendalian kualitas proses yang akan dimonitoring yaitu pada tahapan proses *finsihing cutting*

Penelitian statistika yang melibatkan lebih dari satu variabel kualitas telah banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Junta (2013) yaitu Analisis Kapabilitas Proses Produksi Monosodium Glutamat (MSG) di PT. Ajinomoto Indonesia. Langkah untuk menganalisis kapabilitas proses dilakukan dengan cara membuat Peta Kendali Multivariat terlebih dahulu, setelah peta kendali tersebut terkendali dalam mean serta varian, langkah selanjutnya adalah menghitung indeks kapabilitas proses (C_p) untuk mengetahui seberapa besar kapabilitas proses suatu produk yang sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Selama ini pengendalian kualitas produk yang dilakukan oleh PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk terdiri dari dua macam, yaitu pengendalian produk selama dalam proses (*in process*) dan pengendalian produk akhir. Di dalam pengendalian produk akhir tersebut dilakukan pengawasan mutu yang merupakan hal terpenting sebelum produk tersebut diterima oleh konsumen. PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk juga telah menetapkan standar produk akhir, namun dalam kenyataannya pengendalian kualitas

yang dilakukan tersebut hanya melalui pengendalian secara deskriptif dengan cara menghitung nilai rata-rata, maksimum dan minimum dari data karakteristik kualitas. Perusahaan belum pernah melakukan analisis kapabilitas proses padahal analisis ini penting untuk dapat mengidentifikasi apakah proses kapabel atau tidak, Sehingga permasalahannya adalah bagaimana kapabilitas proses produksi *plate* baja di PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk periode Januari 2016. Analisis Kapabilitas proses dilakukan untuk menjaga proses berjalan dengan baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dapat diambil berdasarkan perumusan masalah adalah menentukan kapabilitas proses produksi *plate* baja pada tahapan pemotongan akhir periode Januari 2016.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi masukan bagi PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk mengenai gambaran pengendalian kualitas saat phase *finish product* secara statistik, serta sebagai pertimbangan dalam evaluasi perusahaan dan faktor penyebab tidak terkontrolnya proses dapat diperbaiki.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada proses inspeksi *finish cutting* dengan memilih standar spesifikasi ASTM-36 untuk produk *Structural-Speck* dengan ketebalan antara 7-20 mm pada bulan Januari 2016.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah ulasan yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna. Ada dua macam pengukuran dalam statistika deskriptif yaitu ukuran pemusatan dan ukuran penyebaran. Dalam statistika deskriptif yang termasuk dalam ukuran pemusatan adalah mean dan median. Mean atau sering disebut rata-rata merupakan nilai yang mewakili seluruh data. Median merupakan nilai pengamatan atau data yang terletak ditengah-tengah data jika data diurutkan dari terkecil ke terbesar atau sebaliknya. Sedangkan yang termasuk ukuran penyebaran adalah varian dan range. Varian adalah jumlah kuadrat dari selisih nilai data pengamatan dengan rata-rata dibagi banyak pengamatan. Range adalah selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. Di dalam statistika deskriptif terdapat nilai mean, varian, nilai maksimum dan minimum yang dapat dijadikan sumber informasi untuk mengetahui karakteristik data (Walpole, 1995).

2.2 Uji Homogenitas Varians

Pengujian homogenitas bertujuan untuk mengetahui varians data bersifat homogen atau heterogen berdasarkan faktor tertentu (Johnson and Winchern, 2007). Pada penelitian ini akan menggunakan Box-M karena data karakteristik kualitas produk pakan bersifat multivariat. Sehingga pengujian homogenitas dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

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

$$H_1 : \text{Minimal satu } \Sigma_i \neq \Sigma_j \text{ untuk } i \neq j$$

Statistik Uji :

$$C = (1-\mu)\mathbf{M} = (1-\mu) \left\{ \left[\sum_{\ell=1}^g (\mathbf{n}_{\ell} - 1) \right] \ln |\mathbf{S}_{pooled}| - \sum_{\ell=1}^g [(\mathbf{n}_{\ell} - 1) \ln |\mathbf{S}_{\ell}|] \right\} \quad (2.1)$$

Dimana :

$$\mu = \left[\sum_{\ell} \frac{1}{(\mathbf{n}_{\ell} - 1)} - \frac{1}{\sum_{\ell=1}^g (\mathbf{n}_{\ell} - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.2)$$

g = Banyaknya kelompok

p = Banyaknya variabel

Apabila menggunakan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ (5%) diperoleh keputusan Gagal Tolak H_0 jika :

$$C > \chi_{p(p+1)(g-1)/2(\alpha)}^2 \cdot$$

2.3 *Multivariate analysis of variance* (MANOVA)

Multivariate analysis of variance (MANOVA) digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan pengaruh *treatment* (perlakuan) terhadap lebih dari satu variabel respon dan suatu teknik statistik untuk memeriksa hubungan antara beberapa variabel tak bebas (Johnson and Winchern, 2007). Pada penelitian ini MANOVA digunakan untuk mengetahui apakah ada pergeseran proses produksi *Plate* Baja dua minggu awal bulan dan satu minggu akhir bulan Januari 2016. Asumsi-asumsi dalam MANOVA ialah distribusi datanya harus mengikuti distribusi multivariat normal dan harus mengikuti distribusi homogenitas.

Jika ada g perlakuan (dari satu faktor yang sama) menghasilkan vektor rata-rata yang sama untuk p variabel respon atau variabel dependen yang diamati dalam penelitian maka digunakan metode *One-Way* MANOVA (Johnson and Winchern, 2007), Sehingga model untuk *One-Way* MANOVA adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{X}_{\ell j} = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\tau}_{\ell} + \mathbf{e}_{\ell j} \quad j = 1, 2, \dots, \mathbf{n}_{\ell} \text{ dan } \ell = 1, 2, \dots, g \quad (2.3)$$

Dimana :

$\mathbf{X}_{\ell j}$: komponen dari pengamatan vektor

$\boldsymbol{\mu}$: nilai matriks rata-rata

$\boldsymbol{\tau}_\ell$: pengaruh dari perlakuan ke- ℓ dengan $\sum_{\ell=1}^g \mathbf{n}_\ell \boldsymbol{\tau}_\ell = 0$

$\mathbf{e}_{\ell j}$: pengaruh *error* yang berdistribusi $N_p(0, \Sigma)$

Tabel 2.1 Struktur Data Pengamatan MANOVA

Variabel Kualitas	Kelompok ke- (i)					
	(j)	1	2	...	i	...
X_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1i}	...	X_{1g}
X_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2i}	...	X_{2g}
X_3	X_{31}	X_{32}	...	X_{3i}	...	X_{3g}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
X_p	X_{p1}	X_{p2}	...	X_{pi}	...	X_{gp}

Hipotesis yang digunakan untuk menguji efek g populasi adalah sebagai berikut.

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

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \boldsymbol{\tau}_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, g$$

Statistik uji yang digunakan pada Analisis Variansi Multivariat untuk membuat keputusan yaitu Wilk's Lambda dengan asumsi yang harus terpenuhi adalah data sudah berdistribusi Normal Multivariat dan Homogen, Tetapi apabila asumsi homogenitas matriks varians-kovarians tidak terpenuhi, ukuran-ukuran sampelnya kecil dan hasil-hasil dari pengujian bertentangan satu sama lain yaitu jika ada beberapa vektor rata-rata yang berbeda sedang yang lain tidak (Carey, 1998), Maka statistik uji yang tepat yaitu Pillai's Trace. Statistik uji Pillai's Trace dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \text{trace}[\mathbf{B}(\mathbf{B} + \mathbf{W})^{-1}] = \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \quad (2.4)$$

Dimana $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ adalah akar-akar karakteristik dari $(\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{B})$

(\mathbf{W}) = matriks varians – kovarians ERROR pada MANOVA

(\mathbf{B}) = matriks varians – kovarians perlakuan pada MANOVA

Tabel 2.2 *One-way* MANOVA

<i>Source of Variation</i>	Matrix of SSP	Df
<i>Treatment</i>	$\mathbf{B} = \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$	$g-1$
<i>Residual (error)</i>	$\mathbf{W} = \sum_{\ell=1}^g \sum_{j=1}^{n_{\ell}} (\mathbf{x}_{\ell j} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})(\mathbf{x}_{\ell j} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g$
<i>Total (corrected for the mean)</i>	$\mathbf{B} + \mathbf{W} = \sum_{\ell=1}^g \sum_{j=1}^{n_{\ell}} (\mathbf{x}_{\ell j} - \bar{\mathbf{x}})(\mathbf{x}_{\ell j} - \bar{\mathbf{x}})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - 1$

Tolak H_0 , jika $\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{B} + \mathbf{W}|}$ sangat kecil yang selanjutnya ekuivalen dengan bentuk *F test*.

2.4 Pengujian Korelasi Antar Variabel

Pengujian hubungan antar variabel menggunakan metode *bartlett sphericity* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi atau hubungan antar variabel dalam kasus multivariat. Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas (Morrison, 1990). Pengujian kebebasan antar variabel ini dapat dilakukan uji *bartlett sphericity* dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (tidak ada korelasi antar variabel)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (ada korelasi antar variabel)

Statistik uji :

$$\chi^2_{hitung} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\mathbf{R}} \right) \quad (2.5)$$

Dimana nilai n adalah jumlah observasi, dengan p sebagai jumlah variabel dan \mathbf{R} adalah matrik korelasi dari masing-masing variabel respon. Suatu data dikatakan memiliki korelasi pada kasus multivariat jika di dapatkan keputusan Tolak H_0 jika nilai

$$\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)}$$

2.5 Pengujian Normal Multivariat

Pengujian distribusi normal multivariat data dilakukan untuk memperkuat dugaan bahwa data sudah berdistribusi normal multivariat dan sebagai asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis rata-rata antar sampel, analisis peta kendali multivariat dan analisis kemampuan proses multivariat (Johnson & Wichern, 2002). Untuk mempermudah pemeriksaan apakah suatu data mengikuti distribusi normal, dilakukanlah pengujian distribusi multinormal dengan menggunakan plot χ^2 . Pengujian asumsi distribusi normal multivariat dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data mengikuti sebaran distribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak mengikuti sebaran distribusi normal multivariat

Pengujian asumsi distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat nilai d_i^2 sebagai berikut.

$$d_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.6)$$

Dimana :

d_i^2 = nilai statistik uji pada pengamatan ke- i

\mathbf{x}_{ij} = vektor objek pengamatan ke- i pada variabel ke- j

$\bar{\mathbf{x}}_j$ = vektor rata-rata pada variabel ke- j

\mathbf{S}^{-1} = invers matriks varian kovarian $S_{p \times p}$

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian normal multivariat adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai d_i^2 dengan perhitungan pada Persamaan (2.9),
2. Mengurutkan nilai d_i^2 dari nilai d_i^2 yang terkecil sampai nilai d_i^2 yang terbesar,
3. Mencari nilai $\chi_{(p;(j-0,5)/n)}^2$ yang diperoleh dari tabel *Chi-square*,
4. Membuat scatter plot antara pasangan $(d_i^2, \chi_{(p;(j-0,5)/n)}^2)$.

Data berdistribusi normal multivariat jika paling sedikit 50% nilai $d_i^2 \leq \chi_p^2(0,5)$, dengan nilai persentase untuk banyaknya nilai $d_i^2 \leq \chi_p^2(0,5)$ disimbolkan dengan t (Johnson dan Wichern, 2007).

2.6 Grafik Kendali Variabel

Grafik kendali variabel digunakan untuk memonitoring karakteristik kualitas lama proses transformasi berlangsung dan mendeteksi apakah proses itu sendiri mengalami perubahan sehingga mempengaruhi kualitas. Jika pemeriksaan sampel di temukan berada di luar batas kontrol atas atau batas kontrol bawah, maka proses tranformasi harus di periksa untuk di cari penyebabnya (Zulian,1996).

2.6.1 Peta Kendali *Generalized Variance*

Grafik kendali *Generalized Variance* (GV) digunakan untuk menguji variansi proses. Statistik uji yang digambarkan pada grafik pengendali *Generalized variance* adalah sebagai berikut.

$$W_i = -pn + pn \ln(n) - n \ln(|\mathbf{A}_i| / |\Sigma|) + tr(\Sigma^{-1} \mathbf{A}_i) \quad (2.7)$$

dimana.

$\mathbf{A}_i = (n-1)\mathbf{S}_i$, \mathbf{S}_i adalah matrix sampel covarians untuk sampel i , dan tr adalah operator trace.

Metode untuk peta kendali *Generalized Variance* $|\mathbf{S}|$ adalah menggunakan rata-rata $E(|\mathbf{S}|)$ dan varians $V(|\mathbf{S}|)$ dan mempunyai interval $E|\mathbf{S}| \pm 3\sqrt{V(|\mathbf{S}|)}$.

$$E(|\mathbf{S}|) = b_1 |\Sigma|^2 \quad (2.8)$$

$$V(|\mathbf{S}|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (2.9)$$

Dengan,

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad (2.10)$$

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right] \quad (2.11)$$

p merupakan jumlah karakteristik kualitas. Sehingga batas kendali peta kendali *Generalized Variance* adalah Batas Kendali Atas (BKA), Garis Tengah (GT) dan Batas Kendali Bawah (BKB) adalah sebagai berikut.

$$BKA = |\Sigma| (b_1 + 3\sqrt{b_2}) \quad (2.12)$$

$$GT = b_1 |\Sigma| \quad (2.13)$$

$$BKB = |\Sigma| (b_1 - 3\sqrt{b_2}) \quad (2.14)$$

Nilai BKB dapat bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapatkan bernilai negatif (Montgomery, 2009).

2.6.2 Grafik Kendali *Hottelling T*²

Pengendalian kualitas statistik dengan grafik kendali *Hottelling T*² digunakan jika memiliki dua atau lebih karakteristik kualitas yang saling berhubungan. Grafik kendali *Hottelling T*² biasanya banyak digunakan pada industri-industri manufaktur untuk mengendalikan kualitas suatu produk (Montgomery, 2009).

Statistik uji yang digambarkan pada grafik pengendali *Hotelling T²* untuk data individu adalah sebagai berikut.

$$T_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.15)$$

Dengan matrik kovariannya menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(m-1)}$$

Dimana

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}'_1 \\ \mathbf{v}'_2 \\ \vdots \\ \mathbf{v}'_{m-1} \end{bmatrix}$$

Keterangan :

\mathbf{x}_i = sampel vektor pengamatan ke- i

$\bar{\mathbf{x}}_j$ = rata-rata tiap variabel kualitas ke- j

\mathbf{S}^{-1} = Invers matrik varian kovarian

Batas kendali untuk grafik kendali *Hotelling T²* dengan pengamatan individu adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - mp} F_{(0,9973,p,m-p)} \quad (2.16)$$

$$GT = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - mp} F_{(0,50,p,m-p)} \quad (2.17)$$

$$BKB = 0 \quad (2.18)$$

Dimana,

BKA = Batas Kendali Atas

BKB = Batas Kendali Bawah

GT = Garis Tengah

p = Banyaknya karakteristik kualitas ($j= 1,2,\dots,p$)
 m = jumlah sampel ($i=1,2,\dots,m$)

Dengan $F_{\alpha,p,m-p}$ menyatakan nilai yang diperoleh dari tabel F dengan α sebagai taraf signifikansi, m menyatakan jumlah sampel dan p menyatakan banyaknya karakteristik. Suatu proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali.

2.6.3 Identifikasi Variabel Penyebab Terjadinya Sinyal Tidak Terkontrol dalam Rata-Rata Proses

Pada saat pengontrolan proses jika terjadi sinyal tidak terkontrol atau terkendali maka perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab terjadinya sinyal tidak terkontrol tersebut. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal tidak terkontrol adalah menguraikan statistik T^2 ke dalam komponen-komponen yang menunjukkan kontribusi dari masing-masing variabel individual (Montgomery, 2009). $T^2_{(j)}$ merupakan nilai statistik untuk semua variabel proses tanpa variabel ke- j . Sehingga dijelaskan bahwa

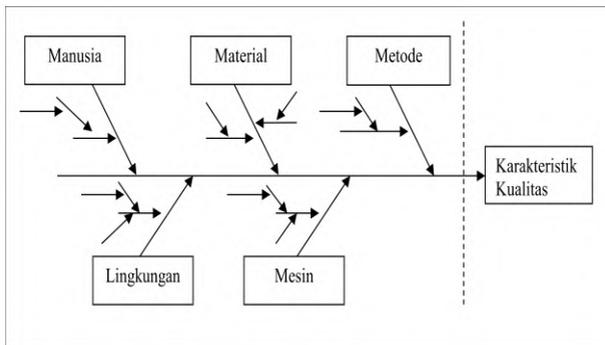
$$h_j = T^2 - T_j^2 \quad (2.19)$$

h_j adalah sebuah indikator dari kontribusi dari variabel ke- i untuk keseluruhan statistik. Ketika terdapat sinyal *out of control* maka direkomendasikan perhitungan nilai dari h_j ($j = 1,2,\dots,p$) dan memfokuskan perhatian pada variabel yang memiliki nilai h_j yang relatif besar. Jika nilai $h_j > \chi^2_{(\alpha,1)}$ maka variabel ke- j tersebut adalah penyebab pengamatan yang *out of control*.

2.7 Diagram Ishikawa

Diagram ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara sebab dan akibat dari suatu kegiatan. Dengan diagram Ishikawa dapat menjabarkan banyak sekali semua penyebab, mulai dari penyebab yang paling dekat dengan akibat (masalah), sampai penyebab yang tidak dekat dengan akibat (masalah). Diagram Ishikawa biasa juga disebut sebagai diagram Tulang Ikan (*Fish*

Bone Chart) karena melihat bentuk dari anak panah yang menyerupai tulang ikan. Untuk memudahkan dalam menginventarisasi semua penyebab yang berpengaruh terhadap akibat (masalah) dengan menggunakan diagram Ishikawa harus mempertimbangkan faktor sebagai berikut : *Machines* (Mesin), *Materials* (Material), *Methods* (Cara), *Manpower* (orang) dan *Environment* (Lingkungan).



Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat

Langkah-langkah pembuatan diagram sebab akibat yaitu (Montgomery, 2009) :

1. Tentukan masalah/sesuatu yang akan diamati atau diperbaiki. Gambarkan panah dengan kotak diujung kanannya dan tulis masalah/sesuatu yang akan diamati/diperbaiki.
2. Cari faktor utama yang berpengaruh atau mempunyai akibat pada masalah/sesuatu tersebut. Tuliskan dalam kotak yang telah dibuat diatas dan dibawah panah yang telah dibuat tadi.
3. Cari lebih lanjut faktor-faktor yang lebih terperinci (faktor-faktor sekunder) yang berpengaruh / mempunyai akibat pada faktor utama tersebut. Tulislah faktor-faktor sekunder tersebut didekat atau pada panah yang menghubungkannya dengan penyebab utama.

Dari diagram yang sudah lengkap, carilah penyebab-penyebab utama dengan menganalisa data yang ada.

2.8 Indeks Kapabilitas Proses

Suatu teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis variabilitas terhadap spesifikasi suatu variabilitas (Montgomery, 2009). Suatu proses dikatakan bekerja dalam kondisi kapabel apabila proses produksi dalam keadaan terkendali, memenuhi batas spesifikasi dan mempunyai akurasi dan presisi yang tinggi. Untuk menentukan indeks kemampuan proses multivariat diperlukan syarat bahwa peta kendali harus dalam kondisi terkendali dan asumsi multivariat normal terpenuhi, sehingga indeks nilai kapabilitas proses multivariat dapat ditulis sebagai berikut (Kotz, 1993).

$$Cp = \frac{K}{\chi^2_{\alpha, df}} \left(\frac{(v-1)p}{s} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.20)$$

Dimana v adalah jumlah pengamatan yang sudah terkendali, p adalah jumlah karakteristik kualitas,

$$s = \sum_{i=1}^m (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' A^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})$$

A^{-1} = invers matriks $\mathbf{x}_i' \mathbf{x}_i$

$$K^2 = (\mathbf{x}_i - \xi)' V_0^{-1} (\mathbf{x}_i - \xi)$$

V_0^{-1} = invers matrik varian kovarian

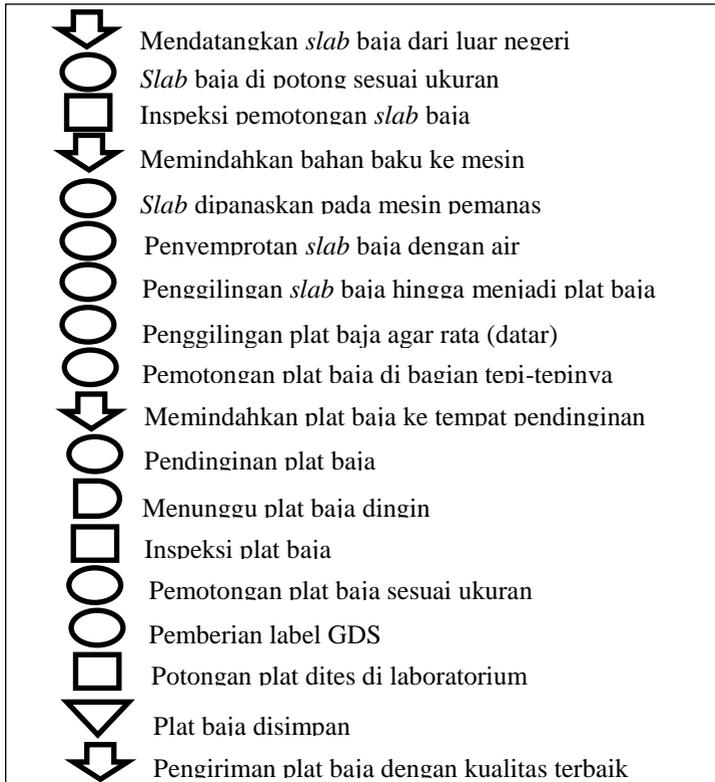
$$\xi = \frac{1}{2} (BSA + BSB)$$

$\chi^2_{\alpha, df}$ merupakan nilai *Chi-Square* dengan α adalah tingkat signifikansi yang besarnya 0,0027 dan df adalah derajat bebas yang besarnya sama dengan jumlah karakteristik kualitas (p).

Suatu proses dikatakan kapabel jika nilai $Cp > 1$, artinya tingkat akurasi dan presisi tinggi, maka data pengamatan berada dalam batas spesifikasi.

2.9 Proses Produksi *Plate* Baja Di PT Gunawan Dianjaya Steel Tbk

Produk berkualitas PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk terbagi menjadi tiga, berdasarkan peruntukan penggunaannya. Pertama, Plat baja untuk penggunaan umum (Low carbon Structural Steel Plates, High Strength Low alloy Structural Steel Plates). Kedua, Plat baja untuk pembuatan *boilers* dan *pressure vessels*. Ketiga, Plat baja untuk pembuatan kapal. Berikut aliran proses produksi *plate* baja di PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk. Berikut ini adalah diagram keseluruhan proses produksi pakan ayam petelur jenis tepung yang digambarkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Diagram Proses Produksi

a. Mendatangkan *Slab*

Proses awal adalah perusahaan mendatangkan baja dalam bentuk utuh, jadi baja masih utuh dengan bentuk persegi empat dan panjang biasa disebut dengan nama “*Slab*”. Baja tersebut didatangkan dari negara Rusia dan China.

b. *Slab Cutting*

Proses selanjutnya adalah *Slab* baja dipotong-potong sesuai ukuran yang dibutuhkan. Pada proses ini membutuhkan waktu sekitar 5 hingga 6 menit dalam pemotongannya dan terdapat 3 mesin potong untuk pengerjaannya.

c. *Inspection*

Pada inspeksi yang pertama dilihat apakah ukuran pemotongan sudah sesuai apa belum, termasuk ukuran kelurusan dalam pemotongan. Tahap inspeksi dikerjakan pada waktu antara saat selesai pemotongan hingga ke proses selanjutnya. Karyawan yang melakukan inspeksi merupakan karyawan khusus yang sudah berpengalaman kerja antara 15 hingga 20 tahun diperusahaan ini.

d. *Reheating Furnance* (Pemanasan)

Setelah proses pemotongan dan inspeksi, baja dimasukkan ke dalam mesin pemanas dengan suhu yang sangat tinggi agar baja tersebut menjadi lunak dan dapat dilanjutkan pada proses digiling. Proses ini memakan waktu selama 10 menit dengan temperatur 1300°C.

e. *Descaler* (Penyemprotan)

Proses selanjutnya baja berjalan keluar dari mesin pemanas, dan sebelum seutuhnya keluar baja tersebut disemprot menggunakan air bersuhu tinggi dengan kecepatan yang sangat cepat untuk menghilangkan kerak – kerak yang masih menempel di baja akibat proses pemanasan. Proses ini berjalan antara 10 hingga 15 detik.

f. *4-High Roughing & Finishing Mill* (Penggilingan)

Proses ini adalah proses penggilingan baja yang masih dalam keadaan lunak sehingga baja dapat buah digiling hingga tipis

sesuai ukuran yang diinginkan. Pada proses ini membutuhkan waktu antara 5 hingga 6 menit.

g. *Hot Leveller*(Penggilingan)

Setelah ditipiskan, proses selanjutnya merupakan proses penggilingan lagi. Namun pada proses kali ini adalah untuk meratakan bentuk baja, sehingga tidak menggelombang. Pada proses ini membutuhkan waktu selama 6 menit.

h. *Dividing Shear* (Pemotongan bagian tepi)

Setelah proses penggilingan selesai, maka dilanjutkan proses pemotongan *plate* baja. *Plate* dipotong dibagian tepi-tepi sehingga membentuk persegi. Proses ini membutuhkan waktu antara 4 hingga 5 menit.

i. *Cooling Bed*(Pendinginan)

Pada proses ini *plate* yang sudah dipotong dan digiling sesuai ukuran didinginkan pada tempat yang sudah disediakan. Tempat tersebut tidak menempel pada tanah sehingga suhu antara atas dan bawah sama. Proses pendinginan berlangsung sekitar 1 jam.

j. *Inspection*

Setelah benar – benar dingin *plate* baja yang sudah jadi di inspeksi kembali untuk melihat apakah *plate* baja sudah benar-benar tidak ada cacat. Pengukuran dilakukan dengan cara visual untuk melihat bagaimana keadaan bentuk *plate*. Proses inspeksi yang dikerjakan oleh karyawan dengan pengalaman kerja selama 15 hingga 20 tahun ini berjalan selama 3 menit.

k. *Plate Cutting*

Tahap pemotongan yang terakhir yaitu pemotongan *plate* baja sesuai dengan pesanan pelanggan. Pada tahap pemotongan yang terakhir ini terdapat 2 mesin dalam pengerjaannya, dan dalam memotong *plate* baja memakan waktu selama 5 sampai 6 menit.

l. *Inspection*

Setelah didapatkan *plate* sesuai dengan pesanan sebelum disimpan dan lalu dikirimkan kepada pelanggan, sebelumnya di inspeksi akan ukuran tebal, lebar dan panjang *plate* tersebut kembali. Pengukuran menggunakan alat ukur yang terdapat nilai

acuan yaitu *milimeter* dan *meter*. Tahap inspeksi ini membutuhkan waktu selama kurang lebih selama 3 sampai 4 menit.

m. *Storage*

Plate yang benar-benar memenuhi syarat akan disimpan terlebih dahulu sebelum menuju ke proses selanjutnya.

n. *Shipment* (Pengiriman)

o. Proses pengiriman *plate* kepada pemesan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Pengambilan Sampel

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari hasil proses produksi yang dilakukan oleh PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk divisi QC (Quality Control) pada tahapan inspeksi akhir. Standar spesifikasi yang digunakan adalah ASTM-36 diambil pada periode Januari tahun 2016. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 tahap pada setiap harinya yaitu pagi, siang dan malam. Sampel yang akan diambil setiap 50 ton berat dari *plate* baja tersebut. Sehingga terdapat tiga ukuran subgrup berdasarkan shift. Tetapi sampel yang akan digunakan pada penelitian ini diambil rata-rata setiap shift sehingga menjadi pengamatan individu. Data akan di bagi menjadi dua Fase yaitu Fase I pada dua minggu awal bulan dan Fase II pada satu minggu akhir bulan yang dapat dilihat di Lampiran A.

3.2 Variabel Penelitian

Dengan mengikuti batasan masalah yang diambil pada penelitian ini, variabel penelitian yaitu dengan mengutamakan pada hasil inspeksi yang dilakukan di laboratorium pada proses produksi bagian *finishing cutting plate* pada yaitu

1. *Yield Strength (ys)*
Yield Strength merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis.
2. *Tensile Strength (ts)*
Tensile Strength yaitu titik maksimum pada saat *plate* baja mulai putus.
3. *elongation*
elongation merupakan ukuran kekuatan suatu bahan akan keelastisannya. Makin besar modulus, makin

kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan.

Dari beberapa variabel yang menjadi karakteristik kualitas tersebut terdapat hubungan yang saling memberikan pengaruh, yaitu apabila presentase nilai regangan (*elongation*) berubah pada satuan nilai tertentu maka presentase nilai tegangan (*yield strength dan tensile strength*) juga akan berubah karena pada titik nol sampai batas proporsional, tegangan berbanding lurus dengan regangan dan membentuk garis lurus yang curam (semakin curam garis tersebut semakin kaku materialnya). Berikut ini merupakan ketentuan standar perusahaan dengan menggunakan sertifikat standar ASTM 36.

Tabel 3.1 Ketentuan Standar Perusahaan

Variabel	Satuan	Batas spesifikasi
Y_s	Mpa	250-370
T_s	Mpa	400-550
ϵ	%	20%-30%

Untuk Struktur data dari penelitian tentang jenis karakteristik kualitas yang terdapat pada proses produksi bagian *finishing cutting plate* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian dengan Subgroup n=1

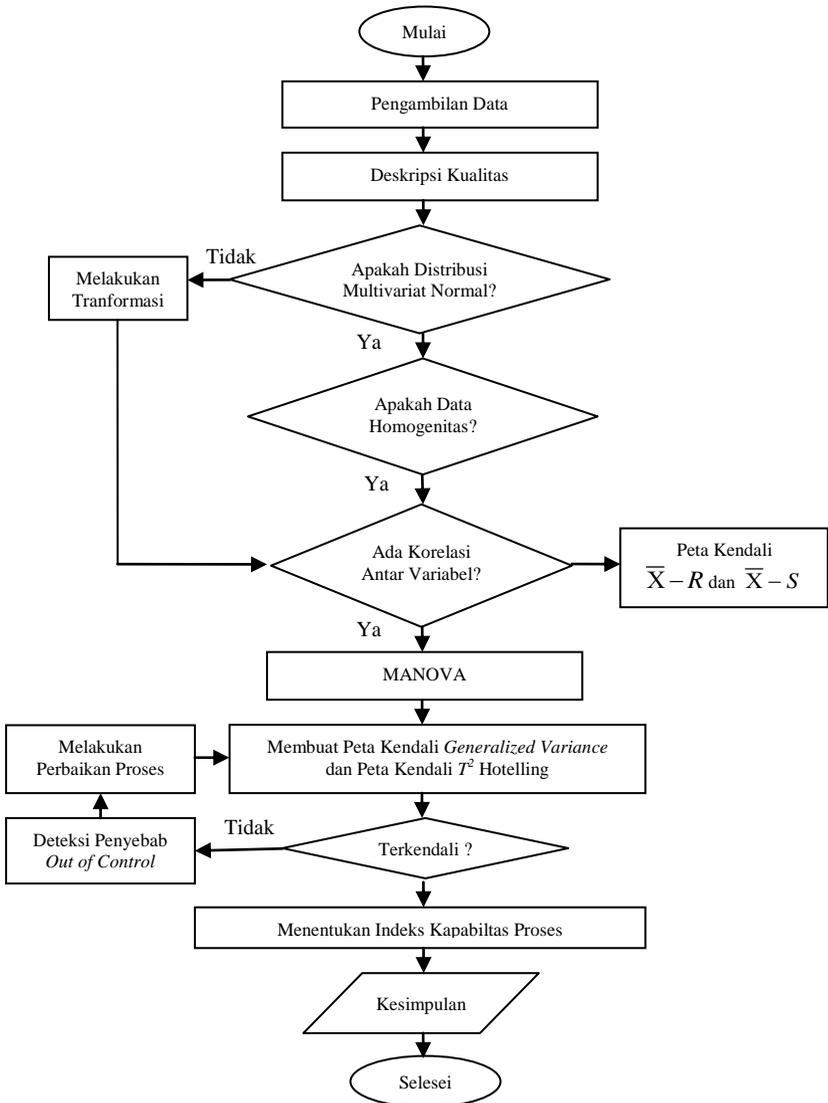
Pengamatan	Variabel		
	X_1	X_2	X_3
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
27	$X_{27,1}$	$X_{27,2}$	$X_{27,3}$
Rata-rata tiap variabel kualitas	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3
Varians tiap variabel kualitas	S^2_1	S^2_2	S^2_3

3.3 Langkah Analisis

Tahap dan langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat Deskripsi untuk masing-masing variabel karakteristik kualitas pada Fase I dan Fase II
2. Menguji korelasi antar variabel Fase I dan Fase II
3. Melakukan Uji Distribusi Multivariat Normal Fase I dan Fase II
4. Melakukan Uji Homogenitas Varians Fase I dan Fase II
5. Melakukan Uji Manova (Pergeseran Proses) Fase I dan Fase II
6. Membuat Grafik Kendali *Generalized Variance* Fase I dan Fase II untuk mengetahui kualitas produk *plate* baja dalam keadaan terkendali atau tidak.
7. Membuat grafik kendali *Hotteling T²* Fase I dan Fase II untuk mengetahui kualitas produk *plate* baja dalam keadaan terkendali atau tidak.
8. Apabila diketahui keadaan grafik kendali *Hotteling T²* dan *Generalized Variance* tidak terkendali, maka akan dilakukan deteksi *out of control* dan dibuat diagram *Ishikawa*.
9. Menghitung nilai indeks kemampuan proses produksi setelah proses terkendali secara mean dan varians.

Langkah-langkah analisis secara grafis dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan yang dilakukan terhadap karakteristik kualitas *plate* baja selama periode Januari 2016. Data dibagi menjadi dua fase yaitu fase I untuk dua minggu awal, sedangkan dua minggu akhir merupakan fase II.

Analisis fase I bertujuan untuk membangun batas kendali dan memperoleh pengamatan yang berada didalam batas kendali tersebut. Data pengamatan telah berada pada batas kendali atas dan bawah maka proses telah dinyatakan terkendali, Sehingga parameter yang dihasilkan di fase I dapat digunakan untuk pengendalian pada fase II.

Analisis fase II bertujuan untuk memonitoring proses produksi *plate* baja dengan parameter yang diestimasi dari analisis fase I yang telah dalam kondisi terkendali. Selanjutnya, dari data pengamatan yang telah terkendali di fase II, Maka dilakukan perhitungan kapabilitas prosesnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu proses telah berjalan secara kapabel atau tidak.

4.1 Pengendalian Kualitas *Plate* Baja

Pada pengendalian kualitas *plate* baja di PT.Gunawan Dianjaya Stell Tbk, langkah awal adalah menguji korelasi antar karakteristik kualitas dan distribusi multivariat normal. Setelah melakukan pengujian korelasi antar karakteristik kualitas dan distribusi multivariat normal maka langkah selanjutnya adalah pengendalian proses variabilitas dan rata-rata fase I (*start-up*), kemudian dilanjutkan dengan pengendalian proses variabilitas dan rata-rata fase II dimana dalam tahap ini dihitung juga kapabilitasnya.

4.1.1 Deskripsi Kualitas *Plate* Baja Pada Fase I Dan Fase II

Berdasarkan data di Lampiran A dilakukan perhitungan untuk deskripsi data diantaranya yaitu rata-rata, varians, nilai minimum, dan maksimum dari data proses produksi *plate* baja pada fase I dan fase II di PT. Gunawan Dianjaya Steel Tbk seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Karakteristik Kualitas *plate* Baja Untuk Fase I dan Fase II

	Variabel	Rata-Rata	Varian	Minimum	Maksimum	Spesifikasi
Fase I	Y_s	348,94	137,53	327	368	min 250
	T_s	465,31	75,3	452	478	400-550
	E	24,625	1,85	22	27	min 20%
Fase II	Y_s	341,91	478,29	297	368	min 250
	T_s	457,18	109,96	433	468	400-550
	E	25,636	5,055	23	30	min 20%

Berdasarkan Tabel 4.1 variabel karakteristik kualitas *plate* baja memiliki nilai minimum dan maksimum untuk variabel Y_s , T_s , dan ϵ yang berada di daerah spesifikasi sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai minimum dan maksimum tersebut telah memenuhi standar sertifikasi yang di telah ditentukan *customer* untuk produk *plate* baja yang dipesan.

4.1.4 Pengujian Korelasi Antar Variabel

Analisis selanjutnya yaitu pengujian korelasi menggunakan metode *Bartlett* untuk mengetahui korelasi atau hubungan dari tiga karakteristik kualitas *plate* baja pada fase I dan fase II.

Di berikan hipotesis untuk pemeriksaan korelasi dari tiga karakteristik kualitas *plate* baja sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $R = I$ (Tidak terdapat korelasi antar ketiga karakteristik kualitas *plate* baja yaitu Y_s , T_s , dan ϵ)

H_1 : $R \neq I$ (Terdapat korelasi antar ketiga karakteristik kualitas *plate* baja yaitu Y_s , T_s , dan ϵ)

Dari hipotesis diatas, berikut hasil pengolahan uji korelasi seperti yang tertera pada Lampiran C dimana statistik ujinya diperoleh dari Persamaan 2.5, Dengan taraf signifikansi yang digunakan adalah α sebesar 0,05 dengan daerah penolakannya adalah tolak H_0 jika χ^2_{hitung} lebih dari $\chi^2_{(\alpha; 1/2p(p-1))}$ diperoleh statistik uji diberikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Uji Korelasi Antar Variabel

Fase	<i>p-value</i>	<i>Chi-sq</i>
I	0,361	3,208
II	0,000	30,439

Berdasarkan hipotesis dan Tabel 4.2 menunjukkan data pengamatan fase I diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,361 atau nilai χ^2_{hitung} (3,208) kurang dari $\chi^2_{(0,05;3)}$ (7,81) sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antar ketiga variabel karakteristik kualitas produk *plate* baja pada fase I, Untuk fase II diketahui *p-value* sebesar 0,000 atau χ^2_{hitung} (30,439) lebih dari $\chi^2_{(0,05;3)}$ (7,81) yang berarti tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antar ketiga variabel karakteristik kualitas produk *plate* baja. Selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan distribusi multivariat normal pada data *plate* baja periode Januari 2016.

4.1.5 Pengujian Distribusi Multivariat Normal

Pengujian distribusi Multivariat Normal dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah data ketiga karakteristik kualitas tersebut berdistribusi normal atau tidak secara multivariat atau bersama-sama. Pemeriksaan distribusi Multivariat Normal dilakukan sebagai asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis peta kendali multivariat dan kemampuan proses.

Berikut diberikan hipotesis untuk pemeriksaan distribusi multivariat normal pada data *plate* baja periode Januari 2016 sebagai berikut:

Hipotesis :

H_0 : Data kualitas produk *plate* baja mengikuti sebaran distribusi multivariat normal

H_1 : Data kualitas produk *plate* baja tidak mengikuti sebaran distribusi multivariat normal

Dengan menggunakan Persamaan 2.6 didapatkan hasil pengujian Distribusi Multivariat Normal dengan menggunakan bantuan *software minitab* seperti yang tertera pada Lampiran D2 dan rumusan *macro minitab* tertera pada Lampiran D1. Daerah penolakan pada uji ini adalah H_0 gagal ditolak jika 50% nilai jarak d_{ij}^2 lebih kecil dari $\chi_{(3;0,5)}^2 = 2,37$ ($d_{ij}^2 < 2,37$). Berdasarkan lampiran D2 nilai t yaitu persentase nilai d_i^2 pada periode dua minggu awal atau fase I yang kurang dari $\chi_{3;0,5}^2 = 2,37$ adalah 56,25% persen, karena nilai d_i^2 yang kurang dari $\chi_{3;0,5}^2 = 2,37$ berada disekitar nilai 50 % atau lebih maka diperoleh kesimpulan bahwa data karakteristik kualitas *plate* baja pada fase I mengikuti sebaran distribusi multivariat normal. Untuk fase II persentase nilai d_i^2 pada fase ini yang kurang dari $\chi_{3;0,5}^2 = 2,37$ adalah 54,455 %, Maka diperoleh kesimpulan bahwa data karakteristik kualitas *plate* baja pada fase II mengikuti sebaran distribusi multivariat normal. Setelah seluruh

pemeriksaan asumsi sudah terpenuhi maka selanjutnya akan dilakukan analisis pengendalian kualitas proses produksi *plate* baja secara variabilitas dan rata-rata dan apabila sudah terkendali secara variabilitas dan rata-rata akan dihitung indeks kapabilitas prosesnya.

4.1.4 Pemeriksaan Homogenitas Varians

Selanjutnya melakukan uji asumsi homogenitas untuk masing-masing Fase I dan fase II dengan menggunakan Persamaan 2.1. Berikut ini hasil uji asumsi homogenitas dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Homogenitas Varians Kualitas
Plate Baja

Fase I dan Fase II	
Box's M	17,086
F	2,428
df1	6
df2	2306,367
P-value	0,024

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil pengujian pada Lampiran E. Diketahui nilai *P-value* sebesar 0,024 dan $F_{hitung} (2,428) > F_{(0,05;6;2306,367)} (2,102)$ sehingga diputuskan Tolak H_0 pada tingkat signifikan 5% yang ditetapkan maka kesimpulannya bahwa data karakteristik kualitas *Plate* Baja Fase I dan Fase II tidak homogen. Hasil dari pemeriksaan asumsi homogenitas varians data akan digunakan untuk melihat pergeseran proses produksi antara Fase I dan Fase II.

4.1.5 Pergeseran Proses Fase I dan Fase II

Selanjutnya dilakukan tahap pemeriksaan dengan menggunakan metode MANOVA untuk mendeteksi

apakah ada perbedaan antara Fase I dan Fase II. Sebelumnya dilakukan pengujian asumsi terlebih dahulu dan didapatkan kesimpulan bahwa data karakteristik kualitas *Plate* Baja berdistribusi multivariat tetapi tidak homogen maka dilakukan pengujian pergeseran proses menggunakan Persamaan 2.4.

Tabel 4.4 Uji MANOVA Karakteristik Kualitas *Plate* Baja Tahap I dan Tahap II

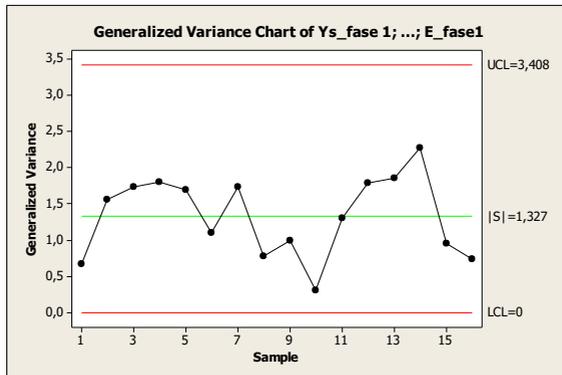
	Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	P-value
Fase	<i>Pillai's Trace</i>	0,27	2,835 ^b	3	23	0,061

Tabel 4.4 *output* pemeriksaan diperoleh dari Lampiran F. diketahui nilai P-value sebesar 0,061 dan $F_{hitung} (2,835) < F_{(0,05;7,48)} (3,207)$ pada nilai *Pillai's Trace* dengan tingkat signifikan 5% yang ditentukan memberikan keputusan Gagal Tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pergeseran proses antara Fase I ke Fase II pada karakteristik kualitas *Plate* Baja. Sehingga untuk Fase II dapat menggunakan batas kendali yang telah dibangun pada Fase I karena tidak terdapat pergeseran proses antara Fase I dan Fase II. Berikut pengendalian proses variabilitas dan rata untuk Fase I dan Fase II.

4.1.6 Pengendalian Proses Variabilitas dan Rata-rata Pada Fase I

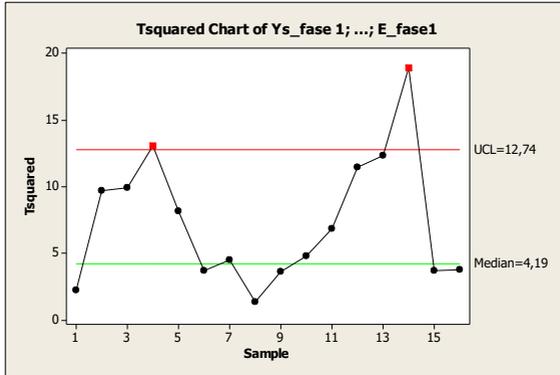
Analisis selanjutnya yaitu pengendalian kualitas produk *plate* baja pada periode dua minggu awal bulan Januari 2016 terhadap pengendalian varian dengan membuat grafik kendali *Generalized Variance* (GV) berdasarkan karakteristik kualitas *plate* baja pada fase I dengan asumsi data telah mengikuti sebaran distribusi

multivariat normal. Didapatkan hasil perhitungan grafik kendali *Generalized Variance* dengan menggunakan perangkat lunak Minitab dengan melihat Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Kendali *Generalized Variance* Fase I

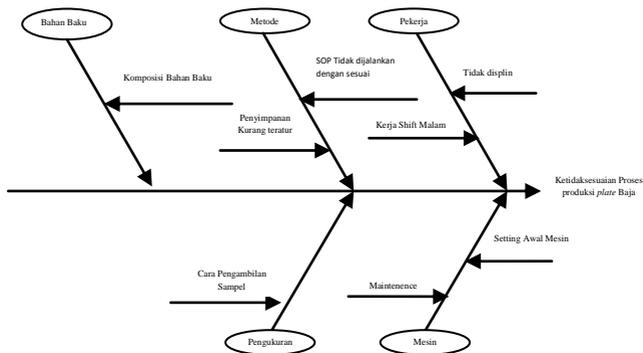
Gambar 4.1 mempresentasikan tentang hasil monitoring variabilitas produksi *plate* baja pada fase I sebelum data yang tidak terkendali dikeluarkan menggunakan grafik kendali *Generalized Variance*. Berdasarkan Gambar 4.1 juga dapat diketahui tidak terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali. Nilai batas kendali atas sebesar 3,408 dan batas kendali bawah sebesar 0. Dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses pada fase I telah terkendali secara statistik. Setelah data pengamatan *plate* baja pada fase I terkendali secara variabilitas, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis untuk memonitoring rata-rata proses produksi *plate* baja yang dihasilkan pada periode Januari 2016 menggunakan grafik kendali *Hottelling T²*. Berikut ini adalah hasil monitoring rata-rata proses produksi *plate* menggunakan *Hottelling T²* pada fase I.



Gambar 4.2 Grafik Kendali *Hotelling T²* Fase I

Gambar 4.2 merepresentasikan tentang hasil monitoring rata-rata proses produksi *plate* pada fase I menggunakan grafik kendali *Hotelling T²*. Pada grafik kendali tersebut terdapat batas kendali atas, garis tengah (median), dan batas kendali bawah. Sama halnya dengan dengan grafik kendali *Generalized Variance* batas kendali atas merupakan suatu nilai yang mengindikasikan sebagai level dari kualitas yang dapat diterima, kemudian batas kendali bawah merupakan suatu nilai yang diindikasikan sebagai level terendah dari kualitas yang dapat diterima oleh perusahaan. Dapat diketahui bahwa terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali dengan batas kendali atas sebesar 12,74 dan nilai garis tengah sebesar 4,19. Pengamatan yang keluar batas kendali adalah sampel pengamatan ke-4 dan 14, dan dapat ditarik kesimpulan bahwa secara statistik rata-rata proses produksi *plate* baja pada periode dua minggu awal Bulan Januari 2016 belum terkendali. Selanjutnya untuk mengeluarkan data pengamatan yang keluar dari batas kendali pada diagram kontrol, maka syarat utama yang

harus dipenuhi adalah diketahuinya faktor penyebab suatu data pengamatan tersebut tidak terkendali. Apabila faktor penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan tidak diketahui maka data pengamatan yang diluar batas kendali dapat dipertahankan atau dapat di keluarkan. Konsekuensi dari mempertahankan data yang keluar dari batas kendali adalah dapat menyebabkan kesensitifisan dalam diagram kontrol. Berikut ini merupakan diagram *Ishikawa* yang merepresentasikan faktor penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan pada proses produksi *plate* baja di PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk.

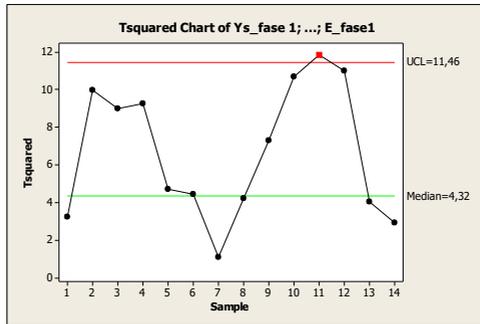


Gambar 4.3 Diagram Ishikawa

Gambar 4.3 merepresentasikan tentang hasil penjabaran penyebab suatu data pengamatan tidak terkendali pada proses produksi *plate* baja. Pada diagram tersebut, kepala diagram menjelaskan tentang masalah yang terjadi selama masa proses produksi *plate* baja periode Januari 2016 dan cabang diagram merepresentasikan tentang faktor-faktor penyebab masalah yang terjadi. Berdasarkan Gambar 4.3 terdapat 5

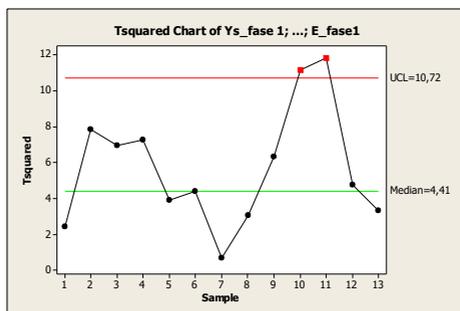
faktor penyebab suatu data tidak terkendali dalam proses produksi *plate* baja yaitu faktor pekerja, mesin, metode, pengukuran dan bahan baku. Faktor pekerja dapat disebabkan oleh kejenuhan pekerja, ketidakdisiplinan pekerja dan bekerja pada *shift* malam. Faktor mesin dapat disebabkan oleh ketidaksesuaian setting awal pada masa *recovery*. Selain itu ketidaksesuaian yang disebabkan oleh faktor mesin juga dapat dipengaruhi oleh maintenance (perawatan) mesin selama masa *recovery*. Selanjutnya faktor metode dapat disebabkan Standar Operasional Pabrik (SOP) yang telah ditetapkan tidak dilakukan dengan benar. Kemudian faktor pengukuran dapat disebabkan kesalahan nilai dari hasil pengukuran Uji tarik yang dilakukan. Sedangkan untuk bahan baku dapat disebabkan kualitas *plate* sebelum proses pemotongan yaitu proses pembentukan slab dimana komposisi dari pembentukan Slab tidak sesuai. Dari kelima faktor penyebab, faktor pekerja dan pengukuran yang paling berpengaruh terhadap ketidaksesuaian proses produksi *plate* baja di PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk.

Setelah diketahui penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan pada proses produksi *plate* baja di PT.Gunawan Dianjaya Steel Tbk dan andaikan departemen Quality Control pabrik dapat melakukan proses perbaikan pada faktor penyebab tidak terkendalinya data pengamatan tersebut maka tahapan selanjutnya yaitu akan dilakukan perbaikan batas kendali pada grafik kendali *Hotelling T²* dengan cara mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali. Berikut merupakan hasil grafik kendali *Hotelling T²* dengan mengeluarkan data pengamatan yang keluar dari batas kendali.



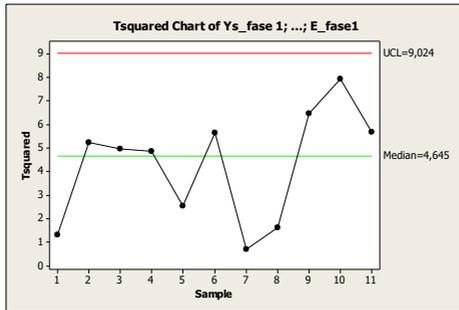
Gambar 4.4 Grafik Kendali *Hotelling T²* Fase I Iterasi Pertama

Gambar 4.4 merepresentasikan tentang hasil monitoring rata-rata proses produksi *plate* pada fase I setelah mengeluarkan data pengamatan yang keluar dari batas kendali. Pada Gambar 4.4 diatas dapat diketahui bahwa masih terdapat data pengamatan yang keluar dari batas kendali, maka perlu dilakukan perbaikan ulang setelah teridentifikasi faktor penyebab data pengamatan tidak terkendali dengan mengeluarkan data pengamatan ke-11. Berikut hasil grafik kendali *Hotelling T²* setelah data pengamatan ke-11 di keluarkan dari pengamatan.



Gambar 4.5 Grafik Kendali *Hotelling T²* Fase I Iterasi Kedua

Gambar 4.5 merepresentasikan hasil monitoring rata-rata proses produksi *plate* pada fase I setelah mengeluarkan data pengamatan yang keluar dari batas kendali. Dapat di lihat Gambar 4.5 bahwa masih terdapat data pengamatan yang keluar dari batas kendali. Selanjutnya akan dilakukan pengecekan ulang tentang perbaikan rata-rata proses produksi *plate* baja dengan mengeluarkan data pengamatan ke-10 dan 11 setelah sebelumnya diketahui indikasi mengenai faktor penyebab tidak terkendalnya data pengamatan. Berikut hasil pengontrolan rata-rata proses setelah data pengamatan ke-10 dan 11 di eliminasi.



Gambar 4.6 Grafik Kendali *Hotelling T²* Fase I Setelah Iterasi

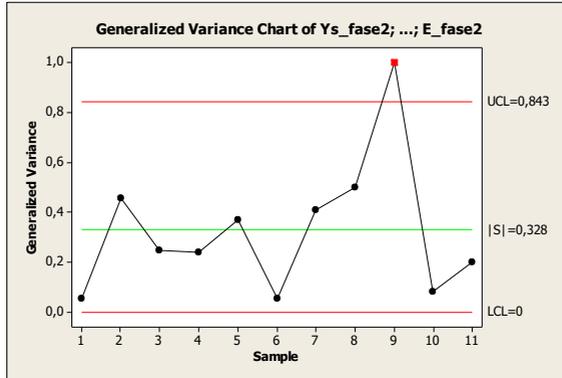
Gambar 4.6 merepresentasikan tentang hasil grafik kendali *Hotelling T²* fase I setelah pengamatan yang diluar batas kendali dikeluarkan. Dalam melakukan perbaikan grafik kendali *Hotelling T²* pada fase I diperlukan dua kali iterasi hingga diperoleh semua data pengamatan terkendali. Setelah data pengamatan ke-4 , ke-14, ke-10 dan ke-11 di keluarkan dari diagram kontrol, maka diperoleh diagram kontrol yang terkendali dan tidak ada pengamatan yang berada diluar batas kendali. Sudah tidak adanya data pengamatan yang berada diluar batas

kendali menandakan bahwa secara statistik rata-rata proses produksi *plate* baja telah terkendali. Grafik KEndali *Hotelling T²* fase I setelah perbaikan memiliki batas kendali atas sebesar 9,024 dan nilai garis tengah sebesar 4,645.

4.1.7 Pengendalian Proses Variabilitas dan Rata-Rata Fase II

Setelah proses pada fase I dalam keadaan terkendali pada variabilitas dan rata-rata maka dilanjutkan pada analisis fase II periode Januari 2016 untuk dua minggu akhir. Apabila pada analisis fase II ditemukan data pengamatan yang tidak terkendali maka dilakukan perbaikan batas kendali dengan cara mengeluarkan data pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hal tersebut dapat dilakukan karena penyebab suatu data pengamatan tidak terkendali telah diidentifikasi pada diagram sebab-akibat. Analisis pengendalian proses pada variabilitas proses produksi *plate* baja dilakukan terlebih dahulu, setelah data pengamatan terkendali pada pengendalian proses variabilitas maka analisis dilanjutkan dengan pengendalian proses rata-rata produksi *plate* baja. Apabila semua data pengamatan di fase II sudah dalam keadaan terkendali dalam variabilitas dan rata-rata maka dilakukan perhitungan kapabilitas proses untuk mengetahui proses produksi *plate* baja telah kapabel atau tidak.

Pada grafik kendali *Generalized Variance* fase II dilakukan pengendalian variabilitas terlebih dahulu. Berikut ini merupakan hasil grafik kendali *Generalized Variance* yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses produksi *plate* baja pada fase II dengan batas kendalinya dibangun berdasarkan parameter diagram kontrol *Generalized Variance* yang telah terkendali di fase I.

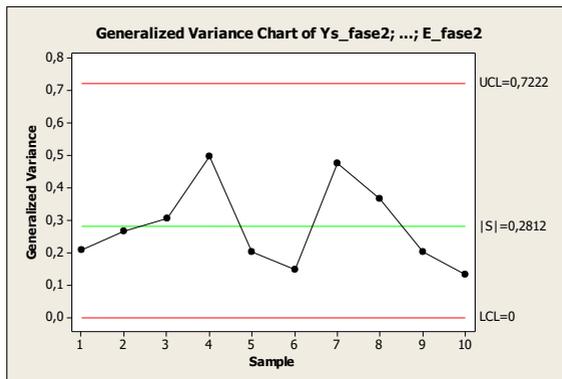


Gambar 4.7 Grafik Kendali *Generalized Variance* Fase II

Gambar 4.7 merepresentasikan tentang hasil monitoring variabilitas produksi *plate I* baja pada fase II sebelum data pengamatan yang tidak terkendali dikeluarkan. Berdasarkan grafik kendali diatas diketahui bahwa masih terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali. Grafik kendali *Generalized Variance* pada fase II memiliki batas kendali atas sebesar 4,2911 dan batas kendali bawah sebesar 0. Data pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah data pengamatan ke-9, adanya data yang berada diluar batas kendali ini menandakan bahwa variabilitas proses produksi *plate* baja pada fase II belum terkendali secara statistik, sehingga perlu dilakukan perbaikan batas kendali.

Setelah dilakukan analisis grafik kendali *Generalized Variance* untuk memonitoring variabilitas *plate* baja di fase II dan masih terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali, maka pengamatan tersebut dapat dikeluarkan karena penyebab apabila suatu data pengamatan tidak terkendali sudah diketahui. Pada fase II

diperlukan satu kali iterasi hingga diperoleh grafik kendali *Generalized Variance* yang terkendali dan tidak ada pengamatan yang berada diluar batas kendali. Berikut ini adalah hasil perbaikan pada grafik kendali *Generalized Variance* fase II yang merepresentasikan tentang hasil monitoring variabilitas produksi *plate* baja setelah data pengamatan yang tidak terkendali dikeluarkan.

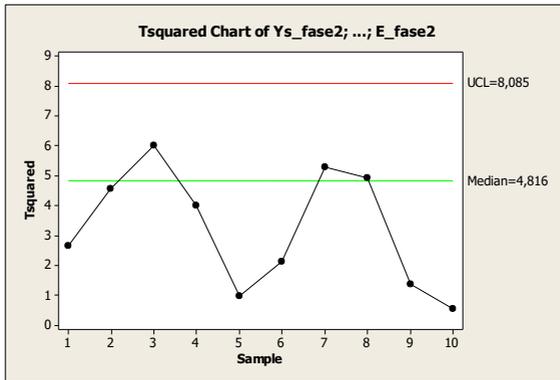


Gambar 4.8 Grafik Kendali *Generalized Variance* fase II Iterasi Pertama

Berdasarkan Gambar 4.8 diketahui bahwa setelah data pengamatan yang berada diluar batas kendali dikeluarkan, maka diperoleh grafik kendali *Generalized Variance* yang telah terkendali dengan batas kendali atas sebesar 0,722 dan batas kendali bawah sebesar 0. Dari analisis grafik kendali *Generalized Variance* pada fase II dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan perbaikan batas kendali maka variabilitas proses pada fase II telah terkendali secara statistik.

Setelah dilakukan analisis pada variabilitas proses produksi *plate* baja dan diagram kontrol yang telah terkendali maka langkah selanjutnya adalah melakukan

analisis pada rata-rata proses produksi *plate* baja menggunakan data pengamatan yang telah terkendali dari hasil analisis variabilitas proses produksi *plate* baja. Berikut ini merupakan hasil analisis pada rata-rata proses produksi *plate* baja fase II menggunakan grafik kendali *Hotelling T²* dengan batas kendali atas dibangun atas batas kendali atas pada grafik kendali *Hotelling T²* pada fase I yang telah terkendali.



Gambar 4.9 Grafik Kendali *Hotelling T²* Fase II

Gambar 4.9 merepresentasikan hasil monitoring rata-rata proses produksi *plate* baja fase II. Berdasarkan Gambar 4.9 diatas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan batas kendali atas pada grafik kendali *Hotelling T²* yang telah terkendali yaitu sebesar 9,024 tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga menandakan secara statistik rata-rata proses produksi *plate* baja telah terkendali.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis kapabilitas proses. Analisis kapabilitas hanya dapat dilakukan ketika semua data pengamatan telah terkendali

secara variabilitas dan secara rata-rata. Suatu proses dikatakan kapabel apabila nilai $C_p > 1$.

4.1.8 Identifikasi Variabel Penyebab *Out Of Control*

Pada perhitungan grafik kendali *Hotelling T²* diatas, data subgrup ke-4,10,11 dan 14 keluar dari batas kendali pada fase I atau tahap monitoring. Karakteristik kualitas yang berkontribusi terhadap keluarnya data dapat diketahui melalui interpretasi data dengan metode dekomposisi Mason, Tracy, and Young (MYT). Pada dekomposisi MYT terdapat *unique terms* yang tergantung dari jumlah variabel yang digunakan. Pada penelitian ini, terdapat tiga variabel yang digunakan yaitu *Yield strength*, *Tensile strength*, dan *Elongation*. Dengan menggunakan Persamaan 2.19 diperoleh hasil perhitungan identifikasi variabel mana yang menjadi penyebab data pengamatan keluar dari batas kendali dimana nilai-nilai hasil perhitungan ditampilkan pada Lampiran G dan ditunjukkan pada Tabel 4.5 serta Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.5 Perhitungan Nilai $T^2_{(i)}$

Observasi	T^2	$T^2_{(1)}$	$T^2_{(2)}$	$T^2_{(3)}$
4	3,2659	2,6962	0,0245	3,1637
10	2,792	0,7059	0,3688	1,5813
11	2,957	2,609	0,406	2,568
14	4,7272	2,7313	1,0476	2,6645

Tabel 4.6 Perhitungan Nilai d_i

Observasi	d_1	d_2	d_3
4	0,5697	3,2414	0,1022
10	2,0861	2,4232	1,2107
11	0,348	2,551	0,389
14	1,9959	3,6796	2,0627

Tabel 4.6 merepresentasikan perhitungan untuk mengidentifikasi variabel mana yang menjadi penyebab data suatu pengamatan keluar dari batas kendali. Nilai d_i yang diketahui akan dibandingkan dengan $\chi_{(0,0027;1)}$ yaitu sebesar 8,99, apabila nilai $d_i > \chi_{(0,0027;1)}$ maka telah diketahui variabel yang menyebabkan pengamatan keluar dari batas kendali. Berdasarkan Tabel 4.6 di atas diketahui nilai d_i untuk masing-masing pengamatan yang diketahui keluar dari batas kendali, dimana tidak terdapat variabel yang paling signifikan mempengaruhi suatu data pengamatan keluar batas kendali jadi, Indikasi secara statistik belum dapat mengetahui variabel mana yang paling signifikan mempengaruhi sehingga perlu evaluasi khusus yang dilakukan oleh perusahaan dalam melaksanakan tes dilaboratorium dan perlu adanya koreksi ulang pada karakteristik kualitas tiap pengamatan agar kualitas produk tetap terkendali sesuai spesifikasi perusahaan dan pesanan *customer*. Langkah berikutnya secara statistik melihat proses tersebut sudah kapabel atau belum dengan mengetahui nilai indeks kapabilitas proses, apabila nilai indeks kapabilitas proses $C_p > 1$ maka proses secara statistik sudah dapat dikatakan telah memenuhi standar spesifikasi dari perusahaan.

4.2 Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses produk *plate* baja didapat dari perhitungan perangkat lunak *Minitab*, Dan hasil perhitungan menggunakan *Macro Minitab* terdapat pada Lampiran H dan diberikan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Kapabilitas Proses

Fase	Proses	BKB	BKA	Cp
I	Terkendali	0	9,024	1,2991
II	Terkendali	0	8,085	3,046

Pada tabel 4.7 diatas merepresentasikan hasil nilai indek kapabilitas proses dengan bantuan *software Minitab*. Berdasarkan tabel 4.7 dapat diketahui untuk Fase I yaitu proses terkendali dengan nilai indeks Cp sebesar 1,299 dan untuk Fase II proses sudah terkendali dengan nilai indeks Cp sebesar 3,046. Dari nilai indeks kapabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa proses produksi *plate* baja telah kapabel dengan asumsi data pengamatan yang tidak terkendali dikeluarkan dan pabrik dapat melakukan perbaikan pada faktor penyebab ketidaksesuaian proses. Hal ini berarti bahwa data pengamatan proses produksi *plate* baja untuk periode Januari 2016 telah berada dalam batas spesifikasi perusahaan.

LAMPIRAN A. Data Kualitas *Plate* Baja Periode Bulan Januari 2016

No	Ys (Mpa)	Ts (Mpa)	ϵ (%)	
1	345	466	23	Fase I
2	348	476	25	
3	363	477	24	
4	350	478	25	
5	355	474	23	
6	351	465	22	
7	327	463	27	
8	360	469	24	
9	339	470	25	
10	368	471	26	
11	360	459	25	
12	340	453	25	
13	331	452	25	
14	357	455	27	
15	352	459	24	
16	337	458	24	
17	366	468	28	Fase II
18	368	468	30	
19	317	450	23	
20	340	452	25	
21	334	457	24	
22	366	467	28	
23	356	466	26	
24	337	452	23	
25	297	433	24	
26	342	458	26	
27	338	458	25	

LAMPIRAN B. Statistika Deskriptif Variabel Kualitas
Plate Baja

**Descriptive Statistics: Ys_fase 1; Ts_fase1;
E_fase1**

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Ys_fase 1	348,94	137,53	327,00	368,00
Ts_fase1	465,31	75,30	452,00	478,00
E_fase1	24,625	1,850	22,000	27,000

**Descriptive Statistics: Ys_fase2; TS_fase2;
E_fase2**

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Ys_fase2	341,91	478,29	297,00	368,00
TS_fase2	457,18	109,96	433,00	468,00
E_fase2	25,636	5,055	23,000	30,000

LAMPIRAN C. *Output Uji Korelasi***KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,558
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	3,208
	df	3
	Sig.	,361

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,635
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	30,439
	df	3
	Sig.	,000

Matriks Korelasi

1. Fase I

$$|R| = \begin{pmatrix} 1 & 0,146 & -0,148 \\ 0,146 & 1 & -0,221 \\ -0,148 & -0,221 & 1 \end{pmatrix}$$

2. Fase II

$$|R| = \begin{pmatrix} 1 & 0,960 & 0,817 \\ 0,960 & 1 & 0,741 \\ 0,817 & 0,741 & 1 \end{pmatrix}$$

LAMPIRAN D1. Program Macro Minitab Pengujian Distribusi multivariat normal

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

LAMPIRAN D2.Output Pengujian Distribusi Multivariat Normal Fase I

```

MTB > %E://multinormal.txt c1-c3

%E://multinormal.txt c1-c3
Executing from file: E://multinormal.txt
Answer = 1,6961
Answer = 2,2125
Answer = 2,3232
Answer = 2,7965
Answer = 2,0009
Answer = 3,9567
Answer = 6,4102
Answer = 0,9950
Answer = 1,7903
Answer = 4,2851
Answer = 2,4466
Answer = 2,0519
Answer = 3,3316
Answer = 5,6796
Answer = 1,2707
Answer = 1,7530
Scatterplot of q vs dd
Data Display
t      0,562500

```

Output Pengujian Distribusi Multivariat Normal Fase II

```

MTB > %E://multinormal.txt c5-c7
Executing from file: E://multinormal.txt
Answer = 1,2830
Answer = 4,2319
Answer = 3,4427
Answer = 2,7938
Answer = 1,7290
Answer = 1,4257
Answer = 1,2373
Answer = 5,2848
Answer = 7,5408
Answer = 0,1992
Answer = 0,8318

Scatterplot of q vs dd
Data Display
t      0,545455

```

Dengan $\chi^2_{(0,5;3)} = 2,37$

Lampiran E. Hasil Uji Homogenitas Varians**Box's Test of Equality
of Covariance
Matrices^a**

Box's M	17,086
F	2,428
df1	6
df2	2306,367
Sig.	,024

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + fase

Lampiran F. Hasil Uji MANOVA Plate Baja Fase I dan Fase II

Multivariate Tests^a

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	
Intercept	Pillai's Trace	1,000	22985,979 ^b	3,000	23,000	,000
	Wilks' Lambda	,000	22985,979 ^b	3,000	23,000	,000
	Hotelling's Trace	2998,171	22985,979 ^b	3,000	23,000	,000
	Roy's Largest Root	2998,171	22985,979 ^b	3,000	23,000	,000
fase	Pillai's Trace	,270	2,835 ^b	3,000	23,000	,061
	Wilks' Lambda	,730	2,835 ^b	3,000	23,000	,061
	Hotelling's Trace	,370	2,835 ^b	3,000	23,000	,061
	Roy's Largest Root	,370	2,835 ^b	3,000	23,000	,061

a. Design: Intercept + fase

b. Exact statistic

Lampiran G. Hasil perhitungan identifikasi variabel penyebab *out of control*

	v'v		S ₂		Inverse	
T ₁ ²	448,000	17,000	59,733	2,267	0,017	-0,005
	17,000	61,000	2,267	8,133	-0,005	0,124
	v'v		S ₂		Inverse	
T ₂ ²	4862,000	164,000	648,267	21,867	0,002	0,005
	-164,000	61,000	-21,867	8,133	0,005	0,135
	v'v		S ₂		Inverse	
T ₃ ²	4862,000	600,000	648,267	80,000	0,002	-0,002
	600,000	448,000	80,000	59,733	-0,002	0,020

Data	x ₁ -xbar	x ₂ -xbar	x ₃ -xbar
4	1,0625	12,6875	0,375
14	8,0625	-10,3125	2,375

$$T_1 = \begin{bmatrix} 12,6875 \\ 0,375 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,01692 & -0,00472 \\ -0,00472 & 0,1242 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 12,6875 & 0,375 \end{bmatrix}$$

$$T_1 = 2,6962$$

Lampiran H. Hasil *Macro* Minitab Indeks Kapabilitas
Proses Produksi *plate* baja Fase II

```

MTB >                                0,0004291  -
%D://kapabel.txt c1-                 0,0002583  -
c3                                    0,0011835
Executing from file:                 -0,0002583
D://kapabel.txt                     0,0001986  -
                                      0,0000702
Data Display                       -0,0011835  -
                                      0,0000702
Matrix s                             0,0175543

0                                     Answer = 0,0910
Data Display                       Answer = 0,0910

Matrix vo

207,647  64,6277
14,3658
  64,628  45,8268
4,6840
  14,366   4,6840
3,7078
Data Display
Matrix voin
0,0102191  -
0,0119014 -0,024559
-0,0119014
0,0389172 -0,003052
-0,0245590  -
0,0030515   0,368711
Data Display
Matrix ainv
0,0004291  -
0,0002583  -
0,0011835
-0,0002583
0,0001986  -
0,0000702
-0,0011835  -
0,0000702
0,0175543

Answer = 0,0910
Answer = 0,0910

Matrix vo

207,647  64,6277
14,3658
  64,628  45,8268
4,6840
  14,366   4,6840
3,7078
Data Display
i 1,00000
Matrix s
0,0909945
Answer = 0,2182
Answer = 0,3092
Data Display
i 2,00000
Matrix s
0,309197
Answer = 0,3316
Answer = 0,6408
Data Display
i 3,00000
Matrix s
0,640817
Answer = 0,0975
Answer = 0,7383
Data Display
i 4,00000
Matrix s
0,738340
Answer = 0,0783
Answer = 0,8166

```

Data Display

i 5,00000
 Matrix s
 0,816597
 Answer = 0,0712
 Answer = 0,8878

Data Display

i 6,00000
 Matrix s
 0,887798
 Answer = 0,0943
 Answer = 0,9821

Data Display

i 7,00000
 Matrix s
 0,982086
 Answer = 0,0016

Answer = 0,9837

Data Display

i 8,00000
 Matrix s
 0,983726
 Answer = 0,0437
 Answer = 1,0274

Data Display

i 9,00000
 Matrix s
 1,02741
 Answer = 0,0947
 Answer = 1,1221

Data Display

i 10,0000
 Matrix s
 1,12207
 Answer = 0,0576
 Answer = 1,1796

Data Display

i 11,0000
 Matrix s
 1,17963
 Answer = 0,0266

Answer = 1,2063

Data Display

i 12,0000
 Matrix s
 1,20628
 Answer = 0,1023
 Answer = 1,3086

Data Display

i 13,0000
 Matrix s
 1,30856
 Answer = 0,2790
 Answer = 1,5876

Data Display

i 14,0000
 Matrix s
 1,58758

Answer = 0,1664

Answer = 1,7539

Data Display

i 15,0000
 Matrix s
 1,75394
 Answer = 0,0013
 Answer = 1,7553

Data Display

i 16,0000
 Matrix s
 1,75527
 Answer = 0,0374
 Answer = 1,7927

Data Display

i 17,0000
 Matrix s
 1,79269
 Answer = 0,1099
 Answer = 1,9026

Data Display

i 18,0000
 Matrix s
 1,90257

Answer = 0,0097

Answer = 1,9122

Data Display

i 19,0000

Matrix s

1,91222

Answer = 0,0448

Answer = 1,9570

Data Display

i 20,0000

Matrix s

1,95697

Answer = 0,0244

Answer = 1,9814

Data Display

i 21,0000

Matrix s

1,98142

Answer = 0,0188

Answer = 2,0002

Data Display

i 22,0000

Matrix s

2,00018

Data Display

Matrix s

2,00018

Data Display

sbr

2,00018

Data Display

sbaru 2,00018

Data Display

c.1 36,8636

c.2 -14,2727

c.3 0,227273

Data Display

cm1

36,8636 -

14,2727 0,2273

Data Display

Matrix cm2

36,8636 -14,2727

0,227273

Data Display

Matrix cm3

36,8636

-14,2727

0,2273

Data Display

Matrix cm

40,540998 -0,994878

-0,777984

Answer = 33,9660

Data Display

k2 137,8182

Data Display

k 11,7396

Data Display

chi 14,1563

Data Display

cp 3,046

```

MTB >
%D:\\kapabel.txt c1-
c3
Executing from file:
D:\\kapabel.txt
Data Display
Matrix s
0
Data Display
Matrix vo
146,873 40,7 -
4,66364
40,700 41,4
0,30000
-4,664 0,3
2,01818
Data Display
Matrix voin
0,0105636 -
0,0105733 0,025982
-0,0105733
0,0347636 -0,029600
0,0259821 -
0,0296003 0,559935
Data Display
Matrix ainv
0,0010493 -
0,0009237
0,0026977
-0,0009237
0,0009416 -
0,0048459
0,0026977 -
0,0048459
0,0545905
Answer = 0,1036
Answer = 0,1036
Data Display
i 1,00000
Matrix s
0,103623
Answer = 0,0520
Answer = 0,1557
Data Display
i 2,00000
Matrix s
0,155654
Answer = 0,0506
Answer = 0,2062
Data Display
i 3,00000
Matrix s
0,206235
Answer = 0,1296
Answer = 0,3359
Data Display
i 4,00000
Matrix s
0,335877
Answer = 0,2168
Answer = 0,5527
Data Display
i 5,00000
Matrix s
0,552692
Answer = 0,5551
Answer = 1,1078
Data Display
i 6,00000
Matrix s
1,10781
Answer = 0,0876
Answer = 1,1954
Data Display
i 7,00000
Matrix s
1,19545
Answer = 0,1328
Answer = 1,3283
Data Display
i 8,00000
Matrix s
1,32826

```

```

Answer = 0,5482
Answer = 1,8765
Data Display
i      9,00000
Matrix s
1,87646
Answer = 0,1001
Answer = 1,9765
Data Display
i      10,0000
Matrix s
1,97652
Answer = 0,0236
Answer = 2,0002
Data Display
i      11,0000
Matrix s
2,00016
Data Display
Matrix s
2,00016
Data Display
sbr
2,00016
Data Display
sbaru  2,00016
Data Display
c.1    39,5455
c.2    -7,00000
c.3    -0,727273
Data Display
cm1
39,5455  -7,0000
-0,7273
Data Display
Matrix cm2
39,5455  -7  -
0,727273
Data Display
Matrix cm3
39,5455
-7,0000
-0,7273
Data Display
Matrix cm4
0,472858  -0,639941
0,827452
Answer = 22,5772
Data Display
k2      22,5772
Data Display
k       4,75155
Data Display
chi     14,1563
Data Display
cp      1,29991

```


BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa proses produksi *plate* baja pada periode dua minggu awal (Fase I) dan satu minggu akhir yaitu fase II pada bulan Januari 2016 sudah kapabel dengan nilai indeks Cp masing-masing adalah 1,2991 dan 3,046 yang lebih dari satu, Artinya proses produksi berjalan dengan baik dan sebaran data berada didalam batas spesifikasi.

5.2 Saran

Terkait hasil penelitian yang dilakukan secara statistik, yaitu mengetahui faktor-faktor penyebab data berada diluar batas kendali serta informasi mengenai kapabilitas proses, diharapkan pihak perusahaan lebih mempertimbangkan dalam melakukan pengendalian secara statistik dengan melihat faktor-faktor penyebab kondisi yang tidak terkendali antara lain adalah faktor mesin yang disebabkan oleh setting mesin yang kurang tepat, faktor manusia yang disebabkan kelelahan operator, faktor metode yang kurang tepat, dan faktor bahan baku yang disebabkan oleh kualitas bahan baku yang terlalu tinggi sebagai pembanding pengendalian kualitas yang telah dilakukan pihak perusahaan agar proses produksi tetap berjalan dengan baik

Daftar Pustaka

- Carey,G.(1998). *Multivariate Analysis of Variance(MANOVA):I.Theory*.<http://ibgwww.colorado.edu/~careyp7291dir/handouts/manova1.pdf>. Diakses Tanggal 6 Mei 2016 Pukul 10.33 WIB.
- Johnson R. A. dan Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, United States of America, Person International Edition
- Junta, D.K. (2013). Analisis Kapabilitas Proses Produksi Di PT.AJINOMOTO INDONESIA”.Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kotz,S., Johnson, R.A dan Norman, L. (2003). *Procces capability Indices*, 1st edition, Chapman & Hall
- Morrison,D.F. (1990). *Multivariate Statistical Methods Third Edition*.Mc Graw Hill Inc, USA
- Montgomery,D.C.(2009). *Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition*. John Wiley & Sons: United States of America.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Metode Statistika*. Edisi ke-3. Diterjemahkan oleh : Ir. Bambang Sumantri. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

BIODATA PENULIS



Penulis yang lebih dikenal dengan panggilan Try ini mempunyai nama lengkap Try Sutrisno. Dilahirkan di Surabaya, pada 26 Januari 1993 yang merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Seroja Surabaya, SDN Sumbergirang I Mojokerto, SLTP Negeri 1 Puri Mojokerto, SMA Negeri 1 Gondang Mojokerto. Setelah lulus dari SMA

Negeri 1 Gondang Mojokerto pada tahun 2011, penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru ITS dan diterima di jurusan Statistika ITS dan terdaftar dengan NRP 1314 105 066. Jika terdapat kritik dan saran dapat dikirim melalui email penulis di cr9.sutrisno@gmail.com.