



TUGAS AKHIR - SS 145561

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK
TRANSFORMATOR *HERMETICALLY SEALED*
50 kVA DI PT. BAMBANG DJAJA**

Disusun Oleh :

Yola Argatha Manik

NRP 10611500000103

Dosen Pembimbing

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

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



TUGAS AKHIR - SS 145561

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK
TRANSFORMATOR *HERMETICALLY SEALED*
50 kVA DI PT. BAMBANG DJAJA**

Disusun Oleh :
Yola Argatha Manik

NRP 10611500000103

Dosen Pembimbing :
Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

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



FINAL PROJECT - SS 145561

***STATISTICAL QUALITY CONTROL OF
TRANSFORMATOR HERMETICALLY SEALED 50
kVA IN PT. BAMBANG DJAJA***

Yola Argatha Manik

NRP 10611500000103

Supervisor :

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

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

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK
TRANSFORMATOR *HERMETICALLY SEALED* 50 KVA
PT. BAMBANG DJAJA SURABAYA

TUGAS AKHIR

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

Surabaya, 28 Mei 2018

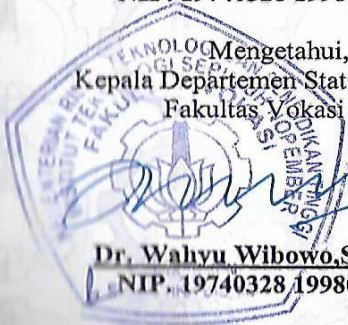
Oleh :
YOLA ARGATHA MANIK
NRP. 1061150000103

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir



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

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS



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

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA
TRANSFORMATOR *HERMETICALLY SEALED* 50 kVA
DI PT. BAMBANG DJAJA**

Nama : Yola Argatha Manik
NRP : 10611500000103
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

Abstrak

Transformator merupakan alat yang banyak digunakan bagi perusahaan di Indonesia sehingga mengakibatkan semakin lama semakin banyak kompetitor di bidang manufaktur khususnya transformator dimana kualitas produk harus dikendalikan secara statistik agar memberikan kualitas yang sesuai dengan standart spesifikasi yang sudah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari trafo Hermetically Sealed 50 kVA di PT Bambang Djaja dikarenakan trafo tersebut paling banyak di pesan oleh konsumen dan sering terjadi perbaikan ulang. Analisis yang digunakan ialah peta kendali multivariat yaitu peta kendali M dan T^2 Hotteling Individu, indeks kapabilitas proses serta diagram Ishikawa. Adapun karakteristik kualitas yang saling berhubungan yaitu rugi-rugi inti besi (WF), rugi-rugi tembaga (Wcu), impedansi (I_L) dan arus mengalir tanpa beban (I_0). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses produksi trafo bulan Desember 2017 sudah terkendali secara statistik dari segi variabilitas proses maupun mean prosesnya serta memiliki kemampuan proses produksi yang sangat baik.

Kata Kunci : Diagram Ishikawa, Indeks Kapabilitas Proses, Peta Kendali M, Peta Kendali T^2 Hotteling Individu, Transformator Hermetically Sealed.

**STATISTICAL QUALITY CONTROL OF
TRANSFORMER HERMETICALLY SEALED 50 kVA
AT BAMBANG DJAJA COMPANY**

Name : Yola Argatha Manik
NRP : 10611500000103
Department : Business Statistics
Faculty of Vocations ITS
Supervisor : Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

Abstract

Transformer is a tool that is widely used for companies in Indonesia, resulting in the longer the more competitors in manufacturing in particular transformer where the quality of the products must be statistically controlled in order to deliver quality that corresponds to a predefined specification standarts. This research aims to know the qualities of transformer Hermetically Sealed 50 kVA Bambang Djaja Company due to the transformer the most widely ordered by a consumers and frequent repairs. The analysis used is multivariate control i.e M control chart and T^2 Hotteling Individuals control chart, as well as process capability index and Ishikawa's diagram. As for the quality characteristics of interconnected i.e loss-loss iron core (WF), the loss of copper (Wcu), impedance (Iz) and the current flows without load (I_0). The results of this research show that the production process of transformer in December 2017 are already controlled in statistics in terms of the variability of the process and the process mean and has the capability of excellent production process.

Keywords : *Capability Index Process, Ishikawa's Diagram, M Control Chart, T^2 Hotteling Individuals Control Chart, Transformer Hermetically Sealed.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengendalian Kualitas Statistika Transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA di PT. Bambang Djaja**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing, dosen wali serta selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah membimbing, mengarahkan dengan sabar, mendukung serta menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir bagi penulis.
2. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Departemen Statistika Bisnis ITS, dosen penguji dan validator serta Bapak Drs. Brodjol Sutijo S.U, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran, nasihat, motivasi untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh Dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan pengalaman, ilmu kepada penulis serta memberikan kelancaran dalam kuliah baik dari sarana prasarana.
4. Ibu Inge Simon selaku Kuasa Direksi yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di PT. Bambang Djaja Surabaya.
5. Bapak Benyamin Pintakhari dan Kak Elva N.P selaku Pembimbing Lapangan yang telah membimbing kami selama Tugas Akhir di PT. Bambang Djaja Surabaya.
6. Papa tercinta Bisner Manik, Mama tersayang Dornaida Riauli Simarmata, Abang tersayang Ardhe Leonardo Manik dan Adik Rolas Yoga Manik atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga menjadi mudah dan dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Sahabat-sahabat tercinta Alya Zukhruvina, Umniyyah Taufiqoh dan Sugianto Diharjo serta seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS khususnya angkatan 2015 “HEROES” dan semua pihak yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
8. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

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

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Multivariat	5
2.1.1 Dependensi Variabel	5
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat	6
2.2 Pengendalian Kualitas Statistika	7
2.2.1 Peta Kendali M	8
2.2.2 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Individu	9
2.3 Indeks Kapabilitas Proses	10
2.4 Diagram <i>Ishikawa</i>	11
2.5 Transformator <i>Hermetically Sealed</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	15
3.2 Variabel Penelitian	15
3.3 Struktur Data Penelitian	16
3.4 Metode Analisis	16

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengendalian Kualitas Transformator <i>Hermetically Sealed</i> 50 kVA.....	19
4.1.1 Karakteristik Kualitas Transformator.....	19
4.1.2 Dependensi Antar Variabel Kualitas.....	20
4.1.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	21
4.1.4 Peta Kendali M.....	22
4.1.5 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Individu.....	23
4.2 Indeks Kapabilitas Proses	25
4.3 Diagram Ishikawa	26

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29

DAFTAR PUSTAKA	31
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	33
-----------------------	-----------

BIODATA PENULIS	55
------------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data T^2 <i>Hotteling</i> Individu	9
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	15
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian Bulan Desember 2017	16
Tabel 4.1 Karakteristik Data Transformator	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Contoh Diagram <i>Ishikawa</i> .....12
Gambar 2.2	Transformator <i>Hermetically Sealed</i>.....12
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....18
Gambar 4.1	<i>Chi-Square Plot</i> Produksi Desember 2017 .....21
Gambar 4.2	Peta Kendali M Trafo Bulan Desember 2017....23
Gambar 4.3	Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Individu Desember 2017 .....24
Gambar 4.4	Perbaikan Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Individu Desember 2017 .....25
Gambar 4.5	Diagram <i>Ishikawa</i> .....26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Hasil Proses Produksi Trafo <i>Hermetically Sealed</i> 50 kVA bulan Desember 2017	33
Lampiran 2.	<i>Output</i> Karakteristik Produksi Trafo	38
Lampiran 3.	<i>Output</i> Dependensi Variabel Karakteristik	39
Lampiran 4.	Program <i>Syntax</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat	39
Lampiran 5.	<i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat	41
Lampiran 6.	Nilai d_i^2 Setiap Observasi.....	41
Lampiran 7.	Program <i>Syntax</i> Peta Kendali M	42
Lampiran 8.	<i>Output</i> Statistik Uji M	44
Lampiran 9.	<i>Output</i> Statistik Uji T^2 <i>Hotteling</i> Individu Bulan Desember 2017	45
Lampiran 10.	<i>Output</i> Perbaikan Statistik Uji T^2 <i>Hotteling</i> Individu Bulan Desember 2017	47
Lampiran 11.	Program <i>Syntax</i> Kapabilitas Proses Multivariat.....	49
Lampiran 12.	<i>Output</i> Kapabilitas Proses Multivariat	51
Lampiran 13.	Surat Penerimaan Pengambilan Data	53
Lampiran 14.	Surat Keaslian Data.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin tahun semakin meningkat sehingga pembangkit listrik di setiap pulau akan semakin bertambah. Menurut Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2016-2025, kebutuhan listrik diperkirakan akan meningkat dari 216,8 Terawatt Hours (TWh) pada tahun 2016 menjadi 457,0 TWh pada tahun 2025, atau tumbuh rata-rata 8,6% per tahun sedangkan beban puncak *non coincident* pada tahun 2025 akan menjadi 74.383 MW. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan transformator semakin bertambah agar memenuhi kebutuhan pembangunan gardu induk. Transformator atau biasa disebut dengan trafo merupakan alat listrik yang dapat memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik atau lebih melalui induksi elektromagnetik. Adanya peningkatan kebutuhan transformator mengakibatkan semakin banyak perusahaan di bidang transformator. Salah satu perusahaan transformator yang ada di Jawa Timur ialah PT. Bambang Djaja yang berlokasi di Surabaya.

PT Bambang Djaja (B&D) adalah perusahaan transformator terkemuka di Indonesia. Perusahaan tersebut berdiri pada tahun 1984 dan berfokus pada desain serta produksi beragam jenis transformator untuk industri dan *utility*. Produk-produk yang dihasilkan antara lain distribution transformator, transformator *mobile*, transformator berpendingin minyak dan tipe kering (cast resin), juga transformator khusus untuk aplikasi tertentu mulai dari 15 kVA sampai dengan 40 MVA, dengan rating tegangan hingga 150 kV, namun B&D juga melayani berbagai pembuatan transformator khusus yang sesuai kebutuhan (PT. Bambang Djaja, 2011). Sehingga produk yang dihasilkan harus dikendalikan secara statistik agar memberikan kualitas produk yang sesuai dengan standart spesifikasi yang sudah ditetapkan. Hal tersebut dilakukan dengan pendekatan pengendalian kualitas dikarenakan selama ini

perusahaan hanya menggunakan rata-rata dalam mengendalikan kualitas transformator sehingga dengan melakukan analisis pendekatan pengendalian kualitas, perusahaan dapat mengetahui apakah proses hasil produksi sudah terkendali secara statistik atau tidak. Penelitian ini mengambil data hasil produksi transformator Hermetically Sealed 50 kVA dikarenakan produk tersebut paling banyak dipesan oleh PT. PLN (Persero) dimana PT. PLN (Persero) merupakan konsumen yang paling banyak memesan di PT. Bambang Djaja, Surabaya.

Pengendalian kualitas statistik merupakan suatu metode pengumpulan dan analisis data kualitas, serta penentuan dan interpretasi pengukuran-pengukuran yang menjelaskan tentang proses dalam suatu sistem industri. Salah satu alat yang digunakan dalam metode pengendalian kualitas adalah peta kendali yang merupakan suatu diagram yang menggambarkan titik pengamatan dalam suatu periode tertentu, pola penyebaran dibatasi oleh batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) (Montgomery, 2013).

Pengendalian kualitas yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kendali multivariat yaitu peta kendali M dan peta kendali T^2 *Hottelling* Individu dengan karakteristik kualitas yang saling berhubungan antara lain rugi-rugi inti besi (WF), rugi-rugi tembaga (Wcu), impedansi (I_z) dan arus mengalir tanpa beban (I_0) dimana peta kendali tersebut digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses produksi serta *mean* proses produksi secara multivariat. Setelah peta kendali tersebut terkendali secara statistik maka dapat menentukan indeks kapabilitas proses untuk menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan serta menggunakan diagram *Ishikawa* agar mengetahui penyebab kecacatan dalam produksi tersebut. Namun sebelum menganalisis peta kendali multivariat terlebih dahulu melakukan pengujian asumsi-asumsi yang harus terpenuhi antara lain uji independensi dan distribusi normal multivariat.

Penelitian pengendalian kualitas pada transformator pernah dilakukan oleh Bianti & Retnaningsih (2016) dalam menganalisis kapabilitas proses produk transformator *Hermetically Sealed* 100 kVA di suatu perusahaan. Adapun pengukuran karakteristik yang digunakan antara lain rugi-rugi inti besi (WF), arus mengalir tanpa beban (I_0), rugi-rugi tembaga (WCu) dan Impedansi (I_z). Hasil dari penelitian tersebut adalah produk transformator *Hermetically Sealed* 100 kVA pada bulan Desember 2015 belum terkendali pada *mean* prosesnya namun proses produksi transformator sudah kapabel. Sedangkan penelitian lainnya pernah dilakukan oleh Gultom (2013) dalam pengendalian mutu menggunakan *lean six sigma* di suatu perusahaan. Hasil yang di dapat dari penelitian tersebut adalah adanya peningkatan nilai sigma dari 3,85 sigma menjadi 4,32 sigma setelah estimasi peningkatan kualitas mencapai 70,6%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA sudah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali multivariat ?
2. Bagaimana hasil indeks kapabilitas proses produksi pada transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA ?
3. Apa saja faktor-faktor yang menyebabkan *out of control* hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA dengan menggunakan diagram *Ishikawa* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA telah terkendali secara statistik atau tidak dengan menggunakan peta kendali multivariat.
2. Mengetahui hasil indeks kapabilitas proses produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA.

3. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan *out of control* hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA dengan menggunakan diagram *Ishikawa*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi mengenai kualitas hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA serta mengetahui penyebab - penyebab terjadinya *out of control* agar dapat menentukan strategi untuk memperbaiki proses produksi selanjutnya dan dapat bersaing dengan perusahaan kompetitor lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari terlalu meluasnya masalah maka batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA pada bulan Desember 2017 di PT Bambang Djaja Surabaya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Multivariat

Analisis Multivariat merupakan suatu analisis dimana variabel yang digunakan lebih dari satu dan saling berkorelasi. Analisis multivariat terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi-asumsi yang harus terpenuhi yaitu antar variabel berkorelasi dan distribusi normal multivariat.

2.1.1 Dependensi Variabel

Dependensi Variabel digunakan agar mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel satu sama lain atau tidak. Pengujian ini hanya mungkin menguji untuk non-normalitas jika sampel berasal dari non-normal distribusi. Untuk melihat independensi variabel maka digunakan uji *bartlett*. Perumusan dari uji *bartlett* atau uji independen dapat dilihat pada Persamaan (2.1) dan (2.2) sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Antar variabel respon tidak berkorelasi atau bersifat *independent*)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Antar variabel respon berkorelasi atau bersifat *dependent*)

Statistik Uji :

$$\chi^2 = - \left[n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right] \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Dimana :

$$r_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^n (X_{il} - \bar{X}_i)(X_{jl} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{l=1}^n (X_{il} - \bar{X}_i)^2 \sum_{l=1}^n (X_{jl} - \bar{X}_j)^2}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

R : Matriks korelasi dari masing-masing variabel

|R| : Determinan matrik korelasi

p : Banyaknya Variabel kualitas

r_{ij} : Korelasi pengamatan ke-i, karakteristik kualitas ke-j

Jika ditentukan taraf signifikan sebesar α maka dapat diambil keputusan H_0 ditolak pada $\chi^2 > \chi_{\alpha; \frac{1}{2}p(p-1)}^2$ yang artinya antar variabel respon berkorelasi (Rencher, 2002).

2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat adalah pengembangan dari bentuk distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu. Pengujian normalitas pada data multivariat ini dilakukan untuk melihat apakah data memenuhi asumsi distribusi normal multivariat atau tidak. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang variabel-variabelnya saling dependen. Apabila terdapat sejumlah variabel p yang dinyatakan dalam bentuk vektor $\mathbf{X}' = \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p\}$ yang mengikuti distribusi Multivariat normal dengan parameter μ dan σ^2 (Johnson & Whicern, 2007).

Pengujian distribusi normal multivariat dilanjutkan dengan pembuatan *chi-square plot* dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai \mathbf{d}_i^2 menggunakan Persamaan (2.4) dimana \mathbf{S}^{-1} merupakan invers dari matriks varian kovarian yang diperoleh pada persamaan (2.5).

$$\mathbf{d}_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.4)$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{.1}^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{12} & s_{.2}^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{1p} & s_{2p} & \cdots & s_{.p}^2 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

2. Mengurutkan nilai (\mathbf{d}_i^2) dari yang terkecil hingga yang terbesar
3. Menentukan nilai q menggunakan Persamaan (2.6)

$$q = \chi_{(p:(n-i+0.5)/n)}^2 \quad (2.6)$$

4. Membuat *scatter plot* antara \mathbf{d}_i^2 dengan q

Dimana :

x_{ij} : Vektor objek pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j

$\bar{x}_{.j}$: Vektor rata-rata karakteristik kualitas ke- j

i : 1,2,...,n adalah jumlah sampel tiap subgrup

j : 1,2,...,p adalah jumlah karakteristik kualitas

Nilai q akan membentuk sebuah garis normal yang diikuti sebaran nilai \mathbf{d}_i^2 . Jika terdapat nilai $\mathbf{d}_i^2 \leq \chi_{(p;\alpha)}^2$ yang minimal 50% maka asumsi distribusi normal multivariat terpenuhi (Johnson dan Whincern, 2007).

2.2 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode pengumpulan dan analisis data kualitas, serta penentuan dan interpretasi pengukuran-pengukuran yang menjelaskan tentang proses dalam suatu sistem industri. Salah satu alat yang digunakan dalam metode pengendalian kualitas adalah peta kendali yang merupakan suatu diagram yang menggambarkan titik pengamatan dalam suatu periode tertentu, pola penyebaran dibatasi oleh batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB). Berdasarkan karakteristik kualitas, peta kendali terbagi menjadi dua, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut

merupakan peta kendali yang digunakan untuk produk yang kualitasnya tidak dapat diukur, sedangkan peta kendali variabel merupakan peta kendali yang digunakan untuk produk yang kualitasnya dapat diukur. Peta kendali variabel terbagi menjadi dua, yaitu peta kendali variabel univariat dan multivariat. Pada peta kendali variabel univariat, digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses dengan satu variabel sedangkan peta kendali variabel multivariat, digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses dimana lebih dari satu variabel (Montgomery, 2013).

2.2.1 Peta Kendali M

Peta kendali M adalah peta kendali yang digunakan untuk mengontrol variabilitas proses multivariat pada data dengan sampel individu. Nilai statistik untuk Peta Kendali M didasarkan pada rumus $\bar{x}_{i+1} - \bar{x}_i$ yang diperoleh dari matriks \mathbf{V} dengan ditunjukkan pada Persamaan (2.7) (Montgomery, 2013).

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} (\mathbf{X}_{2j} - \mathbf{X}_{1j})' \\ (\mathbf{X}_{3j} - \mathbf{X}_{2j})' \\ \vdots \\ (\mathbf{X}_{nj} - \mathbf{X}_{(n-1)j})' \end{bmatrix}, i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad (2.7)$$

Plot data pada peta kendali M, batas kendali atas, dan batas kendali bawah dapat diperoleh dari persamaan (2.10), (2.11) dan (2.12) (Khoo dan Quah, 2003).

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} \mathbf{V}'\mathbf{S}^{-1}\mathbf{V} \quad (2.8)$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.9)$$

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.10)$$

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

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

Keterangan :

BKA : Batas kendali atas

BKB : Batas kendali bawah

S^{-1} : Matriks varian kovarian pada Persamaan (2.5)

i : 1,2,3, ..., n

j : 1,2,3, ..., p

2.2.2 Peta Kendali T^2 *Hotteling* Individu

Peta Kendali T^2 *Hotteling* merupakan metode yang digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses dengan dua atau lebih karakteristik kualitas yang diduga saling berhubungan. Peta kendali T^2 *Hotteling* individu digunakan untuk mengendalikan suatu *mean* proses apabila ukuran subgroup (m) yang digunakan adalah satu (m=1) (Montgomery, 2013). Nilai statistik T^2 *Hotteling* Individu dapat dilihat pada Persamaan (2.13)

$$T_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)' \mathbf{S}_h^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.13)$$

Matriks varians kovarians ditunjukkan pada Persamaan (2.14).

$$\mathbf{S}_h = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(n-1)} \quad (2.14)$$

Batas kendali untuk peta kendali T^2 *Hotteling* individu ditunjukkan pada Persamaan (2.15).

$$BKA = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{0,0027,p/2,(n-p-1)/2} \quad (2.15)$$

$$BKB = 0$$

Adapun struktur data peta kendali T^2 *Hotteling* individu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data T^2 *Hotteling* Individu

Sampel ke- (i)	Karakteristik Kualitas (j)					
	X ₁	X ₂	....	X _j	....	X _p
1	X ₁₁	X ₁₂	....	X _{1j}	....	X _{1p}
2	X ₂₁	X ₂₂	....	X _{2j}	....	X _{2p}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabel 2.1 Struktur Data T^2 *Hotteling Individu* (Lanjutan)

i	X_{i1}	X_{i2}	....	X_{ij}	....	X_{ip}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	X_{n1}	X_{n2}	....	X_{nj}	....	X_{np}
Rata-rata	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	....	$\bar{X}_{.j}$	....	$\bar{X}_{.p}$
Varian	$S_{.1}^2$	$S_{.2}^2$	....	$S_{.j}^2$	....	$S_{.p}^2$

Keterangan :

- x_{ij} : nilai pengamatan pada observasi ke-i, karakteristik kualitas ke-j
 i : banyaknya sampel sejumlah n
 j : banyaknya karakteristik kualitas sejumlah p

2.3 Indeks Kapabilitas Proses

Indeks kapabilitas proses adalah suatu teknik statistika yang tujuannya untuk menganalisis variabel yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengurangi variabilitas. Suatu proses dikatakan bekerja dalam kondisi kapabel apabila proses produksi dalam keadaan terkendali, memenuhi batas spesifikasi dan mempunyai akurasi dan presisi yang tinggi (Kotz & Johnson, 1993). Suatu proses dikatakan kapabel jika :

- Proses dikatakan terkendali jika berada dalam batas kendali dan diluar batas kendali namun *random causes*.
- Memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan oleh pihak manajemen berdasarkan spesifikasi alat, pertimbangan-pertimbangan tertentu perusahaan atau juga berdasarkan permintaan konsumen.
- Mempunyai tingkat presisi (ukuran kedekatan nilai pengamatan yang satu dengan nilai pengamatan yang lain) dan akurasi (ukuran kedekatan nilai pengamatan dengan nilai target) yang tinggi.

Apabila peta kendali telah terkendali dan asumsi telah terpenuhi, analisis kapabilitas proses dapat dilakukan dengan menentukan indeks kapabilitas proses.

Adapun ketentuan interpretasi dari C_p adalah:

1. Jika $C_p = 1$, proses dalam keadaan baik.
2. Jika $C_p > 1$, proses dalam keadaan sangat baik.
3. Jika $C_p < 1$ proses dalam keadaan buruk

Dengan menggunakan $\alpha = 0,0027$ maka nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat dapat diperoleh dari Persamaan seperti pada Persamaan (2.16). Nilai alfa tersebut merupakan nilai dari standart deviasi yang dibutuhkan untuk menjelaskan 99,73% dari pengukuran, dimana sisanya 0,27% merupakan hasil pengukuran yang berada diluar batas kendali dan terjadi secara random (Montgomery, 2013)

$$C_p = \frac{K}{\chi_{\alpha,p}^2} \left[\frac{(m-1)p}{S} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

$$S = \sum_{i=1}^m (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.17)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{x}'_{ij} \mathbf{x}_{ij})^{-1} \quad (2.18)$$

$$\mathbf{K}^2 = (\bar{x}_{ij} - \xi_j)' S^{-1} (\bar{x}_{ij} - \xi_j) \quad (2.19)$$

$$\xi = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.20)$$

Keterangan :

m = jumlah pengamatan yang telah terkendali

p = jumlah karakteristik kualitas

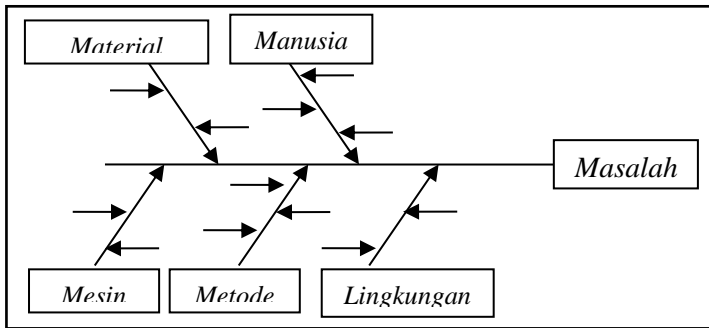
BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

2.4 Diagram Ishikawa

Diagram sebab akibat merupakan salah satu dari tujuh alat dalam pengendalian kualitas statistika yang mempunyai nama lain

diagram Ishikawa atau tulang ikan (*fishbone*). Diagram sebab akibat adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara masalah (akibat) dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya untuk mengetahui penyebab terbesar dari masalah tersebut. Manfaat diagram sebab akibat adalah mengantisipasi dan mengidentifikasi masalah. Penyebab terjadinya masalah pada umumnya yaitu 4M+L yaitu mesin, metode, manusia, material, dan lingkungan (Heizer & Render, 2011)



Gambar 2.1 Contoh Diagram Ishikawa

2.5 Transformator Hermetically Sealed

Transformator *Hermetically Sealed* adalah transformator penaik atau penurun dengan sirip atau radiator selaku pendingin dan dibungkus dalam tanki berisi minyak/oli. Transformator *Hermetically Sealed* umumnya digunakan di industri dan bangunan komersial (PT. Bambang Djaja, 2011). Adapun contoh produk transformator *Hermetically Sealed* di PT. Bambang Djaja ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Transformator *Hermetically Sealed*

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

1. Bagian utama transformator
Bagian utama transformator terdiri dari beberapa bagian antara lain inti besi, kumparan transformator, kumparan tertier, minyak transformator, bushing, tangki dan konservator.
2. Peralatan Bantu
Peralatan bantu transformator terdiri dari beberapa bagian antara lain pendingin, perubahan tap, alat pernapasan, indikator.
3. Peralatan Proteksi
Peralatan proteksi transformator terdiri dari beberapa bagian yaitu relay bucholz, relai tekanan lebih, relai diferensial, relai arus lebih, relai tangki tanah, relai hubung tanah, dan relai thermis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari departemen *Quality Control* di PT. Bambang Djaja yang beralamat di Jl. Rungkut Industri III/56, Rungkut Menanggal, Surabaya. Produk yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA pada bulan Desember 2017. Berdasarkan struktur data pada Lampiran 1 di dapatkan jumlah transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA yang dihasilkan pada bulan Desember 2017 adalah sebanyak 144 unit transformator dengan setiap unit yang dihasilkan dilakukan pemeriksaan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Batas Spesifikasi
X ₁	Rugi – rugi inti besi (WF)	112 watt – 131 watt
X ₂	Rugi – rugi tembaga (Wcu)	780 watt – 820 watt
X ₃	Impedansi (I _z)	4,05 % - 4,25 %
X ₄	Arus Mengalir tanpa beban (I ₀)	0 ampere – 0,6 ampere

Berikut penjelasan dari masing – masing variabel penelitian.

1. X₁ adalah rugi-rugi inti besi (WF) merupakan kerugian pada transformator yang dapat mengurangi energi dan daya yang disebabkan oleh rugi-rugi histerisis dan rugi-rugi *eddy current* dari inti besi.
2. X₂ adalah rugi-rugi tembaga (Wcu) merupakan rugi-rugi pada tembaga untuk mengetahui berapa nilai tahanan listrik pada kumparan yang menimbulkan panas bila kumparan dialiri arus.
3. X₃ adalah impedansi (I_z) digunakan untuk menggambarkan besarnya tegangan nominal terminal (tegangan turun) untuk

melayani arus *full load* (beban penuh) selama kondisi *short circuit*.

4. X_4 adalah arus mengalir tanpa beban (I_0) merupakan pengukuran besarnya arus yang mengalir pada kumparan primer transformator yang ditimbulkan oleh rugi-rugi di inti besi.

Hubungan dari ke empat karakteristik kualitas dalam pembuatan *transformator Hermetically Sealed* adalah transformator bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan perubahan medan magnet. Hal tersebut mengakibatkan, rugi tembaga berbanding lurus dengan besarnya beban sehingga jika arus beban meningkat maka rugi-rugi tembaga akan meningkat. Alat yang digunakan untuk mengukur adalah *Applied Voltage Transformer*.

3.3 Struktur Data Penelitian

Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian Bulan Desember 2017

Trafo (ke-)	Karakteristik Kualitas ke-(j)			
	WF(X_1)	Wcu (X_2)	I_z (X_3)	I_0 (X_4)
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}
4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}
5	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{54}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
144	X_{1441}	X_{1442}	X_{1443}	X_{1444}

3.4 Metode Analisis

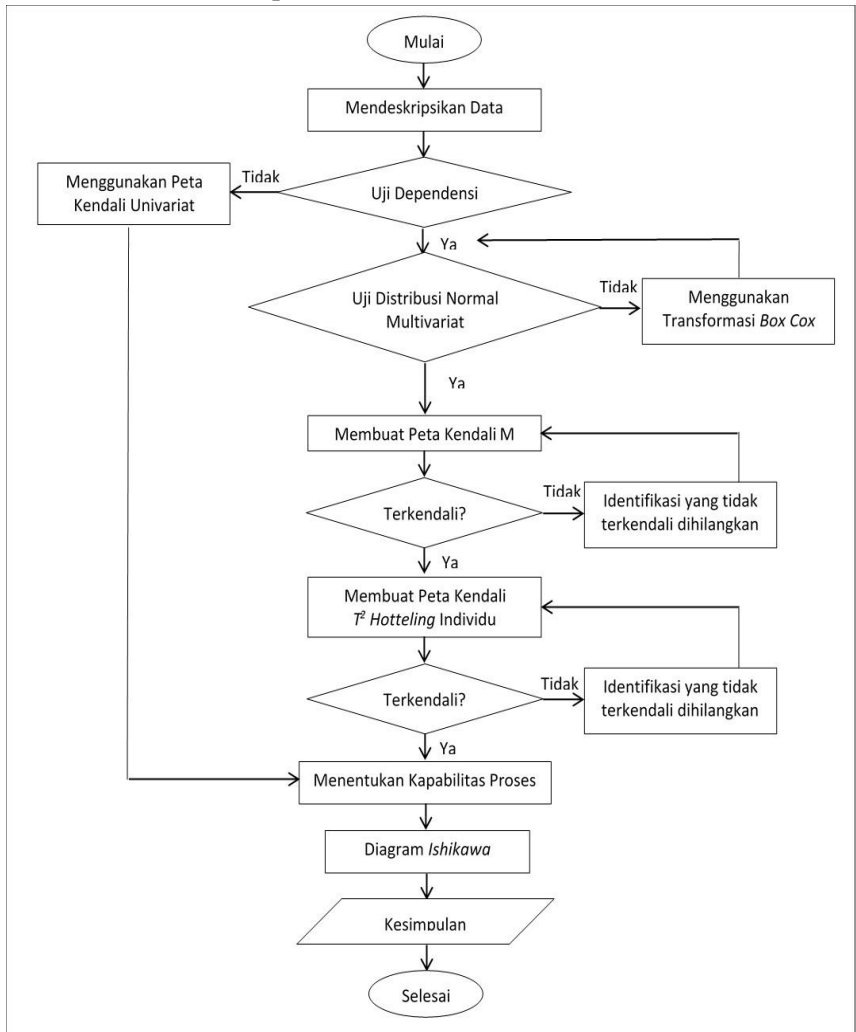
Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kapabilitas proses, peta kendali multivariat dan diagram *Ishikawa*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data hasil pemeriksaan transformator

Hermetically Sealed 50 kVA di PT. Bambang Djaja pada periode bulan Desember 2017.

2. Melakukan pengujian asumsi dependensi variabel-variabel trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA berhubungan atau tidak, dan jika pengujian asumsi dependensi variabel tidak memenuhi asumsi maka digunakan peta kendali univariat yaitu peta kendali *Individual Moving Range* (I-MR).
3. Melakukan pemeriksaan asumsi normal multivariat untuk mengetahui apakah variabel-variabel trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA di PT. Bambang Djaja telah berdistribusi normal multivariat atau tidak, dan jika pemeriksaan asumsi normal multivariat tidak memenuhi asumsi maka dilakukan transformasi.
4. Membuat peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses produksi pada bulan Desember 2017, jika proses tidak terkendali maka diidentifikasi penyebab plot-plot keluar dari batas kendali dan dilakukan perbaikan pada peta kendali M.
5. Membuat peta kendali T^2 *Hotteling Individu* jika peta kendali M telah terkendali secara statistik, dan ketika proses tidak terkendali maka diidentifikasi penyebab plot-plot keluar dari batas kendali dan dilakukan perbaikan pada peta kendali T^2 *Hotteling Individu*.
6. Menganalisis kapabilitas proses multivariat yang digunakan untuk mengetahui proses produksi trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA telah kapabel atau belum.
7. Membuat Diagram *Ishikawa* untuk mengetahui faktor-faktor penyebab masalah terbesar pada proses produksi trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA.
8. Menginterpretasi hasil analisis data & menarik kesimpulan.

Diagram alir yang terbuat berdasarkan langkah analisis yang telah diuraikan adalah pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis pada Bab 4 ini dilakukan pengendalian kualitas pada Bulan Desember 2017 dengan data hasil produksi *Transformator Hermetically Sealed* 50 kVA pada bulan tersebut yang terdapat pada Lampiran 1. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali M dan peta kendali T^2 *Hotteling Individu* karena setiap subgroup hanya terdapat 1 pengamatan, dimana asumsi dependensi variabel dan berdistribusi normal multivariat harus terpenuhi terlebih dahulu. Pengamatan yang telah terkendali akan dilanjutkan dengan mengukur kemampuan proses produksi menggunakan kapabilitas proses multivariat yang kemudian akan dianalisis menggunakan diagram *Ishikawa* agar mengetahui akar-akar permasalahan dalam ketidaksesuaian.

4.1 Pengendalian Kualitas *Transformator Hermetically Sealed* 50 kVA

Variabel yang digunakan dalam penelitian sebanyak empat karakteristik kualitas. Sebelum dilakukan analisis pengendalian kualitas statistik maka perlu dilakukan pengujian dan pemeriksaan asumsi secara multivariat untuk mengetahui apakah tiap karakteristik kualitas saling dependen atau tidak dan pengujian distribusi normal multivariat.

4.1.1 Karakteristik Kualitas Transformator

Analisis data produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA secara deskriptif terdapat pada Lampiran 2 serta disajikan pada Tabel 4.1 dimana karakteristik kualitas yang digunakan adalah Iz, IO, Wcu dan WF.

Tabel 4.1 Karakteristik Data Transformator

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maksimum
Rugi - rugi inti besi (WF)	120,50 watt	32,18	112,83 watt	140,20 watt
Rugi - rugi tembaga (Wcu)	807,18 watt	277,16	777,50 watt	865,03 watt

Tabel 4.1 Karakteristik Data Transformator (Lanjutan)

Impedansi (I_z)	4,2075 %	0,00667	4,0359 %	4,3931 %
Arus mengalir tanpa beban (I_0)	0,33611	0,00038	0,28253	0,37648
	<i>ampere</i>		<i>ampere</i>	<i>ampere</i>

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa dari rugi-rugi inti besi dengan rugi – rugi tembaga yang memiliki nilai rata-rata paling tinggi ialah rugi-rugi tembaga yaitu 807,18 *watt* dengan nilai minimum 777,50 *watt* dan nilai maksimum 865,03 *watt* serta varians data sebesar 277,16. Selain tersebut, adapun nilai rata-rata impedansi yaitu sebesar 4,2075 % dengan nilai minimum 4,0359 % dan nilai maksimum 4,3931% serta keragaman data sebesar 0,00667. Nilai rata-rata pada variabel kualitas arus mengalir tanpa beban yaitu sebesar 0,33611 *ampere* dengan nilai minimum 0,28253 *ampere* dan nilai maksimum 0,37648 *ampere* serta nilai varians sebesar 0,00038.

4.1.2 Dependensi Antar Variabel Kualitas

Dependensi antar variabel digunakan untuk mengetahui apakah antara variabel kualitas yang digunakan antara lain I_z , I_0 , W_{cu} dan WF saling berhubungan atau tidak. Output perhitungan dependensi menggunakan *software* terdapat pada Lampiran 3. Berikut hasil analisis dependensi antar variabel kualitas.

Hipotesis :

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling independen)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Karakteristik kualitas saling dependen)

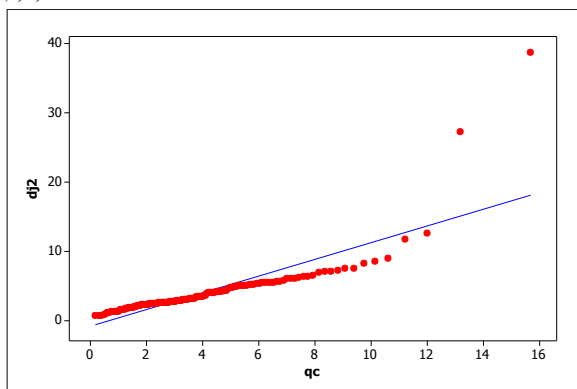
Pengujian dependensi variabel ini menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan menggunakan statistik uji χ^2 pada Persamaan (2.1) dan didapatkan nilai matriks korelasi antar variabel yaitu.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0,560 & -0,214 & -0,031 \\ 0,560 & 1 & 0,045 & -0,293 \\ -0,214 & 0,045 & 1 & -0,228 \\ -0,031 & -0,293 & -0,228 & 1 \end{pmatrix}$$

Sehingga nilai χ^2 yang diperoleh sebesar 87,229 lebih besar dari $\chi^2_{0,05;6}$ yaitu sebesar 12,591 serta didapatkan P-value sebesar 0,000 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan H_0 ditolak yang artinya karakteristik kualitas antara rugi-rugi inti besi (WF), rugi-rugi tembaga (Wcu), impedansi (Iz) dan mengalir tanpa beban (I_0) saling berhubungan atau dependen.

4.1.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat akan dilakukan pada keempat karakteristik kualitas, yaitu rugi-rugi inti besi (WF), rugi-rugi tembaga (Wcu), impedansi (Iz) dan arus mengalir tanpa beban (I_0) agar dapat mengetahui apakah proses produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA berdistribusi normal multivariat atau tidak. Dengan menggunakan syntax pada Lampiran 4, didapat pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *Chi-square Plot* antara d_i^2 dengan $q_i = \chi^2_{(p:(n-j+0,5)/n)}$ yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Chi-square Plot* Produksi Desember 2017

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *plotting* garis merah data mengikuti garis linier secara visual, sehingga dapat disimpulkan data proses produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 berdistribusi normal

multivariat. Selain dapat dilihat secara visual untuk pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilihat dari nilai proporsi dengan nilai matriks varian kovarian sebagai berikut.

$$S = \begin{pmatrix} 32,1768 & 57,084 & -0,0991 & -0,0034 \\ 57,0837 & 322,829 & 0,0670 & -0,1027 \\ -0,0992 & 0,067 & 0,0066 & -0,0003 \\ -0,0035 & -0,103 & -0,0003 & 0,0003 \end{pmatrix}$$

Nilai df^2 terdapat pada Lampiran 5 & 6 dimana nilai $df^2 \leq X^2_{(0,5;4)} (3,356)$ sebanyak 83 data. Sehingga nilai proporsi sebesar 0,57 setara dengan 57% dimana nilai tersebut lebih dari 50% sehingga dapat dinyatakan data proses produksi transformator *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 berdistribusi normal multivariat.

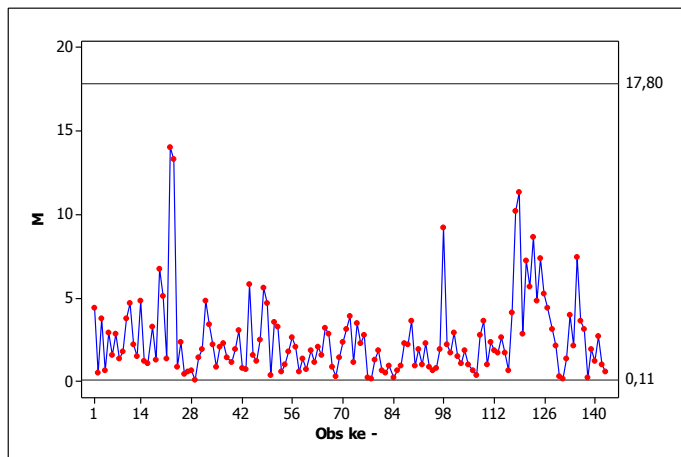
Kedua asumsi peta kendali multivariat yaitu dependensi karakteristik kualitas dan distribusi normal multivariat telah terpenuhi, sehingga dapat dilanjutkan ke analisis peta kendali multivariat yaitu membuat Peta Kendali M untuk mengukur variabilitas proses dan Peta Kendali T^2 *Hotteling Individu* untuk mengukur *mean* proses.

4.1.4 Peta Kendali M

Peta kendali M digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses data multivariat berdasarkan pengamatan individu. Pengendalian proses dilakukan terlebih dahulu dengan melihat apakah variabilitasnya terkendali atau tidak, lalu dilanjutkan dengan melihat *mean* prosesnya apabila variabilitasnya sudah terkendali. Analisis pengendalian kualitas pada peta kendali M menggunakan syntax yang terdapat pada Lampiran 7, serta nilai plot-plot pada setiap titik observasi terdapat pada Lampiran 8. Berikut hasil analisis pengendalian variabilitas proses produk *transformator Hermetically Sealed* 50 kVA pada bulan Desember 2017.

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA dimana tidak terdapat

pengamatan yang diluar dari Batas Kendali Atas sebesar 17,8004 dan Batas Kendali Bawah sebesar 0,11 sehingga dapat diambil kesimpulan yaitu bahwa variabilitas proses produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu memonitoring *mean* proses dengan Peta Kendali T^2 *Hottelling Individu*.



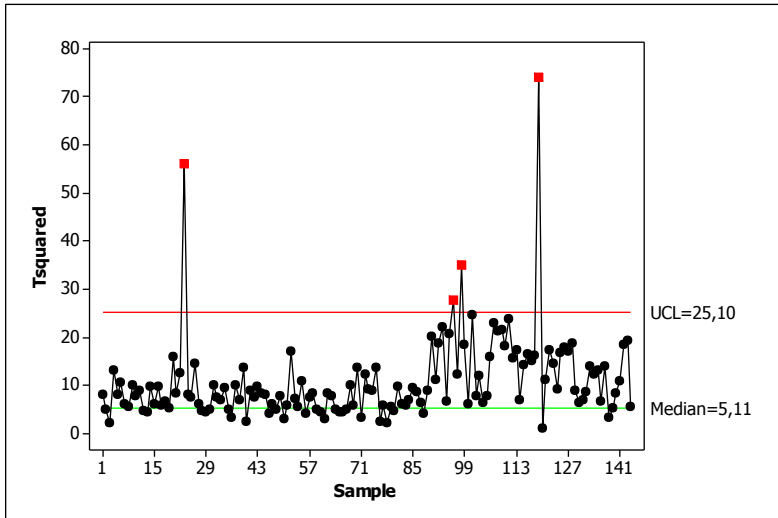
Gambar 4.2 Peta Kendali M Trafo bulan Desember 2017

4.1.5 Peta Kendali T^2 *Hottelling Individu*

Pengendalian variabilitas proses yang telah terkendali berdasarkan pengamatan individu, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisis pengendalian terhadap *mean* proses menggunakan Peta Kendali T^2 *Hottelling Individu*. Nilai plot-plot pada peta kendali terdapat pada Lampiran 9 sehingga hasil pengendalian *mean* proses menggunakan diagram kontrol T^2 *Hottelling Individu* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 25,10 dan batas kendali bawah sebesar 0. Nilai Ti^2 yang terdapat pada peta kendali didapat dari diagonal matriks jarak antar

pengamatan yang berdistribusi *chi-square*. Pada peta kendali terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas antara lain titik pengamatan ke 23 dengan kode seri **21213028**, 96 dengan kode seri **21213187**, 98 dengan kode seri **21213193** dan 119 dengan kode seri **21213256** memiliki nilai yang melebihi batas kendali atas. Menurut informasi yang didapat dari pihak *Quality Control* PT. Bambang Djaja, titik pengamatan yang keluar dari batas kendali disebabkan karena adanya penyetelan ulang mesin-mesin dan pergantian bahan baku dalam memproduksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA.

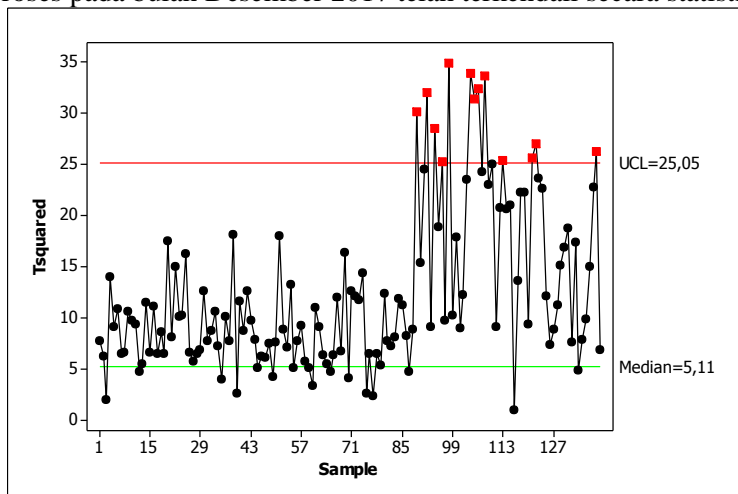


Gambar 4.3 Peta Kendali T^2 Hotteling Individu Desember 2017

Setelah diketahui penyebab dari titik pengamatan yang keluar dari batas kendali maka perlu dilakukan perbaikan dengan cara dihilangkan karena peneliti tidak bisa memperbaiki secara langsung pada proses produksi trafo tersebut sehingga pada analisis perbaikan menggunakan 140 data pengamatan yang

terdapat pada Lampiran 10. Perbaikan batas kendali peta T^2 *Hotelling* Individu dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan perbaikan batas kendali pada peta kendali T^2 *Hotelling* Individu pada bulan Desember 2017. Diperoleh nilai batas kendali atas baru sebesar 25,05 dan setelah dilakukan perbaikan maka terdapat 13 titik pengamatan hasil proses produksi trafo yang keluar dari batas kendali. Setelah menanyakan apa yang terjadi pada saat trafo-trafo tersebut di produksi ke bagian Quality Control di PT. Bambang Djaja, pihak Quality Control memberikan informasi bahwa dari checksheet nya tidak terdapat catatan khusus sehingga penyebab keluarnya titik-titik pengamatan pada plot-plot tersebut tidak diketahui atau *random causes* setelah sehingga dapat diputuskan bahwa *mean* proses pada bulan Desember 2017 telah terkendali secara statistik.



Gambar 4.4 Perbaikan Peta Kendali T^2 *Hotelling* Individu Desember 2017

4.2 Indeks Kapabilitas Proses

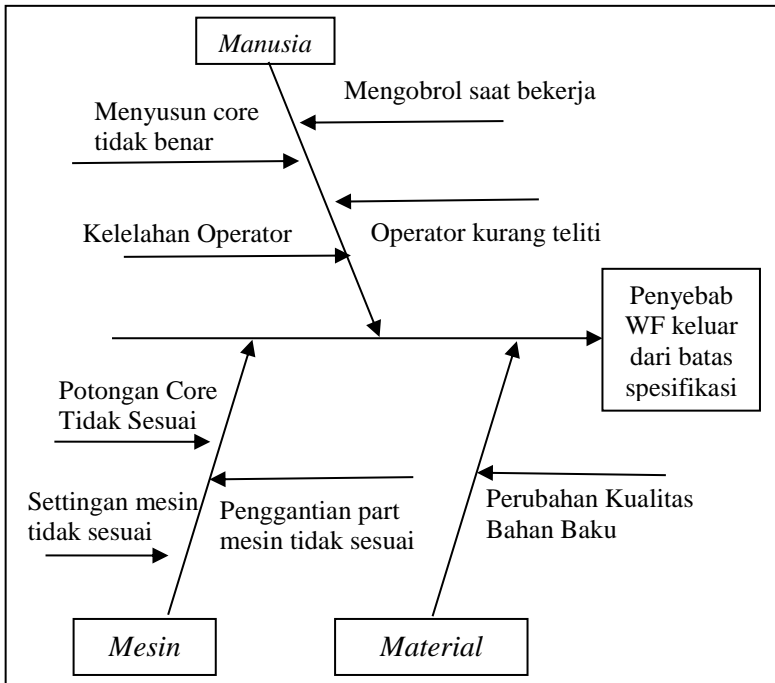
Indeks Kapabilitas proses secara multivariat untuk mengukur kemampuan proses pada bulan Desember 2017 didapatkan dari Persamaan (2.16). Kemampuan proses dikatakan tidak kapabel atau kemampuan proses buruk apabila nilai C_p

kurang dari 1, sedangkan jika kemampuan proses sesuai apabila nilai C_p sama dengan 1, dan jika C_p lebih dari 1 maka kemampuan proses dikatakan sangat baik.

Berdasarkan *syntax* pada Lampiran 11, hasil analisis indeks kapabilitas proses secara multivariat pada Lampiran 12 didapatkan nilai C_p sebesar 2,19229 dimana nilai C_p tersebut menunjukkan bahwa selama bulan Desember 2017 kemampuan proses hasil produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA dapat dikatakan sangat baik karena nilai C_p yang lebih dari 1, namun masih perlu dipantau secara terus-menerus.

4.3 Diagram Ishikawa

Diagram *Ishikawa* digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor penyebab produk keluar dari batas spesifikasi dan tidak terkendalinya proses yang digambarkan dalam bentuk diagram tulang ikan dan biasa juga disebut sebagai diagram *Ishikawa*.



Gambar 4.5 Diagram Ishikawa

Berdasarkan Gambar 4.5 menjelaskan tentang faktor-faktor penyebab rugi-rugi inti besi (WF). Variabel tersebut yang paling diperhatikan oleh *quality control* dikarenakan jika terjadi kesalahan maka perusahaan mengalami kerugian yang cukup besar. Faktor-faktor tersebut dapat disebabkan oleh faktor manusia, mesin, dan material. Operator perlu istirahat jika target sudah tercapai karena jika pada saat operator sudah kelelahan maka susah untuk berkonsentrasi dan lebih banyak mengobrol dari pada bekerja sehingga manager produksi perlu memperhatikan kinerja operator yang mengobrol saat kerja dan mengganti operator yang sudah kelelahan. Kerusakan mesin yang tiba-tiba atau tidak terduga dapat menyebabkan proses produksi berhenti sehingga perlu dilakukan *preventif maintenance* setiap beberapa jam sekali potongan core, penggantian part dapat sesuai dengan desain yang telah dibuat. Perubahan kualitas bahan baku juga dapat menyebabkan berkurangnya kualitas trafo maka perlu dilakukan pemeriksaan ulang sebelum masuk ke dalam produksi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil Proses produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA pada bulan Desember 2017 menggunakan Peta Kendali M sudah terkendali secara variabilitas proses dikarenakan tidak terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali. Pada peta kendali T^2 *Hotteling Individu* pada awalnya dengan 144 pengamatan belum terkendali dikarenakan terdapat 4 titik yang keluar dari batas kendali, kemudian dilakukan perbaikan dengan menghilangkan ke-4 titik tersebut karena peneliti tidak dapat melakukan perbaikan secara langsung dan dilakukan analisis kembali. Setelah dilakukan analisis kembali terdapat beberapa titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali namun tidak dapat diketahui penyebabnya sehingga peta kendali tersebut dapat disimpulkan sudah terkendali secara statistik pada *mean* prosesnya.
2. Hasil indeks kapabilitas proses produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA selama bulan Desember 2017 menunjukkan nilai C_p sebesar 2,192 dimana nilai tersebut lebih dari 1 sehingga prosesnya dikatakan sangat kapabel.
3. Ketidaksesuaian yang sering terjadi pada rugi-rugi inti besi (WF) disebabkan karena potongan core yang tidak sesuai, terjadinya perubahan kualitas pada bahan baku dan operator menyusun core tidak tepat.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka saran yang diperlukan untuk PT. Bambang Djaja Surabaya adalah sebagai berikut.

1. PT. Bambang Djaja Surabaya perlu melakukan pemeriksaan bahan baku pada setiap produksi, terutama jika ada potongan core yang tidak sesuai dengan bentuk yang sudah di desain

sehingga dapat meminimalisir ketidaksesuaian produk dan dapat mengurangi biaya kerugian.

2. PT. Bambang Djaja Surabaya memberikan pelatihan-pelatihan terhadap karyawan disetiap departemen yang ada, agar kinerja dari setiap operator dapat maksimal dalam melakukan tugasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bianti, G. N & Sri Mumpuni R. (2016). Analisis Kapabilitas Proses Produk Transformator *Hermetically Sealed* 100 kVA di PT."X" . *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 5 No. 2 (2016) 2337-3520 (2301-928X Print)*. (Online), (<https://media.neliti.com/media/publications/133049-ID-none.pdf>). Diakses 4 Januari 2018).
- Gultom, S. (2013). Studi Pengendalian Mutu dengan Menggunakan Pendekatan *Lean six sigma* pada PT. XYZ. *E-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, No. 2. Pp.23-30*. (Online),(<http://202.0.107.5/index.php/jti/article/view/4906/pdf>). Diakses 4 Januari 2018).
- Heizer, J & Render, B. (2011).*Manajemen Operasi* (9 ed). Jakarta : Salemba
- Johnson, R.A & Wichern D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis, Sixth Edition*. PT. Prentice Hall, Upper Saddle River: New Jersey
- Khoo, M. B., & Quah, S. H. (2003). *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observatons* (Vol. 15). Penang, Malaysia: University Sains Malaysia.
- Kotz, S & Johnson, N.L. (1993). *Process Capability Indices First Edition*. Chapman and Hall: London.
- Montgomery, Douglas C. (2013). *Introduction Statistical Quality Control Seventh Edition*. United States of America: John Wiley & Sons Inc.
- PT. Bambang Djaja. (2011). *Profil Perusahaan*. Diakses pada tanggal 2 Januari 2018, yang berasal dari website: <http://www.bambangdjaja.com/ina/profil-perusahaan/>.
- Rencher, Alvin C. 2002. *Methods Of Multivariate Analysis*. Canada: Wiley Interscience, page 265.
- RUPTL. (2016). Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025. Jakarta: Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21212996	118,528	806,27	4,38	0,313
21212999	116,085	794,29	4,18	0,350
21212998	120,614	802,42	4,14	0,360
21213007	115,508	802,53	4,36	0,354
21213011	116,296	794,73	4,30	0,348
21213002	117,616	795,28	4,34	0,305
21213005	116,702	794,15	4,21	0,317
21213010	117,234	791,01	4,21	0,361
21213001	116,721	796,61	4,34	0,349
21213006	115,057	792,55	4,20	0,356
21212997	116,813	793,48	4,29	0,309
21213008	119,347	801,21	4,27	0,362
21213000	117,525	789,58	4,21	0,335
21213012	118,879	786,93	4,33	0,337
21213014	115,809	800,81	4,16	0,319
21213013	115,980	787,53	4,24	0,316
21213027	116,120	794,44	4,15	0,328
21213003	116,641	814,29	4,13	0,360
21213004	116,055	800,59	4,22	0,355
21213009	115,930	781,10	4,11	0,309
21213031	117,304	808,09	4,34	0,299
21213043	112,826	809,12	4,27	0,310
21213028	115,258	889,98	4,31	0,297
21213034	116,411	819,60	4,28	0,354

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 (Lanjutan)

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21213042	114,145	809,59	4,22	0,344
21213041	114,822	815,97	4,39	0,339
21213044	117,219	813,08	4,33	0,340
21213035	117,198	814,54	4,26	0,351
21213033	115,980	814,37	4,19	0,344
21213032	116,120	813,31	4,16	0,348
21213111	113,123	807,38	4,24	0,322
21213039	116,622	795,04	4,15	0,312
21213040	115,634	801,61	4,13	0,364
21213014	114,626	795,04	4,15	0,319
21213003	115,744	813,31	4,16	0,344
21213027	116,266	804,55	4,22	0,334
21213046	115,930	811,43	4,37	0,310
21213029	117,304	793,97	4,30	0,348
21213045	112,826	786,42	4,20	0,351
21213036	118,150	799,73	4,26	0,333
21213047	114,090	804,55	4,22	0,356
21213038	115,489	791,80	4,15	0,326
21212995	114,577	785,86	4,21	0,342
21213133	115,524	788,77	4,16	0,325
21213124	119,224	803,92	4,37	0,345
21213122	117,670	792,39	4,24	0,348
21213121	117,389	797,02	4,29	0,319
21213128	119,857	785,19	4,12	0,340
21213135	118,913	806,87	4,37	0,306
21213136	120,779	787,94	4,16	0,347
21213131	117,464	785,25	4,21	0,350

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 (Lanjutan)

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21213130	114,641	797,10	4,39	0,313
21213132	115,138	796,91	4,24	0,351
21213129	117,163	787,31	4,22	0,347
21213127	117,253	781,91	4,28	0,328
21213137	117,574	789,13	4,16	0,346
21213138	117,253	796,94	4,31	0,313
21213134	115,955	801,04	4,32	0,346
21213123	117,198	797,47	4,24	0,358
21213126	117,348	794,18	4,26	0,330
21213125	119,282	796,32	4,26	0,350
21213167	114,291	792,35	4,15	0,349
21213145	114,917	795,15	4,19	0,321
21213158	116,161	798,81	4,14	0,357
21213147	119,309	785,56	4,13	0,345
21213156	121,389	799,44	4,31	0,348
21213165	116,151	792,59	4,16	0,349
21213166	114,742	786,83	4,16	0,328
21213155	116,336	793,27	4,12	0,334
21213148	116,100	777,50	4,17	0,319
21213163	117,063	794,63	4,19	0,346
21213159	114,852	796,79	4,24	0,299
21213162	113,959	792,09	4,14	0,349
21213146	116,095	780,65	4,19	0,345
21213161	117,735	784,75	4,05	0,315
21213154	117,860	798,30	4,17	0,329
21213160	116,792	809,97	4,31	0,345
21213150	118,667	807,77	4,26	0,347

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 (Lanjutan)

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21213149	116,090	800,26	4,25	0,352
21213143	116,622	792,87	4,19	0,333
21213152	113,960	801,65	4,24	0,355
21213144	115,599	798,62	4,15	0,360
21213164	115,253	798,18	4,21	0,346
21213142	115,143	795,63	4,17	0,326
21213157	113,629	795,25	4,16	0,335
21213153	114,812	788,98	4,13	0,356
21213151	115,484	804,86	4,19	0,360
21213030	117,906	818,77	4,31	0,327
21213037	117,444	801,07	4,34	0,303
21213169	130,693	825,46	4,28	0,325
21213022	127,628	816,13	4,29	0,349
21213025	129,808	813,62	4,13	0,361
21213028	131,728	809,46	4,19	0,345
21213181	125,170	820,53	4,28	0,347
21213184	130,233	822,17	4,32	0,348
21213187	131,574	837,03	4,28	0,339
21213190	126,824	835,14	4,27	0,326
21213193	128,653	865,03	4,34	0,306
21213196	130,313	810,49	4,17	0,359
21213199	125,788	820,72	4,25	0,325
21213202	129,434	838,27	4,13	0,328
21213205	124,744	824,75	4,27	0,352
21213208	127,758	825,95	4,19	0,332
21213211	125,928	813,06	4,27	0,345
21213214	124,887	831,25	4,20	0,330

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 (Lanjutan)

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21213213	129,321	823,01	4,18	0,328
21213220	129,497	840,16	4,19	0,324
21213223	128,071	840,99	4,16	0,313
21213226	130,928	828,39	4,28	0,324
21213229	128,430	821,39	4,08	0,328
21213232	130,079	834,99	4,15	0,336
21213235	125,184	840,02	4,18	0,299
21213238	128,649	830,89	4,16	0,332
21213241	125,664	800,31	4,11	0,350
21213244	126,670	834,43	4,16	0,323
21213247	122,972	848,05	4,20	0,295
21213250	118,411	839,80	4,19	0,283
21213253	126,877	820,79	4,09	0,312
21213256	140,200	803,88	4,20	0,300
21213259	120,741	801,20	4,18	0,330
21213262	125,990	791,66	4,07	0,368
21213265	126,038	826,18	4,10	0,299
21213268	127,313	836,89	4,32	0,319
21213271	122,590	810,72	4,04	0,369
21213274	126,300	844,45	4,20	0,322
21213277	130,443	800,54	4,25	0,344
21213280	128,016	825,07	4,13	0,311
21213283	125,948	826,96	4,04	0,360
21213286	126,632	808,25	4,12	0,335
21213289	123,801	814,60	4,12	0,364
21213292	125,592	812,04	4,14	0,357
21213295	126,234	817,36	4,17	0,357

Lampiran 1. Data Hasil Proses Produksi Trafo *Hermetically Sealed* 50 kVA bulan Desember 2017 (Lanjutan)

Kode Seri	WF	WCu	Iz	I0
21213298	125,902	809,56	4,05	0,376
21213301	124,459	831,25	4,10	0,324
21213304	124,797	834,31	4,21	0,291
21213307	124,053	815,01	4,15	0,366
21213310	124,439	826,53	4,06	0,325
21213313	124,531	803,62	4,17	0,345
21213316	125,743	801,52	4,20	0,348
21213319	124,983	813,31	4,08	0,352
21213322	124,556	829,34	4,11	0,325
21213325	128,787	808,49	4,05	0,357
21213328	130,392	814,46	4,15	0,358
21213331	124,914	811,40	4,17	0,360

Keterangan :

WF = Rugi-Rugi Inti Besi (*Watt*)

Wcu = Rugi-Rugi Tembaga (*Watt*)

Iz = Impedansi (%)

I₀ = Arus Mengalir Tanpa Beban (*Ampere*)

Lampiran 2. *Output* Karakteristik Produksi Trafo.

Descriptive Statistics: WF; WCu; Iz; I0				
Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
WF	120,50	32,18	112,83	140,20
WCu	807,76	322,83	777,50	889,98
Iz	4,2075	0,00667	4,0359	4,3931
I0	0,33611	0,00038	0,28253	0,37648

Lampiran 3. *Output* Dependensi Variabel Karakteristik.**KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,469
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	87,229
	df	6
	Sig.	,000

Lampiran 4. Program *Syntax* Pemeriksaan Distribusi Normal

```

Macro
NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2

MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali 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

```

Lampiran 4. Program *Syntax* Pemeriksaan Distribusi Normal (Lanjutan)

```
-- 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 5. *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat**Data Display**

Prop 0,576389

Lampiran 6. Nilai d_i^2 setiap observasi

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
1	5,201	.	.
2	1,204	.	.
3	1,845	.	.
4	5,375	.	.
5	2,320	130	3,218
6	5,959	131	2,222
7	2,273	132	2,377
8	2,083	133	7,033
9	3,910	134	4,170
10	1,877	135	6,283
11	3,951	136	3,384
12	3,137	137	5,355
13	1,161	138	1,157
14	4,853	139	2,174
15	2,552	140	2,946
16	3,327	141	3,329
17	2,052	142	5,587
18	5,011	143	4,521
19	1,729	144	2,138

Lampiran 7. Program *Syntax* Peta Kendali M

```

%Program Peta Kendali M
data= load ('namadata.txt')
alpha= nilai alfa yang ingin dimasukkan
[m,p]=size(data)

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

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

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

%Peta Kendali
for j=1:n
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:n
    bkb(j,1)=lcl

```

Lampiran 7. Program *Syntax* Peta Kendali M (Lanjutan)

```

end
x=1:m-1
y=M

plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase I')
xlabel('observasi ke-')
ylabel('M')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

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

```

Lampiran 8. *Output* Statistik Uji M.

No.	M	No.	M	No.	M
1	4,403	49	4,680	97	1,890
2	0,510	50	0,350	98	9,218
3	3,734	51	3,512	99	2,171
4	0,608	52	3,275	100	1,689
5	2,882	53	0,596	101	2,932
6	1,525	54	0,958	102	1,456
7	2,838	55	1,769	103	1,083
8	1,325	56	2,593	104	1,829
9	1,735	57	2,077	105	1,001
10	3,758	58	0,564	106	0,659
11	4,645	59	1,328	107	0,373
12	2,186	60	0,681	108	2,773
13	1,506	61	1,873	109	3,599
14	4,803	62	1,143	110	1,004
15	1,192	63	2,071	111	2,332
16	1,041	64	1,545	112	1,844
17	3,238	65	3,173	113	1,705
18	1,273	66	2,816	114	2,623
19	6,746	67	0,844	115	1,709
20	5,059	68	0,249	116	0,655
21	1,371	69	1,435	117	4,118
22	13,98	70	2,350	118	10,16
23	13,27	71	3,121	119	11,32
24	0,830	72	3,855	120	2,806
25	2,362	73	1,110	121	7,228
26	0,391	74	3,480	122	5,654
27	0,536	75	2,241	123	8,601
28	0,643	76	2,785	124	4,778

Lampiran 8. *Output* Statistik Uji M (Lanjutan).

No.	M	No.	M	No.	M
29	0,076	77	0,248	125	7,380
30	1,407	78	0,152	126	5,201
31	1,888	79	1,304	127	4,362
32	4,778	80	1,862	128	3,087
33	3,407	81	0,625	129	2,107
34	2,205	82	0,484	130	0,303
35	0,827	83	0,924	131	0,122
36	2,077	84	0,199	132	1,347
37	2,252	85	0,635	133	3,950
38	1,383	86	0,908	134	2,112
39	1,142	87	2,263	135	7,450
40	1,892	88	2,157	136	3,641
41	3,057	89	3,575	137	3,084
42	0,799	90	0,941	138	0,196
43	0,736	91	1,929	139	1,942
44	5,772	92	1,022	140	1,220
45	1,556	93	2,267	141	2,693
46	1,171	94	0,850	142	0,978
47	2,495	95	0,626	143	0,594
48	5,571	96	0,752		

Lampiran 9. *Output* Statistik Uji T^2 Hotteling Individu bulan Desember 2017

No	Plot T	No	Plot T	No	Plot T
1	7,978	49	7,621	97	12,19
2	4,833	50	2,957	98	35,00
3	1,982	51	5,829	99	18,40
4	12,97	52	17,11	100	6,047

Lampiran 9. *Output Statistik Uji T^2 Hotteling Individu* bulan Desember 2017 (lanjutan)

No	Plot T
5	7,947
6	10,59
7	5,956
8	5,408
9	9,906
10	7,589
11	8,854
12	4,729
13	4,402
14	9,730
15	5,938
16	9,767
17	5,680
18	6,446
19	5,226
20	15,75
21	8,381
22	12,48
23	55,99
24	8,012
25	7,517
26	14,56
27	6,056
28	4,571
29	4,440
30	4,783
31	9,983

No	Plot T
53	7,154
54	5,536
55	10,73
56	3,992
57	7,532
58	8,326
59	5,004
60	4,471
61	2,966
62	8,381
63	7,841
64	4,979
65	4,193
66	4,274
67	4,983
68	9,918
69	5,775
70	13,54
71	3,317
72	12,155
73	9,220
74	8,870
75	13,67
76	2,455
77	5,843
78	2,212
79	5,428

No	Plot T
101	24,55
102	7,778
103	11,98
104	6,192
105	7,821
106	15,87
107	22,89
108	21,28
109	21,56
110	18,18
111	23,69
112	15,52
113	17,35
114	6,876
115	14,06
116	16,45
117	15,01
118	16,26
119	74,23
120	0,852
121	11,01
122	17,20
123	14,59
124	9,047
125	16,59
126	17,89
127	16,87

Lampiran 9. *Output Statistik Uji T^2 Hotelling Individu* bulan Desember 2017 (lanjutan)

No	Plot T	No	Plot T	No	Plot T
32	7,525	80	4,512	128	18,77
33	6,823	81	9,671	129	8,776
34	9,362	82	5,991	130	6,383
35	5,012	83	5,686	131	6,974
36	3,240	84	6,858	132	8,534
37	9,846	85	9,344	133	13,84
38	6,929	86	8,566	134	12,34
39	13,71	87	6,323	135	12,95
40	2,424	88	3,917	136	6,637
41	8,799	89	8,916	137	13,79
42	7,524	90	19,98	138	3,262
43	9,801	91	11,12	139	5,234
44	8,219	92	18,65	140	8,264
45	8,009	93	21,94	141	10,77
46	4,175	94	6,616	142	18,27
47	5,935	95	20,60	143	19,36
48	4,780	96	27,79	144	5,462

Lampiran 10. *Output Perbaikan Statistik Uji T^2 Hotelling Individu* bulan Desember 2017

No	Plot T	No	Plot T	No	Plot T
1	7,714	47	6,048	94	28,53
2	6,125	48	7,382	95	18,82
3	1,907	49	4,170	96	25,19
4	13,97	50	7,602	97	9,650
5	8,993	51	17,96	98	34,86
6	10,85	52	8,848	99	10,23

Lampiran 10. *Output* Perbaikan Statistik Uji T^2 *Hotteling Individu*
bulan Desember 2017 (Lanjutan)

No	Plot T	No	Plot T	No	Plot T
7	6,375	53	7,062	100	17,84
8	6,601	54	13,16	101	8,871
9	10,59	55	5,042	102	12,23
10	9,716	56	7,716	103	23,41
11	9,303	57	9,129	104	33,86
12	4,674	58	5,680	105	31,32
13	5,391	59	5,024	106	32,41
14	11,40	60	3,251	107	24,17
15	6,489	61	10,94	108	33,65
16	11,09	62	8,995	109	23,02
17	6,439	63	6,279	110	24,94
18	8,581	64	5,442	111	9,030
19	6,370	65	4,663	112	20,75
20	17,40	66	6,316	113	25,41
21	8,076	67	11,99	114	20,59
22	14,88	68	6,612	115	21,01
23	10,05	69	16,37	116	0,926
24	10,24	70	4,087	117	13,56
25	16,22	71	12,62	118	22,24
26	6,499	72	12,09	119	22,21
27	5,605	73	11,71	120	9,325
28	6,394	74	14,29	121	25,65
29	6,748	75	2,564	122	27,04
30	12,60	76	6,398	123	23,56
31	7,709	77	2,245	124	22,57
32	8,701	78	6,441	125	12,01
33	10,60	79	5,327	126	7,291

Lampiran 10. *Output* Perbaikan Statistik Uji T^2 *Hotteling Individu* bulan Desember 2017 (Lanjutan)

No	Plot T	No	Plot T	No	Plot T
34	7,130	80	12,35	127	8,814
35	3,932	81	7,690	128	11,17
36	10,10	82	7,203	129	15,11
37	7,695	83	8,023	130	16,87
38	18,04	84	11,85	131	18,74
39	2,521	85	11,18	132	7,603
40	11,55	86	8,129	133	17,31
41	8,682	87	4,682	134	4,753
42	12,56	88	8,741	135	7,801
43	9,627	89	30,11	136	9,851
44	7,792	90	15,37	137	14,88
45	4,995	91	24,49	138	22,72
46	6,153	92	31,97	139	26,29
		93	9,001	140	6,811

Lampiran 11. Program *Syntax* Kapabilitas Proses Multivariat

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 t4 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.140 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainvs am5 am6 mm mtt mvek
mvekt s cm2 cm3 cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo

```

Lampiran 11. Program *Syntax* Kapabilitas Proses Multivariat
(Lanjutan)

```
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.140
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo
print s
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru
let t1=121.5
let t2=0.3
let t3=800
let t4=4.15
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
let c.3=mean(x.3)-t3
let c.4=mean(x.4)-t4
print c.1-c.4
copy c.1-c.4 cm1
```

Lampiran 11. Program *Syntax* Kapabilitas Proses Multivariat (Lanjutan)

```

print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro

```

Lampiran 12. *Output* Kapabilitas Proses Multivariat

Data Display

Matrix vo

28,6959	56,404	-0,111634	0,0017913
56,4040	252,216	-0,066786	-0,0710916
-0,1116	-0,067	0,006604	-0,0003140
0,0018	-0,071	-0,000314	0,0003622

Data Display

Matrix voin

0,07063	-0,01634	0,896	-2,78
-0,01634	0,00802	-0,121	1,55
0,89649	-0,12136	171,054	120,03
-2,77983	1,55072	120,028	3183,32

Lampiran 12. Output Kapabilitas Proses Multivariat (Lanjutan)**Data Display**

Matrix ainv

0,0005048	-0,0001095	0,007818	-0,0156
-0,0001095	0,0000381	-0,004210	0,0003
0,0078176	-0,0042096	0,662318	-0,9775
-0,0155669	0,0003472	-0,977524	16,9373

Data Display

Matrix s

3,00013

Data Display

c.1	-1,23718
c.2	6,58127
c.3	0,0552683
c.4	0,0368443

Data Display

k2 6,84905

Data Display

k 2,61707

Data Display

chi 16,2512

Data Display

cp 2,19229

Lampiran 13. Surat Penerimaan Pengambilan Data



SURAT KETERANGAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Fakultas Vokasi Departemen Statistika Bisnis Institut Teknologi Sepuluh November, dengan identitas berikut :

NO	NAMA	NRP
1	YOLA ARGATHA MANIK	10611500000103

Telah disetujui untuk mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PT BAMBANG DJAJA

Divisi/Bagian : QC

Mulai tanggal 10 Januari 2018 s/d 1 Februari 2018 untuk keperluan pengambilan data untuk Tugas Akhir.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 10 Januari 2018



(Mahmud Junaidi)
HRD Manager

PT BAMBANG DJAJA

Surabaya Office
Jl. Rungkut Industri III no. 56
Surabaya 60293, Indonesia
Tel : +62 31 843 8703 (hunting)
Fax : +62 31 843 8350

Jakarta Office
The Suite Tower Lantai 6, Suites 0601-0802
Jalan Boulevard Pantai Indah Kapuk No. 1 Kav. OFS
Perjaringan, Kramat Muara - Jakarta Utara 14470 - Indonesia
Phone : +62 21 2903 2778 Fax : +62 21 2903 2781
Customer Care : +62 21 29033003

Lampiran 14. Surat Keaslian Data**SURAT PERNYATAAN**

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

Nama : Yola Argatha Manik
NRP : 10611500000103

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

Sumber : PT Bambang Djaja Surabaya
Keterangan : Produksi *Transformator Hermetically Sealed* 50 kVA


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

Mengetahui,
Manager Quality Control,


Surabaya,
Yang membuat Pernyataan



(..... N P)
NIP.


(Yola Argatha Manik)
NIP. 10611500000103

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,


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

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Yola Argatha Manik yang biasa dipanggil Yola. Penulis dilahirkan di Surabaya, 14 April 1997 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara oleh pasangan suami istri, Bisner Manik dan Dornaida Riauli Simarmata. Penulis bertempat tinggal di Surabaya dan telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Dharma Wanita Sepanjang (2002-2003), SDK Santo Yusup (2003-2009), SMP Negeri 24 Surabaya (2009-2012), dan SMA Negeri 22 Surabaya (2012-2015). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS angkatan 2015 yang merupakan keluarga besar “*HEROES*” dengan nomor sigma $\sigma_{02.112}^2$. Tahun pertama, penulis bergabung pada kepanitiaan yang diselenggarakan oleh BEM FMIPA yaitu GEMPA (*Great Event of MIPA*). Tahun kedua, penulis bergabung dengan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas MIPA (BEM FMIPA) ITS periode 2016-2017. Pada akhir semester 4, penulis mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktek di Otoritas Jasa Keuangan (OJK) Kantor Regional 4 Jawa Timur. Selain pernah mengikuti organisasi penulis juga sering mengikuti kegiatan kepanitiaan yaitu panitia sie Dana PRS ITS, *Liaison Office* (LO) Station *Statistics Competition* 2016, *Organizing Committe* (OC) LKMM Pra-TD ITS 2016. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya, Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui No. HP 081289944036 atau dihubungi melalui via *e-mail* yaitu yo_lha@ymail.com.