



TUGAS AKHIR - SS 145561

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA
PRODUK VELG TIPE MS626 DI PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA**

**Dina Alif Vatul Putri
NRP 1061150000109**

**Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

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



TUGAS AKHIR - SS 145561

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA
PRODUK VELG TIPE MS626 DI PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA**

**Dina Alif Vatul Putri
NRP 10611500000109**

**Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

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



FINAL PROJECT - SS 145561

**STATISTICAL QUALITY CONTROL OF VELG
PRODUCT TYPE MS626 IN PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA**

**Dina Alif Vatul Putri
NRP 10611500000109**

Lecturer
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Diploma III Study Program
Departement of Bussiness Statistics
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA PRODUK
VELG TIPE MS626 DI PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA

TUGAS AKHIR

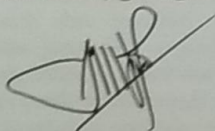
Dikerjakan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dina Alif Vatul Putri
NRP: 10611500000109

Surabaya, 30 Mei 2018

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir



Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

NIP. 19610311 198701 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi-ITS



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

NIP. 19740328 199802 1 001

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIKA PRODUK
VELG TIPE MS626 DI PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA**

Nama : Dina Alif Vatul Putri
NRP : 10611500000109
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T.

Abstrak

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi aksesoris dan velg kendaraan roda empat. Salah satu produk utama perusahaan tersebut adalah velg aluminium MS626 yang digunakan untuk mobil xenia. Velg adalah komponen penting dalam berkendara karena menyangkut keamanan pengguna mobil dimana salah satu karakteristik yang perlu diperhatikan adalah kekuatan. Pengendalian kualitas yang telah dilakukan terhadap hasil produksi velg mobil MS626 baru dilakukan secara kimia, tetapi terhadap kekuatan velg belum dianalisis, sehingga belum diketahui apakah proses tersebut sudah terkontrol dan kapabel. Pada penelitian ini ingin diketahui kapabilitas dan penyebab terjadinya ketidaksesuaian pada hasil proses produksi velg MS626. Hasil analisis yang diperoleh adalah terdapat ketidaksesuaian pada hasil proses produksi velg MS626 yang disebabkan oleh faktor kesalahan operator dalam pengukuran, operator yang mengantuk pada malam hari, dan belum dilakukan improvisasi pada material. Proses produksi velg MS626 sudah kapabel, ditunjukkan dengan indeks kapabilitas sebesar 1,2975.

Kata Kunci : *Kapabilitas Proses, Pengendalian Kualitas Statistika, Peta Kendali Multivariat*

**STATISTICAL QUALITY CONTROL OF ALLOY WHEEL
PRODUCT TYPE MS626 IN PT MESHINDO
ALLOY WHEEL TBK. SURABAYA**

Name : Dina Alif Vatul Putri
NRP : 10611500000109
Departement : Bussiness Statistic, Faculty of Vocations ITS
Lecturer : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T.

Abstract

PT. Meshindo Alloy Wheel is a manufactur company that producing accessories and velg for vehicle. One of the main product is aluminium alloy wheel MS626 that used for car with xenia brand. Alloy wheel is an important component in driving because it concerns the savety of driver. One of the important characteristics is strength. Quality control of production alloy wheel type MS626 had been analyze in chemically, but strength of the wheels had not been analyze, so it is important to know whether the process is controlled and capable. In this research, we want to know the capability and cause of nonconformity in result of production process of alloy wheels MS626. The result of the analysis is there are not conforming on production process caused by operator make mistake in measurement, operator are sleepy at night, and had not done material improvisation. The production process of MS626 alloy wheels are capable, indicated by capability index is 1,2975.

Kata Kunci : *Multivariat Control Chart, Statistical Quality Control, Process Capability*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengendalian Kualitas Statistika Produk Velg Tipe MS626 di PT Meshindo Alloy Wheel Tbk. Surabaya**”. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari setiap bimbingan, bantuan, semangat, petunjuk, dan doa yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si. selaku dosen penguji, dosen validator, dan Sekretaris Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan saran dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Ibu Mike Prastuti, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si. selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
5. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si., selaku Kepala Prodi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
6. Ibu Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes. selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan dukungan menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak di PT. Meshindo Alloy Wheel Tbk, Surabaya, terutama Bapak Nanang Mardiyanto yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama pengambilan data untuk Tugas Akhir.

9. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, bimbingan, dukungan, kasih sayang, dan kesabaran dalam mendidik baik secara materi, moril, maupun spiritual.
10. Teman-teman HEROES 2015 yang berjuang bersama untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Teman-teman KOMINFO HIMADATA-ITS dan BPH HIMADATA-ITS Kabinet Kreasi yang selalu memotivasi, memberi semangat, dan mengingatkan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Sahabat penulis yaitu Faza, Nadia, Hikma, Evi, Barir, Dessy, Rizka, Hadini, Wahid, Nasrullah, Delima, Absori, Karina, dan Silvy yang selalu hadir untuk memberikan kebahagiaan disaat penulis senang ataupun sedih dan selalu mendoakan untuk keberhasilan penulis.
13. Seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar memberikan wawasan baru untuk tahap pengembangan selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan untuk semua pihak.

Surabaya, 30 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
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	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Multivariat.....	5
2.2 Pengendalian Kualitas Statistika	7
2.3 Indeks Kapabilitas Proses.....	11
2.4 Diagram Ishikawa	12
2.5 PT. Meshindo Alloy Wheel, Surabaya, Jawa Timur	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pengambilan Sampel	19
3.2 Struktur Data	19
3.3 Langkah Analisis.....	20
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Multivariat.....	23
4.2 Analisis Pengendalian Proses Varians dan Rata-Rata.....	25
4.3 Diagram Ishikawa.....	27
4.4 Indeks Kapabilitas Proses.....	29

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Organisasi Data Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i>	10
Tabel 3.1 Struktur Data.....	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Ishikawa	12
Gambar 2.2 <i>Operation Process Chart</i> Produksi Velg di PT. Meshindo Alloy Wheel	14
Gambar 3.1 Diagram Alir	21
Gambar 4.1 <i>Q-Q Plot</i>	24
Gambar 4.2 Peta Kendali <i>Generalize Varians</i>	25
Gambar 4.3 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i>	26
Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> pada Iterasi ke-2	27
Gambar 4.5 Diagram Ishikawa Proses Produksi Velg MS626.....	28

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Pengukuran Berat dan Kekuatan Velg MS626.....	35
Lampiran 2. <i>Output</i> Dependensi Antar Variabel.....	37
Lampiran 3. Macro Distribusi Normal Multivariat	38
Lampiran 4. <i>Output</i> Distribusi Normal Multivariat.....	39
Lampiran 5. <i>Output</i> Peta Kendali <i>Generalize Varians</i>	40
Lampiran 6. <i>Output</i> Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i>	42
Lampiran 7. <i>Output</i> Indeks Kapabilitas Proses	43
Lampiran 8. Macro Indeks Kapabilitas Proses	44
Lampiran 9. Surat Keaslian Data.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan industri pada era globalisasi semakin ketat akibat adanya kompetitor baru yang bermunculan. Salah satu cara untuk bertahan agar produk yang dihasilkan mampu bersaing adalah dengan memproduksi produk dengan kualitas terbaik. Produk dengan kualitas terbaik mampu diciptakan jika perusahaan dapat menjaga kualitas produk dengan melakukan pengendalian kualitas dan dilakukan perbaikan terhadap sistem yang tidak sesuai. Pengendalian kualitas produk dapat dilakukan menggunakan pengendalian kualitas statistika.

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah sebuah perusahaan yang memproduksi velg dan aksesoris mobil yang berpusat di Surabaya, Jawa Timur dimana salah satu produk utamanya adalah velg mobil MS626 yang digunakan untuk mobil Xenia. Velg adalah komponen penting dalam sebuah mobil karena menyangkut kenyamanan dan keselamatan pengguna mobil. Velg yang baik adalah velg yang sudah memenuhi standar yaitu telah lolos pemeriksaan kekuatan.

Pengendalian kualitas yang telah dilakukan terhadap hasil produksi velg mobil MS626 baru dilakukan secara kimia yaitu komposisi kimia yang terkandung dalam velg aluminium, tetapi terhadap kekuatan velg belum dianalisis, dimana kekuatan velg dipengaruhi oleh berat.

Penelitian produk velg sebelumnya pernah dilakukan oleh Hamid dengan hasil cacat terbesar adalah cat menggumpal yang disebabkan karena operator tidak teliti saat melakukan pemeriksaan, sehingga, pemasangan ujung semprotan cat tidak presisi sesuai ukuran.

1.2 Rumusan Masalah

Proses produksi velg MS626 terdiri dari beberapa tahapan proses dimana pada setiap tahapan proses selalu dilakukan pemeriksaan. Pemeriksaan yang sering dilakukan adalah apakah komposisi kimia yang terkandung dalam velg tersebut sudah memenuhi batas spesifikasi. Apabila komposisi kimia tidak memenuhi batas spesifikasi akan mempengaruhi terhadap kualitas velg dimana ukuran dari kualitas velg adalah berat dan kekuatan. Selama ini, pemeriksaan kualitas di PT. Meshindo Alloy Wheel baru mengukur apakah berat dan kekuatan sudah memenuhi batas spesifikasi, selanjutnya, hasil pengukuran tersebut belum pernah dilakukan analisis statistik, sehingga belum memberikan informasi apakah proses produksi sesuai dengan yang diharapkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan indeks kapabilitas proses (C_p) untuk proses produksi velg MS626.
2. Mengidentifikasi penyebab terjadinya ketidaksesuaian pada hasil proses produksi velg MS626.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada perusahaan tentang kapabilitas proses yang ada di perusahaan saat ini agar dapat meningkatkan kualitas produk yang diproduksi.
2. Memberikan informasi kepada perusahaan tentang pengendalian kualitas pada hasil proses produksi velg MS626 dan faktor-faktor yang menyebabkan ketidaksesuaian sebagai dasar untuk perbaikan proses produksi.

1.5 Batasan Masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil di laboratorium PT. Meshindo Alloy Wheel pada saat proses *testing*. Produk yang digunakan adalah velg MS626 dimana karakteristik kualitas yang diukur adalah berat, ketebalan, dan kekuatan, tetapi pada penelitian ini hanya karakteristik kualitas berat dan kekuatan yang digunakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asumsi Peta Kendali Multivariat

Untuk menganalisis kualitas suatu produk dengan menggunakan peta kendali dimana ada beberapa variabel yang diukur, maka asumsi yang harus dipenuhi adalah antar variabel harus dependen dan berdistribusi normal multivariat.

2.1.1 Dependensi Variabel

Antar variabel dalam analisis multivariat harus saling dependen. Pengamatan dari p variabel dikatakan saling dependen apabila matriks korelasi antar variabel tidak sama dengan matriks identitas (Johnson dan Whincern, 2007). Analisis dependensi variabel dapat dilihat sebagai berikut.

Hipotesis :

$H_0 : R = I$ (Antar variabel saling independen)

$H_1 : R \neq I$ (Antar variabel saling dependen)

Statistik uji untuk mengetahui hubungan antar variabel dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

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

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

H_0 ditolak jika $\chi^2 > \chi_{\alpha; p/2(p-1)}^2$, untuk \mathbf{R} adalah matriks korelasi antar variabel dimana \mathbf{R}_{ij} adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{R}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_{.jk})(\mathbf{x}_{ipk} - \bar{\mathbf{x}}_{.pk})}{\sqrt{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_{.jk})^2 \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_{ipk} - \bar{\mathbf{x}}_{.pk})^2}} \quad (2.3)$$

2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat digunakan untuk menguji apakah variabel-variabel yang diamati sudah berdistribusi normal. Distribusi normal multivariat digunakan ketika jumlah variabel lebih dari satu. Fungsi densitas peluang dari distribusi normal multivariat ditunjukkan pada Persamaan 2.4 (Johnson dan Whincern, 2007).

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^p |\Sigma|}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})'\Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})}, -\infty < \mathbf{x} < \infty \quad (2.4)$$

Pengujian distribusi multivariat normal dapat dilakukan dengan menggunakan proporsi yang dijelaskan sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji untuk pengujian distribusi normal multivariat dapat dilihat pada Persamaan 2.5.

$$d_{jk}^2 = \left(\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_{.j.} \right) \mathbf{S}^{-1} \left(\mathbf{x}_{ijk} - \bar{\mathbf{x}}_{.j.} \right) \quad (2.5)$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_{pp} \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

Keterangan :

\mathbf{x}_{ijk} : Vektor sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k

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

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

k : 1,2,...,m dan m adalah jumlah subgrup

\mathbf{S} : Matriks Varians Kovarianss

\mathbf{S}^{-1} : Invers matriks varian kovarian \mathbf{S}

H_0 ditolak jika proporsi $d_{jk}^2 \leq \chi_{p;(0,5)}^2$ mendekati 50%.

Pemeriksaan distribusi normal multivariat juga dapat dilakukan dengan cara membuat *Q-Q plot* yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Menghitung nilai d_{jk}^2 .
2. Mengurutkan nilai d_{jk}^2 dari terkecil hingga terbesar.
3. Menentukan nilai $q = \chi^2_{(p;(n-j+0,5)/n)}$ dari tabel *chi-square*.
4. Membuat *scatterplot* antara d_{jk}^2 dan q , dikatakan berdistribusi normal jika multivariat jika plot d_{jk}^2 mendekati garis linier.

2.2 Peta Kendali

Pengendalian kualitas adalah usaha untuk mempertahankan kualitas hasil proses produksi, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pengendalian kualitas dapat dilakukan dengan menggunakan peta kendali. Peta kendali adalah suatu gambar yang menunjukkan penyebaran kualitas hasil proses produksi yang terdiri dari Batas Kendali Atas (BKA), Batas Kendali Bawah (BKB), dan Garis Tengah (GT) yang dapat memisahkan antara *random causes* dan *assignable causes*. Tujuan dari peta kendali adalah mengendalikan kualitas hasil proses produksi, jika peta kendali tidak terkendali, maka dapat dicari penyebabnya apakah termasuk *random causes* dan *assignable causes*. Karakteristik kualitas yang dapat dianalisis dengan peta kendali adalah karakteristik kualitas atribut dan variabel. Karakteristik kualitas atribut hanya membedakan, sedangkan karakteristik kualitas variabel dapat dinyatakan dengan angka atau dapat diukur. Peta kendali untuk menganalisis karakteristik kualitas atribut jika karakteristik kualitas hanya satu jenis adalah peta p atau np , jika karakteristik kualitas lebih dari satu jenis adalah peta c atau u . Peta kendali untuk menganalisis karakteristik kualitas variabel jika karakteristik kualitas hanya satu jenis adalah peta kendali $\bar{x} - R$, $\bar{x} - S$, atau peta individu, jika karakteristik kualitas lebih dari satu jenis adalah peta kendali *Generalized Variance* atau T^2 *Hotelling* (Montgomery, 2013).

2.2.1 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengetahui apakah varians dari suatu proses terkendali atau tidak. Peta kendali *Generalized Variance* $|S|$ digunakan untuk mengukur penyebaran data secara multivariat. Taksiran *mean* dan varians dari peta kendali *generalized variace* dapat ditulis pada Persamaan 2.7 dan 2.8.

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

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

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

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

Nilai $|\Sigma|$ dapat ditaksir dengan $|S|/b_1$ sehingga batas kendali dari peta kendali *generalized variace* dapat ditulis pada Persamaan 2.11.

$$\begin{aligned} BKA &= \left(\frac{|S|}{b_1} \right) (b_1 + 3\sqrt{b_2}) \\ GT &= b_1 \left(\frac{|S|}{b_1} \right) = |S| \\ BKB &= \left(\frac{|S|}{b_1} \right) (b_1 - 3\sqrt{b_2}) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Dimana S adalah matriks varians kovarians seperti pada Persamaan 2.6.

Proses dikatakan terkendali jika plot-plot statistik $|S|$ dari masing-masing subgroup berada di dalam batas kendali (Montgomery, 2013).

2.2.2 Peta Kendali T^2 Hotelling

Peta kendali T^2 Hotelling adalah digunakan untuk mengetahui apakah rata-rata dari suatu proses terkendali atau tidak ketika variabel yang diamati lebih dari satu jenis dan memenuhi asumsi multivariat baik dependen maupun berdistribusi multivariat normal (Montgomery, 2013).

$$\bar{x}_{.jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (2.12)$$

$$s_{.jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})^2 \quad (2.13)$$

Dimana n adalah banyaknya sampel tiap subgrup, m adalah jumlah subgrup, dan p adalah banyaknya karakteristik kualitas (variabel), sedangkan, x_{ijk} adalah data pengamatan ke- i pada karakteristik kualitas ke- j dan subgrup ke- k . Nilai kovarian antara karakteristik kualitas ke- j dan ke- p pada subgrup ke- k ditunjukkan pada Persamaan 2.14.

$$s_{jpk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{.jk})(x_{ipk} - \bar{x}_{.pk}) \quad (2.14)$$

Nilai statistik dari rata-rata, varians dan kovarian semua sampel ke- m ditunjukkan pada Persamaan sebagai berikut.

$$\bar{x}_{.j.} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{x}_{.jk} \quad (2.15)$$

$$\bar{s}_{.j.}^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{.jk}^2 \quad (2.16)$$

$$\bar{s}_{.jp} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{jpk} \quad (2.17)$$

Matriks varian kovarian S dari rata-rata sampel berukuran $p \times p$.

$$S = \begin{bmatrix} \bar{s}_{.1}^2 & \bar{s}_{12} & \cdots & \bar{s}_{.1p} \\ & \bar{s}_{.2}^2 & \cdots & \bar{s}_{.2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \bar{s}_{.p}^2 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Persamaan peta kendali T^2 Hotelling.

$$T^2 = n(\bar{x}_{.jk} - \bar{\bar{x}}_{.j})' S^{-1} (\bar{x}_{.jk} - \bar{\bar{x}}_{.j}) \quad (2.19)$$

Batas kendali untuk peta kendali T^2 Hotelling ditunjukkan pada Persamaan 2.20.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.20)$$

$$BKB = 0$$

Proses dikatakan terkendali jika nilai T^2 berada dalam batas kendali (Montgomery, 2013). Organisasi data untuk peta kendali T^2 Hotelling dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.1 Organisasi Data Peta Kendali T^2 Hotelling

Subgrup (k)	Sampel (i)	Karakteristik Kualitas (j)					
		1	2	...	j	...	p
1	1	x_{111}	x_{121}	...	x_{1j1}	...	x_{1p1}

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

	n	x_{n11}	x_{n21}	...	x_{nj1}	...	x_{np1}
	\bar{x}_1	$\bar{\bar{x}}_{.11}$	$\bar{\bar{x}}_{.21}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.j1}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.p1}$
	s_1^2	$S_{.11}^2$	$S_{.21}^2$	...	$S_{.j1}^2$	...	$S_{.p1}^2$
2	1	x_{112}	x_{122}	...	x_{1j2}	...	x_{1p2}

	i	x_{i12}	x_{i22}	...	x_{ij2}	...	x_{ip2}

	n	x_{n12}	x_{n22}	...	x_{nj2}	...	x_{np2}
	\bar{x}_2	$\bar{\bar{x}}_{.12}$	$\bar{\bar{x}}_{.22}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.j2}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.p2}$

Tabel 2.1 Organisasi Data Peta Kendali T^2 *Hotelling* (Lanjutan)

Subgrup (k)	Sampel (i)	Karakteristik Kualitas (j)					
		1	2	...	j	...	p
	s_2^2	$S_{.12}^2$	$S_{.22}^2$	...	$S_{.j2}^2$	...	$S_{.p2}^2$
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
k	1	x_{11k}	x_{12k}	...	x_{1jk}	...	x_{1pk}

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

	n	x_{n1k}	x_{n2k}	...	x_{njk}	...	x_{npk}
	\bar{x}_k	$\bar{x}_{.1k}$	$\bar{x}_{.2k}$	...	$\bar{x}_{.jk}$	...	$\bar{x}_{.pk}$
	s_k^2	$S_{.1k}^2$	$S_{.2k}^2$	...	$S_{.jk}^2$	...	$S_{.pk}^2$
:	:	:	:	...	:	...	:
:	:	:	:	...	:	...	:
m	1	x_{11m}	x_{12m}	...	x_{1jm}	...	x_{1pm}

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

	n	x_{n1m}	x_{n2m}	...	x_{njm}	...	x_{npm}
	\bar{x}_m	$\bar{x}_{.1m}$	$\bar{x}_{.2m}$	...	$\bar{x}_{.jm}$	...	$\bar{x}_{.pm}$
	s_m^2	$S_{.1m}^2$	$S_{.2m}^2$	...	$S_{.jm}^2$	...	$S_{.pm}^2$
Rata-rata dari rata-rata tiap subgrup	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}}_{.1}$	$\bar{\bar{x}}_{.2}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.j}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.p}$
Rata-rata dari varians tiap subgrup	\bar{s}^2	$\bar{s}_{.1}^2$	$\bar{s}_{.2}^2$	...	$\bar{s}_{.j}^2$	...	$\bar{s}_{.p}^2$

2.3 Indeks Kapabilitas Proses

Indeks kapabilitas proses adalah suatu ukuran untuk menunjukkan produk yang diproduksi stabil atau tidak dengan ketentuan sebagai berikut (Kotz, 1993).

1. Jika $C_p < 1$ maka dikatakan proses tidak stabil
2. Jika $C_p = 1$ maka dikatakan proses stabil
3. Jika $C_p > 1$ maka dikatakan proses sangat stabil

Kapabilitas proses dapat dihitung jika peta kendali sudah terkendali. Indeks kapabilitas proses (C_p) untuk peta kendali multivariat dapat dilihat pada Persamaan 2.21.

$$C_p = \frac{K}{\frac{2}{\chi_{0,9973;p}^2}} \left(\frac{(m-1)p}{S} \right)^{1/2} \quad (2.21)$$

$$S = \sum_{i=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_{.j})' A^{-1} (X_{ij} - \bar{X}_{.j}) \quad (2.22)$$

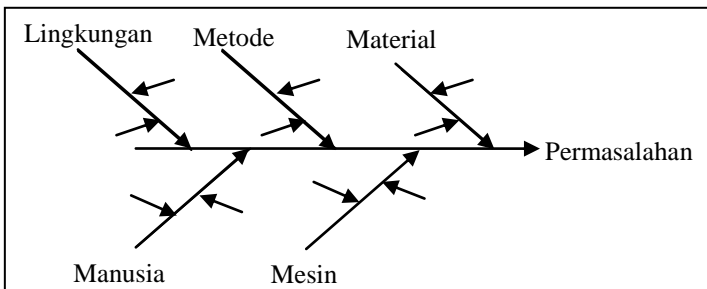
$$K^2 = (\bar{X}_{.j} - \xi_j)' V_0^{-1} (\bar{X}_{.j} - \xi_j)' \quad (2.23)$$

$$A^{-1} = (X_{ij}' X_{ij})^{-1} \quad (2.24)$$

$$\xi_j = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.25)$$

2.4 Diagram Ishikawa

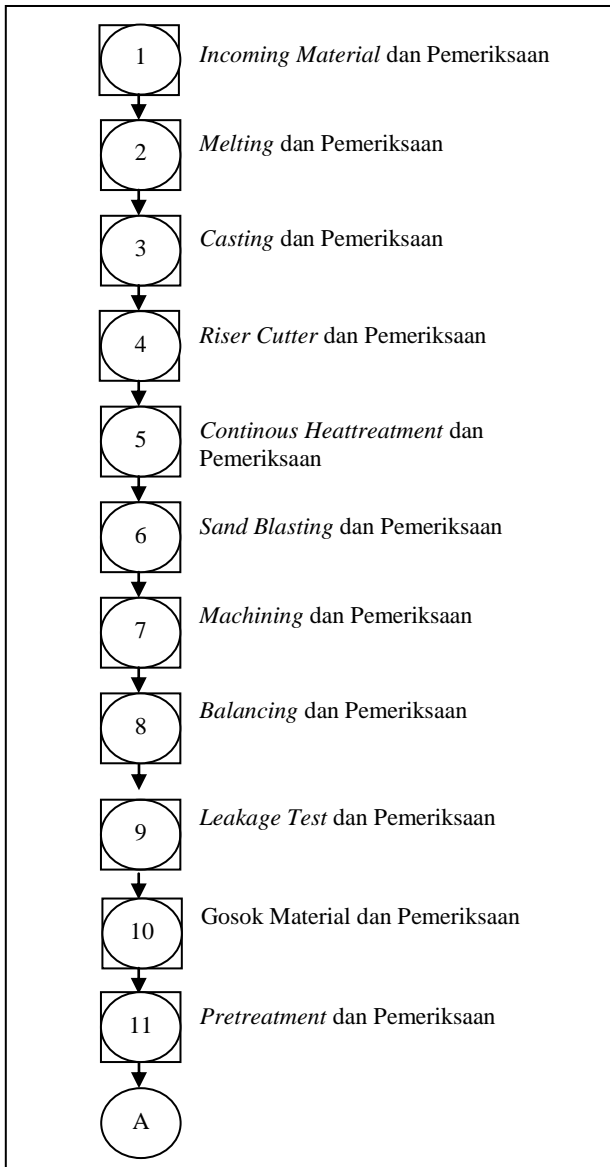
Salah satu tujuh alat dalam pengendalian kualitas statistika adalah diagram *ishikawa* yang mempunyai nama lain diagram sebab akibat atau tulang ikan. Diagram *ishikawa* adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara suatu masalah dan kemungkinan penyebabnya. Kepala ikan menunjukkan permasalahan utama (akibat utama), sedangkan tulang-tulang ikan menunjukkan sebab-sebab terjadinya permasalahan utama. Terdapat empat sebab utama dari permasalahan yaitu manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan (Heizer, 2015)



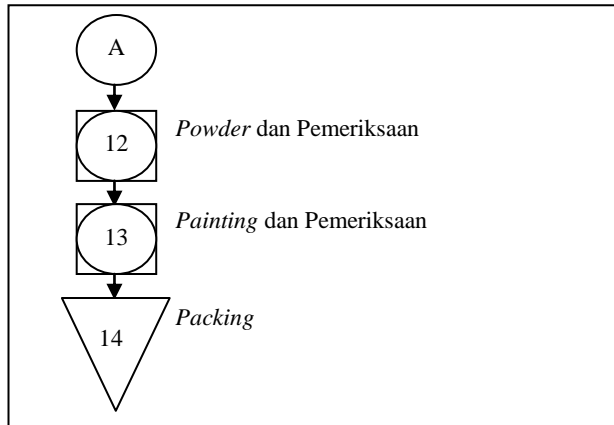
Gambar 2.1 Diagram Ishikawa

2.5 PT. Meshindo Alloy Wheel, Surabaya, Jawa Timur

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah sebuah perusahaan perlengkapan dan komponen kendaraan roda empat atau lebih yang berpusat di Surabaya, Timur, Indonesia. PT. Meshindo Alloy Wheel berdiri pada tahun 1990 di Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur di atas lahan seluas 3,8 Ha. Sejak awal berdiri, PT. Meshindo Alloy Wheel selalu didedikasikan untuk mengembangkan penelitian dan menyediakan produk berkualitas terbaik untuk industri mobil. Tujuan dari PT. Meshindo Alloy Wheel adalah untuk menyediakan produk kualitas terbaik dengan biaya minimum dan proses distribusi yang tepat waktu. Untuk mencapai tujuan tersebut PT. Meshindo Alloy Wheel menggunakan teknologi terbaik yang ada di pasaran. Tahun 1997, PT. Meshindo Alloy Wheel mendapat sertifikat ISO 9001 dari TUV Rheinland untuk standar servis internasional desain, manufaktur, dan perdagangan untuk velg. PT. Meshindo Alloy Wheel adalah produsen velg pertama di Indonesia yang mendapat sertifikat tersebut. PT. Meshindo Alloy Wheel memiliki motto "*Relentless Search For Perfection*" untuk mencari teknologi dan teknik yang paling sempurna dalam menghasilkan produk terbaik untuk pasar dunia. Produk velg dari perusahaan tersebut diproduksi melalui beberapa tahapan sebagai berikut. Tahapan utama pada proses produksi velg adalah *casting*, *machining*, *painting*, dan *shipment*. Bahan baku pertama kali masuk ke proses *melting* untuk dileburkan, lalu dicetak di proses *casting*, dipotong di proses *riser cutter*, dan dipanaskan kembali, proses tersebut dinamakan tahap *casting*. Tahap selanjutnya adalah *machining* yang meliputi proses *sand blasting*, *machining*, *balancing*, *leakage test*, dan gosok material. Setelah *machining*, masuk ke tahap *painting* yang meliputi proses *pretreatment*, *powder*, gosok *finish*, *painting*, dan *packing*. Tahapan lebih jelasnya dapat dilihat pada peta proses operasi sebagai berikut.



Gambar 2.2 Peta Proses Operasi Produksi Velg



Gambar 2.2 Peta Proses Operasi Produksi Velg (Lanjutan)

Produk yang selesai dikemas siap untuk dikirim (*shipment*). Penjelasan proses-proses tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

1. *Incoming Material*

Bahan baku dikirim ke pabrik berupa batangan aluminium yang diimpor dari Australia, Dubai, dan Rusia. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap kandungan kimia bahan baku.

2. *Melting*

Proses peleburan dan pencampuran bahan baku menjadi satu. Bahan baku yang terdiri dari campuran beberapa logam dileburkan pada suhu $\pm 720^{\circ}\text{C}$. Setelah menjadi cairan, dilakukan pemeriksaan di laboratorium dengan mengambil sampel cairan. Jika cairan memenuhi standar maka lanjut ke proses *casting*, jika tidak memenuhi standar maka cairan harus diperbaiki dengan penambahan bahan baku.

3. *Casting*

Cairan yang sudah memenuhi standar dicetak di mesin *casting* dengan menggunakan cetakan (*mold*) sesuai dengan jenis velg yang diproduksi. Setelah cairan menjadi padat, dilakukan pemeriksaan secara visual dan pemeriksaan cacat dalam dengan menggunakan mesin *xray*. Jika hasil pemeriksaan tidak memenuhi standar, maka velg harus didaur ulang di proses *melting*.

4. *Riser Cutter*

Pada proses *casting*, hasil cetakan akan melebihi ukuran velg yang sesungguhnya untuk mengantisipasi penyusutan. Bagian yang berlebih di potong diproses *riser cutter* sesuai dengan standar yang ditentukan. Pada tahap ini tidak dilakukan proses pemeriksaan *wheel wide*.

5. *Continous Heattreatment*

Proses pemanasan dengan suhu 530-540⁰C dan perendaman velg untuk membentuk kekerasan (kekuatan tekan) velg. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan kekerasan velg, jika kekerasan terlalu tinggi atau rendah, maka dilakukan pemanasan kembali hingga memenuhi standar.

6. *Sand Blasting*

Penyemprotan pasir besi untuk menutupi lubang-lubang yang sangat kecil pada velg. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan secara visual.

7. *Machining*

Proses pembubutan pada velg. Pada proses ini dilakukan banyak pemeriksaan yang meliputi pemeriksaan diameter (rim, PCD (*Pitch Center Diameter*), *flange*, dan lubang *vlave*), ketebalan (rim, PCD, *flange*, dan lubang *vlave*). Jika velg tidak memenuhi standar maka harus didaur ulang. Selain itu, dilakukan pula pengecekan berat dan kekuatan velg di laboratorium dengan mengambil sampel dari proses *machining*.

8. *Balancing*

Proses pengecekan keseimbangan putaran pada velg agar velg tidak goyang saat digunakan. Jika velg tidak memenuhi standar maka harus didaur ulang.

9. *Leakage Test*

Proses pengecekan velg bocor atau tidak dengan merendam velg ke dalam air. Jika velg tidak memenuhi standar maka harus didaur ulang.

10. Gosok Material

Sebelum digosok, velg diperiksa terlebih dahulu secara visual apakah ada cacat atau tidak. Cacat yang dimaksud seperti goresan dan permukaan tidak rata atau kasar. Setelah itu, dilakukan perbaikan jika ada bagian yang cacat dengan cara menggosok dan memoles bagian yang cacat.

11. *Pretreatment*

Proses pencucian velg untuk menghilangkan noda-noda yang menempel agar mempermudah cat menempel dengan baik. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap kesterilan air dengan mengambil beberapa sampel untuk diuji di lab.

12. *Powder*

Sebelum dicat, velg harus dilapisis dengan cat dasar. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap ketebalan powder dan pemeriksaan visual.

13. *Painting*

Proses pengecatan velg. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan secara visual seperti cat meluber, kotoran, dan cat kurang rata. Keenceran cat juga diperiksa terlebih dahulu. Jika velg tidak memenuhi standar, maka harus dilakukan perbaikan ke tahap gosok *finish*. Jika velg memenuhi standar, maka siap untuk dikemas.

14. *Packing*

Proses pengemasan velg yang telah sempurna.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengambilan Sampel

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari pemeriksaan velg MS626 di PT. Meshindo Alloy Wheel Tbk. Surabaya, Jawa Timur. Data diambil pada proses *testing* di laboratorium periode Januari-Maret 2018, keaslian data dapat dilihat pada Lampiran 9.

Variabel yang digunakan adalah kekuatan dan berat yang diduga saling dependen dimana subgrup yang digunakan adalah lot. Lot adalah jumlah velg yang dipesan oleh konsumen untuk mobil merek Xenia. Ukuran sampel yang diambil adalah 3 sampel untuk tiap lot dimana jumlah lot yang digunakan sebanyak 21 lot. Berikut penjelasan tentang variabel yang digunakan.

1. Berat (X_1) adalah berat *weight wheel* yaitu keseluruhan velg yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Berat diukur dengan alat ukur timbangan digital. Batas spesifikasi berat velg MS626 adalah $5,53 \pm 0,1$ kg.
2. Kekuatan (X_2) adalah *tensile strength* yaitu tekanan maksimum yang mampu ditahan velg. Batas spesifikasi *tensile strength* velg MS626 adalah 31 ± 5 kgf/mm².

3.2 Struktur Data

Penelitian ini menggunakan dua karakteristik kualitas yaitu berat (X_1) dan kekuatan (X_2) dimana subgrup yang digunakan adalah lot. Lot yang digunakan sebanyak 21 lot dimana ukuran sampel yang diambil adalah 3 sampel untuk tiap lot. Struktur data dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.1 Struktur Data

Lot ke-	Ukuran Sampel	Karakteristik Kualitas	
		X_1	X_2
1	1	x_{111}	x_{121}
	2	x_{211}	x_{221}

Tabel 3.1 Struktur Data (Lanjutan)

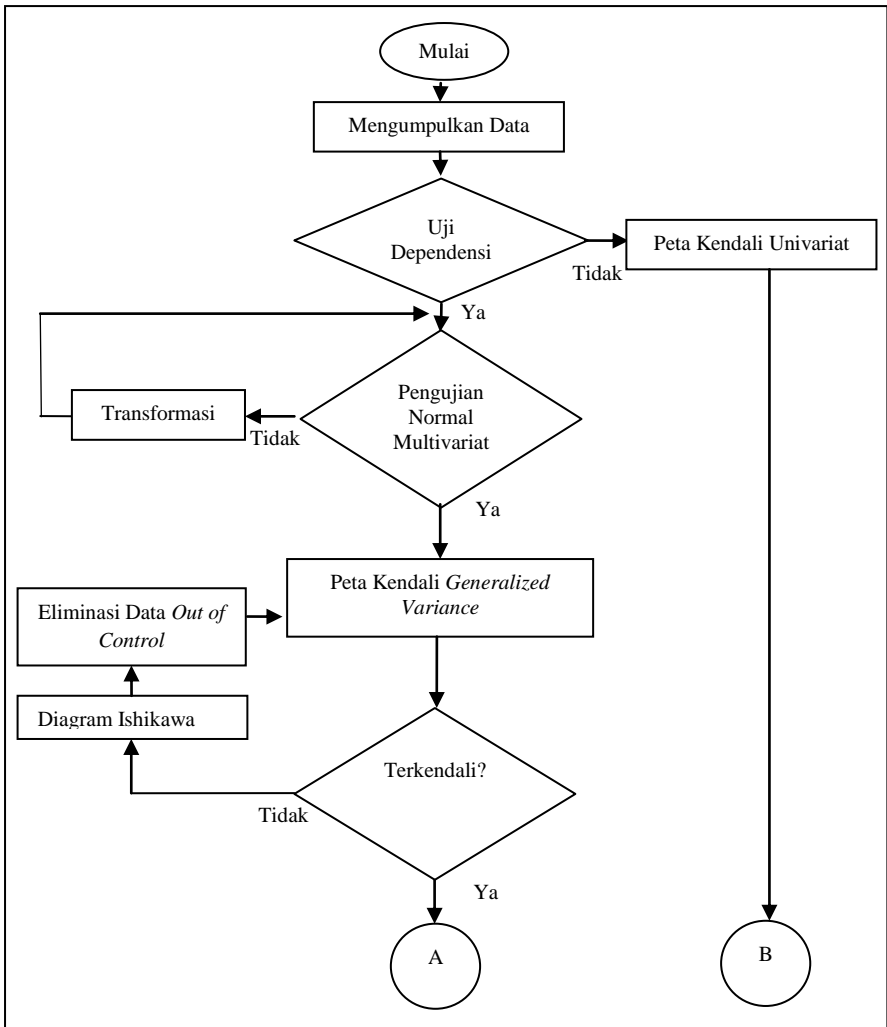
Lot ke-	Ukuran Sampel	Karakteristik Kualitas	
		X_1	X_2
3	x_{311}	x_{321}	3
:	:	:	:
:	:	:	:
i	1	x_{11i}	x_{12i}
	2	x_{21i}	x_{22i}
	3	x_{31i}	x_{32i}
:	:	:	:
:	:	:	:
21	1	$x_{11\ 21}$	$x_{12\ 21}$
	2	$x_{21\ 21}$	$x_{22\ 21}$
	3	$x_{31\ 21}$	$x_{32\ 21}$

3.3 Langkah Analisis Data

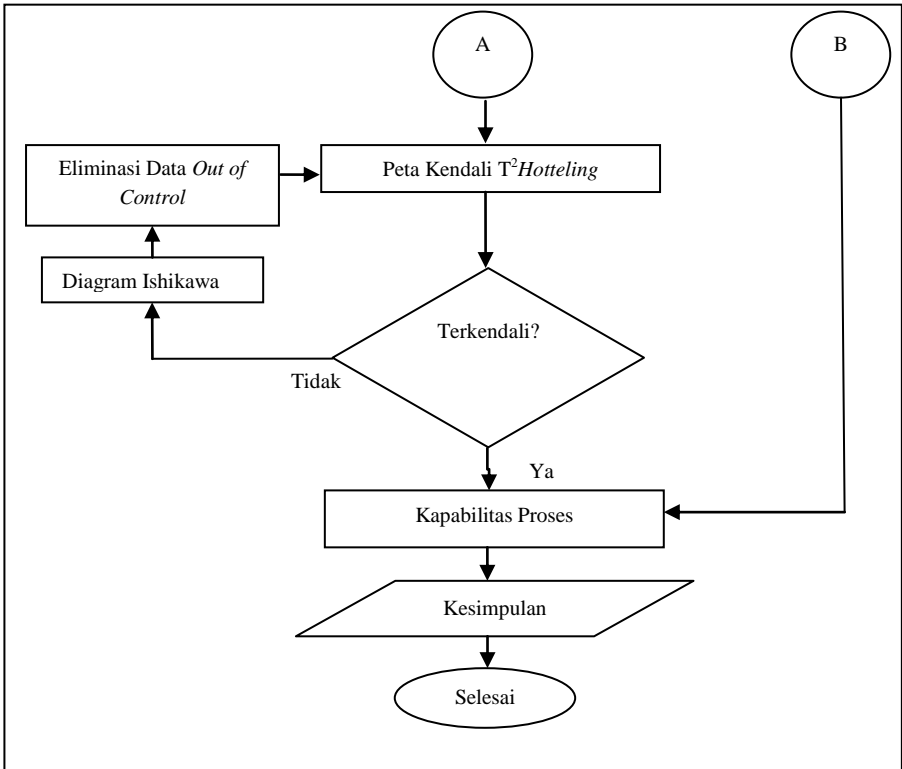
Langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data hasil pemeriksaan produk velg MS626 di PT. Meshindo Alloy Wheel Tbk.
2. Melakukan analisis pengendalian kualitas produksi berdasarkan karakteristik kualitas yang berpengaruh.
 - a. Melakukan pengujian asumsi dependensi. Jika pengujian asumsi dependensi variabel tidak terpenuhi, maka dirubah menjadi peta kendali univariat.
 - b. Melakukan pengujian asumsi normal multivariat. Jika pengujian asumsi normal multivariat tidak terpenuhi, maka dilakukan transformasi.
 - c. Membuat peta *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling pada data hasil pemeriksaan karakteristik kualitas variabel produk velg di PT. Meshindo Alloy Wheel. Jika salah satu peta kendali tidak terkendali, maka dicari penyebabnya dengan menggunakan diagram ishikawa.
 - d. Menghitung nilai indeks kapabilitas proses.
3. Menginterpretasi hasil analisis dan menarik kesimpulan.

Berdasarkan langkah analisis di atas, diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan sebelum analisis peta kedali. Asumsi yang harus dipenuhi adalah distribusi normal multivariat dan dependensi antar variabel. Hasil pengujian asumsi pada data berat dan kekuatan velg MS626 dapat dilihat sebagai berikut

4.1.1 Dependensi Antar Variabel Berat dan Kekuatan

Uji dependensi antar variabel digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara berat dan kekuatan pada velg MS626 dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

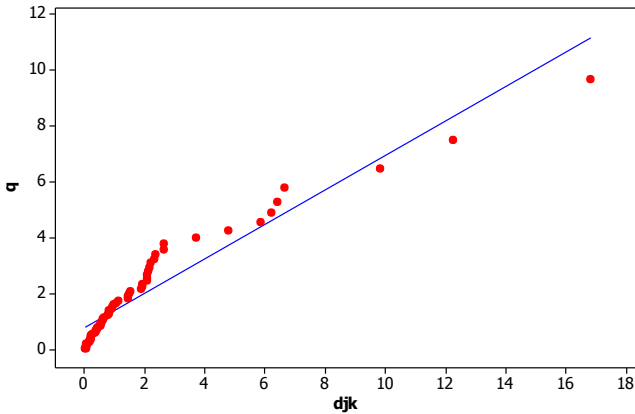
$H_0 : R=I$ (Berat dan kekuatan velg saling independen)

$H_1 : R \neq I$ (Berat dan kekuatan velg saling dependen)

Dengan menggunakan statistik uji pada Persamaan (2.1) dan menggunakan data pada Lampiran 1 diperoleh *output* yang ditunjukkan pada Lampiran 2 yaitu diperoleh nilai χ^2 sebesar 4,073. Kemudian, H_0 ditolak karena nilai χ^2 lebih dari nilai $\chi_{0,05(1)}^2$ yaitu sebesar 3,841 dan juga didukung *P-Value* sebesar 0,044 yang kurang dari taraf signifikan sebesar 5%, sehingga, dapat disimpulkan bahwa antara variabel berat dan kekuatan saling dependen.

4.1.2 Distribusi Normal Multivariat Variabel Berat dan Kekuatan

Untuk mengetahui apakah penyebaran berat dan kekuatan velg MS626 berdistribusi normal multivariat, maka dilakukan pemeriksaan normal multivariat menggunakan *Q-Q plot* yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dimana sumbu X adalah nilai d_{jk}^2 dan sumbu Y adalah nilai q .



Gambar 4.1 *Q-Q Plot*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa plot-plot data mengikuti garis linier, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel berat dan kekuatan berdistribusi normal multivariat, untuk menguji distribusi normal multivariat bisa juga dilakukan pengujian hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

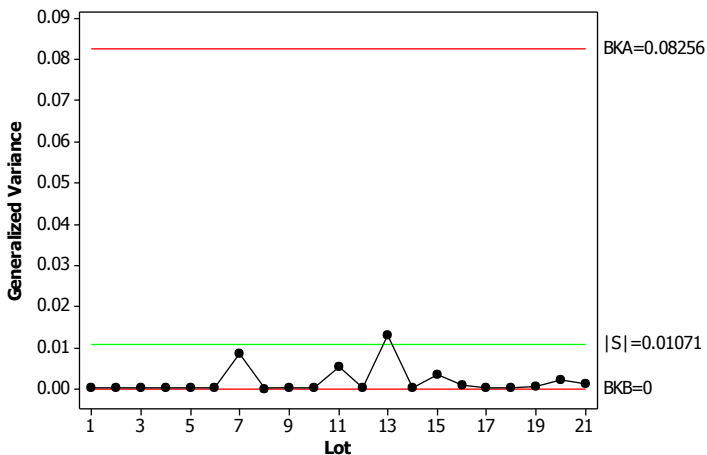
H_0 ditolak jika proporsi d_{jk}^2 yang kurang dari $\chi_{2;(0,5)}^2$ mendekati 50%. Dengan menggunakan macro distribusi normal multivariat pada Lampiran 3, statistik uji pada Persamaan (2.5), dan menggunakan data pada Lampiran 1 diperoleh *output* yang ditunjukkan pada Lampiran 4 yaitu diperoleh nilai proporsi d_{jk}^2 yang kurang dari $\chi_{2;(0,5)}^2$ sebesar 0,587. Kemudian, H_0 gagal ditolak karena proporsi d_{jk}^2 yang kurang dari $\chi_{2;(0,5)}^2$ mendekati 50%, sehingga, dapat disimpulkan bahwa penyebaran variabel berat dan kekuatan berdistribusi normal multivariat.

4.2 Peta Kendali Proses Produksi Velg MS626

Untuk mengetahui apakah proses produksi velg terkendali, maka digunakan peta kendali *generalize varians* untuk mengendalikan varians dan T^2 *Hotteling* untuk mengendalikan rata-rata. Hasil analisis peta kendali produksi velg MS626 dapat dilihat sebagai berikut.

4.2.1 Peta Kendali *Generalize Varians*

Peta kendali *generalize varians* digunakan untuk mengendalikan varians proses produksi velg MS626 dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan menggunakan Persamaan (2.11), diperoleh hasil sesuai dengan Lampiran 5. Hasil analisis peta kendali *generalize varians* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



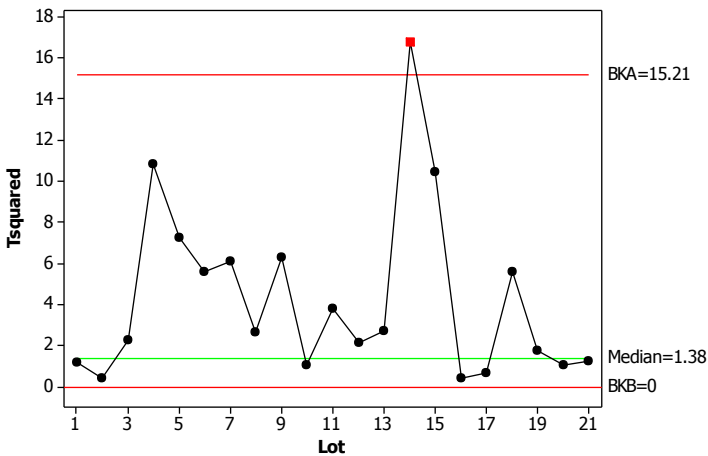
Gambar 4.2 Peta Kendali *Generalize Varians*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa varians hasil proses produksi menyebar secara acak di dalam batas kendali dan tidak ada yang keluar dari batas kendali, sehingga, dapat disimpulkan bahwa varians proses produksi velg MS626 sudah terkendali secara statistik. Setelah varians terkendali, maka dilanjutkan

untuk analisis pengendalian rata-rata menggunakan peta kendali T^2 *Hotteling*.

4.2.2 Peta Kendali T^2 *Hotteling*

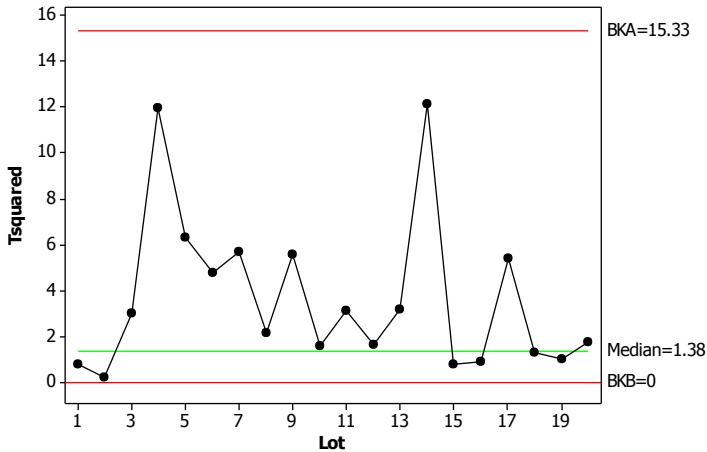
Peta kendali T^2 *Hotteling* digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses produksi velg MS626 dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan menggunakan Persamaan (2.19), diperoleh hasil sesuai Lampiran 6. Hasil analisis pengendalian rata-rata proses produksi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta Kendali T^2 *Hotteling*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata hasil proses produksi tidak menyebar secara acak di dalam batas kendali, karena ada pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke-14, sehingga, dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses produksi belum terkendali secara statistik. Pengamatan yang keluar dari batas kendali disebabkan oleh *assignable causes*, sehingga perlu dicari penyebabnya menggunakan diagram ishikawa, diagram ishikawa dapat dilihat pada Gambar 4.5, selanjutnya, pengamatan yang keluar dari batas kendali harus dihapus dan dibuat peta kendali untuk mengetahui rata-rata proses

produksi velg MS626 sudah terkendali atau tidak. Hasil iterasi ke-2 peta kendali T^2 *Hotteling* dapat dilihat pada Gambar 4.4.

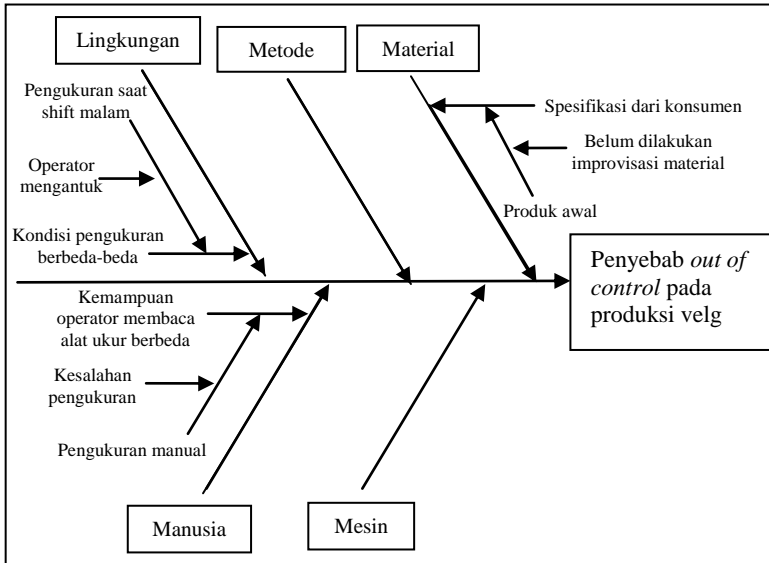


Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 *Hotteling* pada Iterasi ke-2

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa setelah dilakukan iterasi rata-rata proses produksi menyebar secara acak di dalam batas kendali dan tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga, dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses produksi terkendali secara statistik. Jadi, dapat dikatakan bahwa proses produksi velg MS626 sudah terkendali secara statistik karena varians dan rata-rata proses produksi sudah terkendali.

4.3 Diagram Ishikawa

Diagram *ishikawa* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan proses produksi tidak terkendali. Hasil analisis penyebab proses produksi tidak terkendali dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram Ishikawa Proses Produksi velg MS626

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penyebab utama pada faktor manusia adalah kesalahan pengukuran oleh operator karena pengukuran dilakukan secara manual, sedangkan kemampuan operator dalam membaca alat ukur berbeda-beda, disarankan perusahaan mengadakan pelatihan atau sosialisasi untuk menambah *skill* operator dalam membaca alat ukur atau bisa mengganti alat ukur manual dengan alat ukur digital. Penyebab utama pada faktor material adalah belum dilakukan improvisasi pada material untuk mengurangi berat velg karena produk yang dibuat adalah produk awal yang sesuai spesifikasi dari konsumen, sehingga, perlu dilakukan improvisasi untuk mengurangi berat velg agar menghemat biaya bahan baku. Penyebab utama pada faktor lingkungan adalah operator mengantuk karena kondisi pengukuran yang berbeda-beda dan pengukuran dilakukan saat malam hari, sehingga disarankan pengukuran dilakukan pada saat jam kerja normal yaitu pada siang hari atau dengan menambah waktu istirahat pada saat *shift* malam.

4.4 Indeks Kapabilitas Proses

Setelah proses produksi velg MS626 sudah terkendali secara statistik, maka dilanjutkan analisis kapabilitas proses secara multivariat. Proses dikatakan kapabel jika nilai C_p lebih besar dari 1 sesuai Persamaan (2.21). Dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan macro indeks kapabilitas proses pada Lampiran 8, diperoleh hasil sesuai Lampiran 7 dimana didapatkan nilai C_p yaitu sebesar 1,2975 yang artinya bahwa proses produksi sudah kapabel. Perusahaan harus tetap mempertahankan nilai kapabilitas tersebut dengan terus menerus memantau sistem produksi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan harapan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Proses produksi velg MS626 sudah kapabel karena nilai C_p sebesar 1,2975.
2. Terdapat ketidaksesuaian pada hasil proses produksi velg MS626 yang disebabkan oleh kesalahan operator dalam pengukuran, operator yang mengantuk pada malam hari, dan belum dilakukan improvisasi pada material.

5.2 Saran

PT. Meshindo Alloy Wheel perlu melakukan pengawasan terhadap proses produksi velg MS626 karena masih terdapat ketidaksesuaian, meskipun proses produksi kapabel. Untuk memperbaiki ketidaksesuaian tersebut, perusahaan disarankan memberikan pelatihan untuk menambah *skill* operator, mengganti alat ukur manual dengan alat ukur digital, melakukan improvisasi, dan menambah jam istirahat saat *shift* malam.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Hamid, Abdul. 2011. *Identifikasi Faktor – Faktor Penyebab Kecacatan(Defect) pada Produk Velg Mobil Jenis Davino dengan Pendekatan Six Sigma di Pt. Prima Alloy Stell Sidoarjo*. Surabaya: UPN.
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2015. *Manajemen Operasi Buku 1 Edisi 9*. Jakarta: Salemba Empat.
- Johnson dan Wichern, 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kotz, Samuel dan Norman L. Johnson. 1993. *Process Capability Indices*. New York: Chapman & Hall.
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran Berat dan Kekuatan Velg MS626

Lot	Subgrup	Weight Wheel (Kg)	Tensile Strang (Kgf/mm ²)
1	1	5,4	29,5
	2	5,43	29,15
	3	5,44	30,78
2	1	5,44	30,02
	2	5,43	29,93
	3	5,44	29,15
3	1	5,44	29,73
	2	5,54	31,51
	3	5,5	30,48
4	1	5,51	38,02
	2	5,54	30,68
	3	5,55	28,52
5	1	5,36	28,68
	2	5,45	27,52
	3	5,35	28,68
6	1	5,36	28,22
	2	5,39	28,68
	3	5,43	29,02
7	1	5,41	28,49
	2	5,45	34,91
	3	5,4	34,91
8	1	5,405	28,49
	2	5,412	28,49
	3	5,43	29,5
9	1	5,38	30,45
	2	5,41	29,88
	3	5,36	29,03
10	1	5,36	30,45
	2	5,54	30,02
	3	5,54	29,93

Lampiran 1. Data Pengukuran Berat dan Kekuatan Velg MS626
(Lanjutan)

Lot	Subgrup	Weight Wheel (Kg)	Tensile Strangne (Kgf/mm2)
11	1	5,42	31,69
	2	5,42	27,52
	3	5,36	29,02
12	1	5,44	30,48
	2	5,39	30,02
	3	5,41	30,71
13	1	5,43	30,45
	2	5,48	29,15
	3	5,56	34,91
14	1	5,6	29,48
	2	5,49	31,51
	3	5,6	29,03
15	1	5,54	30,45
	2	5,63	34,91
	3	5,45	28,22
16	1	5,49	30,78
	2	5,43	30,71
	3	5,49	29,02
17	1	5,45	29,62
	2	5,47	29,48
	3	5,46	28,68
18	1	5,47	31,69
	2	5,43	38,83
	3	5,48	29,02
19	1	5,44	29,73
	2	5,46	30,71
	3	5,35	28,68
20	1	5,43	30,71
	2	5,43	26,87
	3	5,47	29,15
21	1	5,5	28,49
	2	5,51	29,62
	3	5,41	29,73

Lampiran 2. *Output* Dependensi Antar Variabel

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4.073
	df	1
	Sig.	.044

Lampiran 3. Macro Distribusi Normal Multivariat

```

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

```

Lampiran 4. Output Distribusi Normal Multivariat

Data Display

t 0.587302

distribusi data multinormal

Perhitungan manual :

Sampel ke-	d_{jk}	q	Sampel ke-	d_{jk}	q	Sampel ke-	d_{jk}	q
1	0,66	0,02	22	0,79	0,84	43	2,24	2,25
2	0,25	0,05	23	0,68	0,88	44	8,70	2,35
3	0,14	0,08	24	0,16	0,93	45	0,75	2,45
4	0,03	0,11	25	1,46	0,99	46	0,40	2,56
5	0,17	0,15	26	0,38	1,04	47	0,18	2,68
6	0,22	0,18	27	2,10	1,09	48	0,96	2,81
7	0,09	0,22	28	2,39	1,15	49	0,08	2,94
8	1,83	0,25	29	2,42	1,20	50	0,30	3,08
9	0,67	0,29	30	2,47	1,26	51	0,56	3,24
10	11,64	0,33	31	0,77	1,32	52	0,29	3,40
11	2,42	0,37	32	1,22	1,39	53	13,28	3,58
12	6,39	0,40	33	2,10	1,45	54	0,71	3,78
13	2,36	0,44	34	0,08	1,52	55	0,09	4,01
14	1,34	0,48	35	1,15	1,59	56	0,04	4,26
15	2,60	0,52	36	0,69	1,66	57	2,60	4,54
16	2,24	0,57	37	0,13	1,73	58	0,18	4,88
17	1,06	0,61	38	0,64	1,81	59	1,84	5,28
18	0,29	0,65	39	4,57	1,89	60	0,45	5,78
19	0,79	0,70	40	7,05	1,97	61	1,68	6,45
20	3,61	0,74	41	0,48	2,06	62	1,28	7,48
21	5,36	0,79	42	11,13	2,15	63	0,42	9,67

Lampiran 5. Output *Peta Kendali Generalize Varians*

Subgrup	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_{11}	S_{22}	S_{12}$	|S|$	BKA	BKB
1	5,42	29,81	0,00043	0,736	0,006	0,000279	0,083	0
2	5,44	29,70	0,00003	0,229	-0,001	0,000007	0,083	0
3	5,49	30,57	0,00253	0,799	0,029	0,001161	0,083	0
4	5,53	32,41	0,00043	24,799	-0,069	0,005973	0,083	0
5	5,39	28,29	0,00303	0,449	-0,024	0,000761	0,083	0
6	5,39	28,64	0,00123	0,161	0,009	0,000113	0,083	0
7	5,42	32,77	0,00070	13,739	0,021	0,009159	0,083	0
8	5,42	28,83	0,00017	0,340	0,005	0,000033	0,083	0
9	5,38	29,79	0,00063	0,511	0,006	0,000288	0,083	0
10	5,48	30,13	0,01080	0,077	-0,019	0,000473	0,083	0
11	5,40	29,41	0,00120	4,461	0,008	0,005293	0,083	0
12	5,41	30,40	0,00063	0,123	0,003	0,000067	0,083	0
13	5,49	31,50	0,00430	9,127	0,108	0,027494	0,083	0
14	5,56	30,01	0,00403	1,746	-0,055	0,004002	0,083	0
15	5,54	31,19	0,00810	11,603	0,201	0,053707	0,083	0
16	5,47	30,17	0,00120	0,993	-0,011	0,001075	0,083	0
17	5,46	29,26	0,00010	0,257	0,000	0,000026	0,083	0
18	5,46	33,18	0,00070	25,724	-0,089	0,010050	0,083	0
19	5,42	29,71	0,00343	1,031	0,037	0,002133	0,083	0
20	5,44	28,91	0,00053	3,730	0,003	0,001979	0,083	0
21	5,47	29,28	0,00303	0,471	-0,012	0,001276	0,083	0

Perhitungan manual :

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

$$= \frac{1}{(3-1)^2} (2)(1) = 0,5$$

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

$$= \frac{1}{(3-1)^{2 \times 2}} (2)(1)(3 \times 4 - 2 \times 1) = 1,25$$

$$\begin{aligned}
 |S| &= S_{11}S_{22} - S_{12}^2 \\
 &= 0,002 \times 4,815 - 0,07^2 = 0,01078
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKA &= \left(\frac{|S|}{b_1} \right) \left(b_1 + 3\sqrt{b_2} \right) \\
 &= \frac{0,01078}{0,5} (0,5 + (3)\sqrt{1,25}) = 0,083
 \end{aligned}$$

$$GT = b_1 \left(\frac{|S|}{b_1} \right) = |S| = 0,01078$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= \left(\frac{|S|}{b_1} \right) \left(b_1 - 3\sqrt{b_2} \right) \\
 &= \frac{0,01078}{0,5} (0,5 - (3)\sqrt{1,25}) = 0
 \end{aligned}$$

Lampiran 6. *Output* *Peta Kendali* T^2 *Hotteling*

Subgrup	\bar{X}_1	\bar{X}_2	S_{11}	S_{22}	S_{12}	T^2	BKA	BKB
1	5,42	29,81	0,00043	0,736	0,006	1,16	16,03	0
2	5,44	29,70	0,00003	0,229	-0,001	0,44	16,03	0
3	5,49	30,57	0,00253	0,799	0,029	2,30	16,03	0
4	5,53	32,41	0,00043	24,799	-0,069	11,16	16,03	0
5	5,39	28,29	0,00303	0,449	-0,024	7,48	16,03	0
6	5,39	28,64	0,00123	0,161	0,009	5,76	16,03	0
7	5,42	32,77	0,00070	13,739	0,021	5,91	16,03	0
8	5,42	28,83	0,00017	0,340	0,005	2,74	16,03	0
9	5,38	29,79	0,00063	0,511	0,006	6,34	16,03	0
10	5,48	30,13	0,01080	0,077	-0,019	1,05	16,03	0
11	5,40	29,41	0,00120	4,461	0,008	3,86	16,03	0
12	5,41	30,40	0,00063	0,123	0,003	2,08	16,03	0
13	5,49	31,50	0,00430	9,127	0,108	2,79	16,03	0
14	5,56	30,01	0,00403	1,746	-0,055	16,66	16,03	0
15	5,54	31,19	0,00810	11,603	0,201	10,60	16,03	0
16	5,47	30,17	0,00120	0,993	-0,011	0,43	16,03	0
17	5,46	29,26	0,00010	0,257	0,000	0,65	16,03	0
18	5,46	33,18	0,00070	25,724	-0,089	5,59	16,03	0
19	5,42	29,71	0,00343	1,031	0,037	1,76	16,03	0
20	5,44	28,91	0,00053	3,730	0,003	1,08	16,03	0
21	5,47	29,28	0,00303	0,471	-0,012	1,20	16,03	0

Lampiran 7. Output Indeks Kapabilitas Proses**Data Display**

chi 11.8290

Data Display

cp 1.29751

Lampiran 8. Macro Indeks Kapabilitas Proses

```

Macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.60 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv 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
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.60
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

```

Lampiran 8. Macro Indeks Kapabilitas Proses (Lanjutan)

```
print sbaru
let t1=5.53
let t2=31
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
print c.1-c.2
copy c.1-c.2 cm1
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 9. Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

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

Nama : Dina Alif Vatul Putri

NRP : 10611500000109

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

Sumber : PT. Meshindo Alloy Wheel

Keterangan : Data hasil proses produksi velg tipe MS626

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

Surabaya, 11 Mei 2018

Mengetahui,

Pihak Perusahaan Pemberi Data,


(NANANG MARDIYANTO)

NIP. 1995010301



Yang Membuat Pernyataan,



(Dina Alif Vatul Putri)

NRP. 10611500000109

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT)

NIP. 19610311 198701 2 001

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Dina Alif Vatul Putri atau lebih akrab dipanggil Dina. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir di kota Lamongan pada tanggal 02 Oktober 1997. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari TK Pembangunan I Plumpang, SDN Pembangunan I Plumpang, SMPN 1 Pucuk, SMAN 2 Lamongan. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan

tinggi yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan mengabil Jurusan Statistika Bisnis pada tahun 2015. Selama di perguruan tinggi, penulis aktif mengikuti pelatihan, kepanitiaan, dan organisasi. Organisasi yang penulis ikuti yaitu Himpunan Mahasiswa Diploma Statistika ITS sebagai staff Departemen Keilmiahan dan Keprofesian periode 2016/2017 dan sebagai ketua Departemen Komunikasi dan Informasi periode 2017/2018. Tahun pertama, penulis lebih aktif mengikuti pelatihan, sedangkan tahun kedua lebih aktif mengikuti kepanitiaan. Penulis memiliki motto dalam hidup yaitu *“If You Doing Good, Nothing To Loose”*.

Informasi dan komunikasi lebih lanjut dengan penulis dapat menghubungi :

Email : dina.avp@gmail.com
 Idline, Instagram : dinaavp
 Telepon (WA) : +6283832107793