



**TUGAS AKHIR - SS141501**

# **PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK TUNA KALENG DI PT. X MENGGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT**

**DWITA BENING SAFITRI  
NRP 0621 144 0000 007**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**





**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK TUNA KALENG DI  
PT. X MENGGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT**

**DWITA BENING SAFITRI  
NRP 0621 144 0000 007**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - SS141501**

**QUALITY CONTROL OF PRODUCT CANNED TUNA PT. X  
USING MULTIVARIATE CONTROL CHART**

**DWITA BENING SAFITRI  
SN 0621 144 0000 007**

**Supervisor  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMTICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK TUNA KALENG  
DI PT. X MENGGUNAKAN PETA KENDALI  
MULTIVARIAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Dwita Bening Safitri**  
NRP. 062114 4000 0007

Disetujui oleh Pembimbing  
**Dr. Muhammad Mashuri, M.T**  
NIP. 19620408 198701 1 001

( *Muhammad Mashuri* )

Mengetahui,  
Kepala Departemen

  
**Dr. Suhartono**  
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **PENGENDALIAN KUALITAS TUNA KALENG DI PT. X MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT**

**Nama** : Dwita Bening Safitri  
**NRP** : 0621 1440000 007  
**Departemen** : Statistika  
**Pembimbing** : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

### **Abstrak**

*PT. X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bisnis ikan tuna kaleng di Indonesia. Salah satu hasil yang diproduksi yaitu produk tuna kaleng untuk human food. Meskipun perusahaan telah berupaya menjaga kualitas produknya, namun pengendalian yang dilakukan tersebut masih sebatas menghitung nilai minimum. Dalam penelitian ini pengendalian kualitas yang dilakukan menggunakan empat variabel karakteristik kualitas, antara lain histamin, kadar garam, pH, dan vakum. Pengendalian kualitas secara multivariat dilakukan dengan menggunakan peta kendali  $T^2$ -hotelling dan Improved Generalized Variance. Pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase I sudah terkendali secara statistik dalam varians prosesnya, namun belum terkendali dalam rata-rata prosesnya. Dengan menggunakan batas kendali pada fase I didapatkan pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase II dalam varians dan rata-rata prosesnya belum terkendali secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pergeseran baik dalam varians maupun rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II. Selain itu juga didapatkan bahwa proses belum kapabel.*

**Kata Kunci** : *Improved Generalized Variance, Pengendalian Proses, PT. X,  $T^2$ -hotelling*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## QUALITY CONTROL OF PRODUCT CANNED TUNA PT. X USING MULTIVARIATE CONTROL CHART

**Name** : Dwita Bening Safitri  
**SN** : 0621 1440000 007  
**Department** : Statistika  
**Supervisor** : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

### **Abstract**

*PT. X is one of the canned tuna fish companies in Indonesia. One of the products produced by PT. X is canned tuna for human food.. Although the company has tried to maintain the quality of its products, but the control just by calculating the minimum value. In this study aims to performed quality control using four variable quality characteristics, such as histamine, salt content, pH, and vacuum. Multivariate quality control is performed using  $T^2$ -hotelling and Improved Generalized Variance control charts. The quality control of product X's production process in phase I is statistically controlled in the variance of the process, yet uncontrolled in the process average. Using the control limits in phase I obtained the quality control of the product X production process in phase II in variance and the process average was not statistically controlled. This indicates that there has been a process system change in both the variance and the average production process of product X in phase II. Capability proses also not capable.*

**Keywords** : **Improved Generalized Variance, Pengendalian Proses, PT. X, Quality Process,  $T^2$ -hotelling**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pengendalian Kualitas Produk Tuna Kaleng di PT. X Menggunakan Peta Kendali Multivariat”** dengan baik dan tepat pada waktunya. Pengerjaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu tercinta Nurhayati dan Bapak tersayang Moedji Hamtono atas doa, nasehat, motivasi, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suhartono, selaku Ketua Departemen Statistika dan Bapak Dr. Sutikno, M.Si selaku Koordinator Program Studi S1 yang telah menyediakan fasilitas guna kelancaran pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan serta memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S, Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si, dan Drs. Haryono, M.SIE selaku dosen penguji atas segala kritikan dan saran yang sangat membangun.
5. Ibu Dra. Wiwiek Setiajahu, M.S selaku dosen wali, serta seluruh dosen Statistika ITS yang telah memberikan segala ilmu, motivasi, dan nasehat yang bermanfaat bagi penulis.
6. Pihak PT. X yang telah membimbing serta membagi ilmu kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan Cariato, Dedi, Desi, Larasati, Anisa, Fatchi, Retno, Hepta, Intan, Insan, dan Izzan yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta doa bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman dekat Adzalia, Iftitah, Karina, Shafira, Yuni, Fadhilatul, Henny Ipi, Harsvella, Taufik, Abyan, serta keluarga IMAJAYA yang selalu memberikan doa serta dukungan bagi penulis.

9. Teman-teman PW 118, serta teman-teman Statistika ITS  $\Sigma 25$  yang senantiasa telah berjuang bersama.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Tugas akhir ini tentu tidak lepas dari kesalahan, oleh karena itu besar harapan penulis untuk dapat menerima saran dan kritik yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>TITLE PAGE .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Uji Korelasi Antar Variabel.....	7
2.2 Uji Normalitas Multivariat .....	8
2.3 Pengendalian Kualitas .....	9
2.3.1 Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> .....	10
2.3.2 Peta Kendali <i>T<sup>2</sup>-hotelling</i> .....	10
2.4 Identifikasi Penyebab Variabel Out of Control.....	12
2.5 Diagram Ishikawa.....	13
2.6 Analisis Kapabilitas Proses.....	14
2.7 Proses Produksi Produk Tuna Kaleng.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Sumber Data .....	21
3.2 Variabel Penelitian .....	21
3.3 Langkah Analisis .....	23

3.4 Diagram Alir.....	25
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Karakteristik Kualitas Produk Tuna Kaleng .....	27
4.2 Pengujian Asumsi .....	31
4.2.1 Uji Korelasi Antar Variabel.....	31
4.2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat .....	32
4.3 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tuna Kaleng Fase I .....	32
4.3.1 Pengendalian Kualitas Varians Proses Fase I .....	32
4.3.2 Pengendalian Kualitas Rata-Rata Proses Fase I.....	35
4.4 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tuna Kaleng Fase I .....	41
4.4.1 Pengendalian Kualitas Varians Proses Fase II .....	42
4.4.2 Pengendalian Kualitas Rata-Rata Proses Fase II .....	44
4.5 Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab <i>Out of Control</i> dengan Menggunakan Diagram Ishikawa .....	45
4.6 Kapabilitas Proses .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Ishikawa.....	13
<b>Gambar 2.2</b> Proses Produksi Produk Tuna Kaleng.....	16
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	25
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Penelitian (Lanjutan) .....	26
<b>Gambar 4.1</b> <i>Box Plot</i> Variabel Vakum Pada Fase I dan Fase II ...	27
<b>Gambar 4.2</b> <i>Box Plot</i> Variabel pH Pada Fase I dan Fase II.....	28
<b>Gambar 4.3</b> <i>Box Plot</i> Variabel Kandungan Garam Pada Fase I dan Fase II.....	28
<b>Gambar 4.4</b> <i>Box Plot</i> Variabel Histamin Pada Fase I dan Fase II	29
<b>Gambar 4.5</b> Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase I	35
<b>Gambar 4.6</b> Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase I.....	37
<b>Gambar 4.7</b> Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Pertama.	38
<b>Gambar 4.8</b> Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Kedua ...	40
<b>Gambar 4.9</b> Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Ketiga ...	41
<b>Gambar 4.10</b> Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase II.....	42
<b>Gambar 4.11</b> Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase II.....	43
<b>Gambar 4.12</b> Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase II.....	44
<b>Gambar 4.13</b> Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase II.....	45
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Ishikawa Produk Akhir Tuna Kaleng .....	46

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Variabel Penelitian .....	22
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data .....	23
<b>Tabel 4.1</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas Fase I .....	30
<b>Tabel 4.2</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas Fase II .....	30
<b>Tabel 4.3</b> Matriks Varians Kovarians Peta Kendali .....	33
<b>Tabel 4.4</b> Matriks D Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase I .....	34
<b>Tabel 4.5</b> Nilai <i>F</i> Peta Kendali <i>Improved Generalized Variance</i> Fase I .....	34
<b>Tabel 4.6</b> Nilai $T^2$ Peta Kendali $T^2$ -hotelling Fase I .....	36
<b>Tabel 4.7</b> Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> $T^2$ -hotelling Fase I .....	37
<b>Tabel 4.8</b> Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Perbaikan Pertama .....	39
<b>Tabel 4.9</b> Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Perbaikan Kedua .....	40
<b>Tabel 4.10</b> Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat .....	47

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Data Kualitas Produk Akhir Tuna Kaleng Fase I
- Lampiran 2.** Data Kualitas Produk Akhir Tuna Kaleng Fase I
- Lampiran 3.** Explorasi Data Fase I
- Lampiran 4.** Explorasi Data Fase II
- Lampiran 5.** Pengujian Dependensi antar Variabel
- Lampiran 6.** Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat
- Lampiran 7.** *Syntax* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I
- Lampiran 8.** *Output* Nilai *F* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I
- Lampiran 9.** *Syntax* Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling*
- Lampiran 10.** *Output* Nilai *T<sup>2</sup>* Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* Fase I
- Lampiran 11.** *Output* Nilai *T<sup>2</sup>* Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* Fase I Perbaikan Pertama
- Lampiran 12.** *Output* Nilai *T<sup>2</sup>* Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* Fase I Perbaikan Kedua
- Lampiran 13.** *Output* Nilai *T<sup>2</sup>* Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* Fase I Perbaikan Ketiga
- Lampiran 14.** *Syntax* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II
- Lampiran 15.** *Output* Nilai *F* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II
- Lampiran 16.** *Syntax* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Pertama
- Lampiran 17.** *Output* Nilai *F* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Pertama
- Lampiran 18.** *Syntax* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Kedua
- Lampiran 19.** *Output* Nilai *F* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Kedua

**Lampiran 20.** *Output* Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -*hotelling* Fase II

**Lampiran 21.** Indeks Kapabilitas Univariat

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PT. X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bisnis ikan tuna kaleng di Indonesia. Didirikan pada tahun 1991, PT. X mulai beroperasi secara komersial pada tahun 1992. Tujuan perusahaan adalah untuk memenuhi kebutuhan konsumsi ikan para pelanggan, sedangkan misi perusahaan adalah untuk membuat produk berkualitas tinggi dengan proses produksi yang ramah lingkungan. Sebagian besar produk PT. X merupakan produk ekspor menggunakan jaringan perdagangan dunia. Negara tujuan ekspor meliputi Jepang, Eropa, Timur Tengah, Kanada, dan Australia. Namun sejak tahun 2003 perusahaan berusaha menembus pasar dalam negeri yang meliputi Jawa dan Bali (PT.X, 2015).

Sebagian besar hasil produksi yang digunakan untuk keperluan ekspor mengharuskan PT. X untuk terus mempertahankan dan meningkatkan kualitas produknya. Kelancaran dan kesempurnaan dalam proses produksi perlu diperhatikan untuk mencapai tujuan tersebut. Pada tahun 2016, PT. X memperbarui sertifikat HACCP dari Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan. Hal ini membuktikan perusahaan senantiasa melakukan proses produksi dengan cara terbaik sehingga menghasilkan produk yang berkualitas. Kualitas merupakan kemampuan sebuah produk atau jasa untuk memenuhi pelanggan. Kualitas dapat dipandang sebagai pemenuhan standar pembuatan produk dengan benar sejak awal. Perusahaan dituntut untuk dapat menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pelanggan agar kepuasan pelanggan dapat tercapai. Sehubungan dengan hal itu, peningkatan kualitas perlu dilakukan karena sangat membantu perusahaan dalam meningkatkan produktivitas, penurunan *rework*, bahan yang terbuang, dan biaya garansi (Heizer & Render, 2009).

Salah satu hasil produk yang diproduksi oleh PT. X yaitu produk tuna kaleng untuk *human food*. Produk tersebut merupakan produk tuna kaleng dengan jenis ikan tuna *skipjack* serta menggunakan bahan tambahan minyak dan air garam. Produk ini merupakan salah satu produk yang paling sering diproduksi dengan tujuan ekspor Jepang. Permintaan produk tuna kaleng yang cukup tinggi menyebabkan kebutuhan bahan baku ikan tuna juga semakin meningkat. Namun dengan adanya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI tahun 2016 mengenai ukuran kapal yang diperbolehkan maksimal hanya 30 GT menyebabkan bahan baku ikan tuna semakin terbatas dan hanya bisa dikumpulkan dari nelayan-nelayan dalam skala kecil. Hal ini mempengaruhi variansi dari bahan baku yang digunakan, sehingga perlu dilakukan suatu pengendalian kualitas pada proses produksi agar PT. X tetap dapat menghasilkan produk sesuai permintaan pelanggan.

Pengendalian kualitas produk tuna kaleng yang dilakukan di PT. X terdiri dari pengendalian produk selama dalam proses dan pengendalian produk akhir. Pada pengendalian produk akhir dilakukan pengawasan mutu yang merupakan hal terpenting sebelum produk tersebut diterima pelanggan. Pengendalian kualitas produk akhir tuna kaleng terdiri dari pemeriksaan menggunakan sinar X (*X-ray*) dan pengambilan beberapa sampel untuk dilakukan pengujian laboratorium dengan standar tertentu yang telah ditetapkan perusahaan. Tindakan koreksi yang dilakukan yaitu melakukan pemisahan terhadap produk yang berada diluar standar dengan produk yang bagus untuk selanjutnya dianalisa. Apabila terdapat salah satu parameter yang tidak memenuhi standar maka produk *direject*. Pengendalian kualitas yang dilakukan tersebut hanya melalui pengendalian secara deskriptif dengan cara menghitung nilai minimum dari beberapa sampel dalam satu kali produksi. Meskipun dengan menggunakan pengendalian secara deskriptif tidak menyebabkan banyak produk keluar dari batas spesifikasi yang telah ditetapkan, namun hal ini menimbulkan beberapa kerugian bagi perusahaan. Apabila karakteristik kualitas tersebut terlampaui jauh dari batas spesifikasi perusahaan maka akan menambah biaya operasional yang



dikeluarkan. Oleh karena itu diperlukan suatu pengendalian kualitas secara statistik agar didapatkan proses produksi yang terkendali.

Salah satu alat yang digunakan untuk pengendalian kualitas secara statistik adalah peta kendali. Peta kendali terdiri dari garis tengah yang menyatakan nilai rata-rata, batas kendali atas, dan batas kendali bawah. Batas kendali ini merupakan nilai yang menentukan pengamatan *in control* atau *out of control*. Terdapat dua jenis peta kendali yaitu peta kendali univariat dan peta kendali multivariat. Peta kendali univariat digunakan untuk satu karakteristik kualitas, sedangkan peta kendali multivariat digunakan untuk dua atau lebih karakteristik kualitas (Heizer & Render, 2009). Pengamatan yang dilakukan secara univariat dapat diawasi menggunakan peta kendali  $I - mr$  dan peta kendali  $\bar{X} - R$ . Sedangkan pengamatan yang diukur secara multivariat dapat diawasi menggunakan peta kendali *generalized variace* untuk variabilitas proses dan peta kendali  $T^2$ -*hotelling* untuk rata-rata proses (Montgomery, 2013).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Mahendran (2005) yang menyatakan bahwa kadar histamin ikan tuna pada tahap penerimaan bahan baku di PT. Maya Muncar sudah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali univariat. Namun sebanyak 53 data dari 225 data atau sekitar 23,55% bahan baku tuna berada pada wilayah antara batas kontrol atas dan batas spesifikasi atas. Hal ini menjadi suatu indikasi awal yang menunjukkan bahwa kondisi proses hampir berada diluar kendali dan memberikan informasi dini yang memperingatkan sistem penerimaan bahan baku untuk segera dievaluasi dan diperbaiki. Hasil analisis kapabilitas proses menunjukkan bahwa kapabilitas proses penerimaan bahan baku ikan tuna belum kapabel karena nilai  $C_{pm}$  sebesar 0,6465 atau kurang dari 1. Selain itu didapatkan hasil bahwa varians nilai kadar histamin ikan tuna saat penerimaan bahan baku lebih besar dari toleransi batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan. Selain itu penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Devi, dkk (2016) yang menyatakan bahwa produksi pengolahan ikan pelagis beku di PT. Perikanan Nusantara (Persero) Cabang Benoa Bali belum terkendali secara statistik menggunakan peta kendali univariat. Didapatkan

selama tahun 2014, produksi ikan pelagis beku yang berada pada batas kendali hanya pada bulan Juni, Juli, September, Oktober, dan November. Hal tersebut menyatakan bahwa pengendalian mutu di perusahaan memerlukan adanya perbaikan. Selain itu didapatkan intensitas pengendalian mutu yang dilakukan perusahaan masih longgar, karena biaya mutu riil yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan biaya mutu yang seharusnya dengan selisih biaya dengan selisih biaya mutu yang sangat tinggi yaitu sebesar Rp 196.478.282 dan selisih tingkat kerusakan ikan yaitu sebesar 26.764 kg di tahun 2014.

Dalam penelitian ini pengendalian kualitas dari produk tuna kaleng diukur menggunakan empat variabel karakteristik kualitas, antara lain histamin, kadar garam, pH, dan vakum. Keempat variabel karakteristik kualitas tersebut saling berhubungan. Karena keempat variabel yang digunakan saling berhubungan serta data penelitian merupakan pengamatan individu maka metode yang digunakan adalah peta kendali multivariat  $T^2$ -hotelling. Peta kendali  $T^2$ -hotelling digunakan untuk mengendalikan vektor rata-rata dari dua atau lebih karakteristik kualitas yang saling berhubungan (Montgomery, 2013). Mason dan Young (2001) dalam *quality progress journal* mengatakan bahwa statistik  $T^2$  mampu menangkap adanya pergeseran proses dalam suatu sistem dengan baik. Kelebihan lainnya dari statistik  $T^2$ -hotelling yaitu relatif mudah untuk digunakan. Selain itu berdasarkan *quality engineering journal*, Prins & Mader (1997) juga mengatakan bahwa metode ini juga menarik untuk dikaji lebih lanjut karena kemiripannya dengan peta kendali. Seperti halnya melakukan pengendalian kualitas rata-rata proses, memonitoring variabilitas proses juga penting untuk dilakukan. Pengendalian kualitas varians proses dilakukan sebelum melakukan pengendalian rata-rata proses. Pada penelitian ini pengendalian varians proses dilakukan menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance*. Menurut Djauhari (2010) yang dikutip dari *international journal of engineering & technology*, peta kendali *Improved Generalized Variance* merupakan peta kendali multivariat yang digunakan untuk

mengendalikan variabilitas proses pada data pengamatan individu atau memiliki subgrup  $n = 1$ .

Pengukuran dilakukan pada periode Januari 2017 sampai September 2017 menggunakan dua fase dengan tujuan mengevaluasi kualitas produk akhir tuna kaleng pada periode tersebut serta melihat adanya pergeseran proses yang terjadi. Fase I digunakan untuk mengatur data yang berada diluar batas kendali (*out of control*), sedangkan fase II digunakan untuk mengevaluasi kualitas pada waktu yang akan datang untuk seterusnya akan tetap terkendali dengan menggunakan batas yang sebelumnya didapatkan pada fase I. Selain itu juga akan dilakukan analisis kapabilitas untuk mengukur kemampuan proses yaitu produk sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi PT. X pada pengendalian kualitas produk yang dihasilkan, khususnya produk tuna kaleng sehingga dapat terjadi peningkatan pada kualitas produk PT. X diwaktu yang akan datang.

## 1.2 Rumusan Masalah

PT. X merupakan perusahaan ikan tuna kaleng yang mempunyai target pasar dengan skala internasional. Salah satu produk yang paling sering diproduksi yaitu produk tuna kaleng dengan tujuan ekspor Jepang. Permintaan produk X yang cukup tinggi menyebabkan kebutuhan bahan baku ikan tuna juga semakin meningkat. Hal ini mempengaruhi variansi dari bahan baku yang digunakan, padahal spesifikasi produk akhir yang dihasilkan harus sesuai dengan permintaan dari pelanggan. Meskipun PT. X telah berupaya menjaga kualitas produknya dengan melakukan pengendalian kualitas, namun pengendalian yang dilakukan tersebut masih berupa pengendalian secara deskriptif dengan cara menghitung nilai minimum. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian kualitas produk akhir tuna kaleng secara statistik menggunakan peta kendali multivariat serta analisis kapabilitas proses produksi produk akhir tuna kaleng di PT. X

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah melakukan

pengendalian kualitas dalam rata-rata dan varians pada proses produksi produk akhir tuna kaleng berdasarkan karakteristik kualitas produk yang diukur serta memperoleh hasil analisis kapabilitas dalam proses pengolahan produk tuna kaleng di PT. X.

#### 1.4 **Manfaat**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi PT. X dalam melakukan pengawasan terhadap kualitas produk menggunakan metode statistika sehingga dapat meningkatkan kualitas produk dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan keilmuan statistika bagi pembaca mengenai pengendalian kualitas suatu produk.

#### 1.5 **Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah menggunakan 4 variabel dari 7 variabel karakteristik kualitas yang diukur pada produk akhir tuna kaleng yang diuji pada laboratorium kimia. Variabel tersebut antara lain vakum, pH, kandungan garam, dan histamin. Hal ini dikarenakan empat variabel tersebut merupakan karakteristik kualitas yang diutamakan oleh perusahaan dalam menentukan kualitas dari produk akhir tuna kaleng.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uji Korelasi Antar Variabel

Uji *Bartlett* bertujuan untuk mengetahui hubungan (korelasi) antar variabel kualitas dalam kasus multivariat. Variabel  $X_1, X_2, \dots, X_p$  dikatakan bersifat saling bebas (independen) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut

$H_0 : \boldsymbol{\rho} = \mathbf{I}$  (Matriks korelasi sama dengan matriks identitas atau antar variabel tidak ada korelasi)

$H_1 : \boldsymbol{\rho} \neq \mathbf{I}$  (Matriks korelasi tidak sama dengan matriks identitas atau antar variabel ada korelasi)

Statistik uji:

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

Keterangan:

$\chi^2$  = Statistik *Bartlett*

$m$  = Banyaknya pengamatan ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ )

$p$  = Banyaknya kualitas ( $j = 1, 2, 3, \dots, p$ )

$\mathbf{R}$  = Matriks korelasi antar variabel

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \cdots & r_{2p} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \cdots & r_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & r_{p1} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Daerah penolakan  $H_0$  yaitu apabila  $\chi^2 \geq \chi^2_{\left(\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)\right)}$  pada taraf

signifikansi  $\alpha$  atau  $P_{value} < \alpha$  sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antar variabel (Morisson, 1990).

## 2.2 Uji Normalitas Multivariat

Pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui data hasil pengamatan mengikuti distribusi normal atau tidak. Suatu pengamatan  $X_1, X_2, \dots, X_p$  berdistribusi normal multivariat dengan parameter  $\mu$  dan  $\Sigma$  jika memiliki fungsi densitas sebagai berikut (Razali & Wah, 2011).

$$f(X) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)' \Sigma^{-1}(X-\mu)} \quad (2.2)$$

Pengujian disribusi normal multivariat dilakukan dengan pengujian Saphiro Wilks menggunakan hipotesis sebagai berikut (Alva & Estrada, 2009).

$H_0 : F(x) = F_{W^*}(x)$  (Data berdistribusi normal multivariat)

$H_1 : F(x) \neq F_{W^*}(x)$  (Data tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik uji :

$$W_X = \frac{\left( \sum_{i=1}^m a_i x_i \right)^2}{\sum_p^m (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

Nilai  $a_i$  sebagai berikut.

$$a_i = \frac{t_i}{\sqrt{\epsilon}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$t_i$  = data pengamatan terurut

Variabel dikatakan mengikuti distribusi normal multivariat jika nilai statistik uji  $W_X$  mendekati 1, sebaliknya jika nilai statistik uji  $W_X$  kecil atau jauh dari 1 maka dikatakan tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Selain itu data dapat dikatakan berdistribusi normal multivariat jika  $P_{value} > \alpha$  pada tingkat signifikansi  $\alpha$ .

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas proses merupakan alat penyelesaian sebuah masalah untuk mencapai proses yang stabil serta mampu mengurangi variabilitas (Montgomery, 2013). Menurut Srinivasu et al (2009), tujuan dari *Statistical Process Control* (SPC) yaitu untuk menggambarkan variabilitas yang dapat dikendalikan atau tidak dapat dikendalikan. Salah satu alat SPC adalah peta kendali (*control chart*). Peta kendali merupakan metode statistik yang membedakan adanya variasi atau penyimpangan karena sebab umum dan sebab khusus.

Menurut Montgomery (2013), peta kendali terdiri dari tiga bagian yaitu batas kendali atas (*upper center line*), garis tengah (*center line*), dan batas kendali bawah (*lower center line*). Proses dikatakan dalam keadaan terkendali jika titik-titik pengamatan terletak didalam batas kendali, sebaliknya jika titik-titik pengamatan berada diluar batas kendali maka proses dikatakan tidak terkendali. Berdasarkan karakteristik kualitas, peta kendali dibedakan menjadi peta kendali atribut dan peta kendali variabel.

Peta kendali variabel adalah peta kendali yang digunakan untuk mengukur *mean* dan variabilitas proses dari suatu karakteristik kualitas, seperti dimensi, berat, atau volume. Peta kendali variabel dibagi menjadi peta kendali univariat dan peta kendali multivariat. Peta kendali univariat digunakan untuk satu karakteristik kualitas, sedangkan peta kendali multivariat digunakan untuk dua atau lebih karakteristik kualitas (Heizer & Render, 2009). Untuk mengendalikan rata-rata proses, peta kendali univariat dapat menggunakan peta kendali  $\bar{X} - R$  ataupun  $\bar{X} - S$ , sedangkan untuk kasus multivariat salah satunya dapat menggunakan peta kendali  $T^2$ -hotelling (Montgomery, 2013).

Melakukan pengendalian kualitas dengan peta kendali biasanya menggunakan dua fase. Fase I digunakan untuk mengumpulkan informasi dari pengamatan ketika proses berlangsung dalam keadaan normal. Pada fase I nilai batas limit baik untuk batas kendali atas maupun batas kendali bawah dihasilkan dari data pengamatan. Ketika terdapat pengamatan yang *out of control* maka perlu dicari penyebabnya, kemudian dihapus dan dihitung kembali. Pada fase II

dilakukan pengawasan menggunakan hasil perhitungan pada batas kendali fase satu yang sudah berada dalam keadaan *in control* (Montgomery, 2013).

### 2.3.1 Peta Kendali *Improved Generalized Variance*

Peta kendali *Improved Generalized Variance* merupakan peta kendali multivariat dengan pengamatan individu atau subgrup  $n = 1$  untuk mengendalikan variabilitas proses (Djauhari, 2010). Nilai statistik pada peta kendali *Improved Generalized Variance* berdasarkan nilai *frobenius norm* adalah sebagai berikut.

$$F = \sqrt{\text{Tr}(\mathbf{D}^2)} \quad (2.5)$$

dimana  $\mathbf{D} = \mathbf{SS}_{k+1} - \mathbf{SS}_k$

$\mathbf{SS}_k$  merupakan matriks varians kovarians yang didapatkan dari HDS (*Historical Data Set*) dan  $\mathbf{SS}_{k+1}$  didapatkan dari ADS (*Augmented Data Set*) yang dituliskan sebagai berikut (Mason, Chou, & Young, 2009).

$$\mathbf{SS}_k = (m-1)\mathbf{S}_k \quad (2.6)$$

$$\mathbf{SS}_{k+1} = (m+k-1)\mathbf{S}_{k+1} \quad (2.7)$$

Batas kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk peta kendali *Improved Generalized Variance* adalah

$$BKA = C\chi_{(\alpha, v)}^2 \quad (2.8)$$

$$\text{dengan } C = \frac{\text{Tr}(S_k^2)}{\text{Tr}(S_k)} \text{ dan } v = \frac{\{\text{Tr}(S_k)\}^2}{\text{Tr}(S_k^2)}$$

$$BKB = 0 \quad (2.9)$$

Jika nilai  $F$  melewati nilai BKA dan BKB maka dapat dikatakan proses tidak terkendali.

### 2.3.2 Peta Kendali *T<sup>2</sup>-hotelling*

Pengendalian kualitas statistik dengan peta kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* digunakan jika memiliki dua atau lebih karakteristik kualitas yang saling berhubungan. Peta kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* biasanya banyak



digunakan pada industri-industri manufaktur untuk mengendalikan kualitas suatu produk (Montgomery, 2013).

Peta kendali  $T^2$ -hotelling individu merupakan salah satu peta kendali multivariat berdasarkan pengamatan individu dengan subgrup  $n=1$ , pengamatan sebanyak  $m$ , dan karakteristik kualitas setiap pengamatan sebanyak  $p$ . Peta kendali ini mendeteksi pergeseran *mean* proses dengan menggunakan vektor *mean* sampel dan matrik kovariansi. Statistik uji yang digambarkan pada peta kendali  $T^2$ -hotelling untuk data individu adalah sebagai berikut.

$$T_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j) \quad (2.10)$$

Keterangan:

$\mathbf{x}_{ij}$  = Vektor pengamatan ke- $i$  variabel kualitas ke- $j$

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

$\mathbf{S}^{-1}$  = Invers, matriks varians kovarians dengan *successive difference* peta kendali  $T^2$ -hotelling individu dihitung dengan rumus

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(m-1)} \quad (2.11)$$

dimana

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}'_1 \\ \mathbf{v}'_2 \\ \vdots \\ \mathbf{v}'_{m-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)' \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)' \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)' \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, m-1$$

$\mathbf{V}_i$  adalah vektor selisih antara vektor data ke- $i$  dan vektor data ke- $i+1$  dan  $m$  adalah banyaknya pengamatan. Batas kendali untuk peta kendali  $T^2$ -hotelling dengan pengamatan individu pada fase I adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\left(\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2}\right)} \quad (2.12)$$

$$BKB = 0 \quad (2.13)$$

Keterangan:

$BKA$  = Batas Kendali Atas

$BKB$  = Batas Kendali Bawah

$p$  = Banyaknya karakteristik kualitas ( $j = 1, 2, \dots, p$ )

$m$  = Banyaknya pengamatan ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$\beta_{\left(\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2}\right)}$  merupakan nilai yang diperoleh dari tabel distribusi

Beta dengan taraf signifikansi  $\alpha$  yang ditetapkan oleh peneliti serta derajat bebas  $\frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2}$ . Apabila banyaknya sampel pengamatan besar atau  $m > 100$  maka taksiran batas kendali adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m-1)}{m-p} F_{\alpha, p, m-p} \quad (2.14)$$

$$BKB = \chi_{\alpha, p}^2 \quad (2.15)$$

dimana  $F_{\alpha, p, m-p}$  merupakan nilai yang diperoleh dari tabel  $F$  dengan taraf signifikansi  $\alpha$  yang ditetapkan oleh peneliti serta derajat bebas  $p, n-p$ .

#### 2.4 Identifikasi Penyebab Variabel Out of Control

Pada saat pengontrolan proses jika terjadi sinyal tidak terkontrol atau terkendali maka perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab terjadinya sinyal tidak terkontrol tersebut. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal tidak terkontrol adalah menguraikan statistik  $T^2$  kedalam komponen-komponen yang menunjukkan kontribusi dari masing-masing variabel individual, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Montgomery, 2013).

$$d_j = T_i^2 - T_{(j)}^2 \quad (2.16)$$

Keterangan:

$d_j$  = Indikator dari kontribusi relatif variabel ke- $j$  untuk keseluruhan statistik.

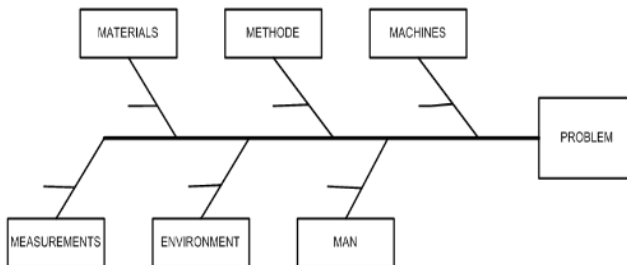
$T_i^2$  = Nilai statistik uji

$T_{(j)}^2$  = Nilai statistik uji tanpa variabel proses ke- $j$

Ketika terdapat sinyal *out of control* maka menghitung nilai  $d_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) dimana variabel yang memiliki nilai  $d_j$  yang paling besar dihitung terlebih dahulu. Jika  $d_j > \chi_{(\alpha,1)}^2$  maka variabel ke- $j$  tersebut adalah penyebab *out of control*.

## 2.5 Diagram Ishikawa

Diagram tulang ikan atau *fishbone* diagram adalah salah satu metode atau *tools* didalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram sebab-akibat atau *cause-effect* diagram. Diagram sebab akibat merupakan alat yang digunakan untuk mencari dan atau menganalisa penyebab timbulnya masalah sehingga memudahkan cara mengatasinya. Untuk memudahkan mencari faktor-faktor penyebab, pada umumnya faktor-faktor tersebut dikelompokkan kedalam enam faktor utama, yaitu 5M+1E yang terdiri dari *material*, *man*, *methods*, *machine*, *measurement*, dan *environment* (Montgomery, 2013).



Sumber: (Montgomery, 2013)

**Gambar 2.1** Diagram Ishikawa

Selain itu diagram ishikawa juga dapat digunakan sebagai pedoman untuk berdiskusi dan mengambil kebijakan sebagai penanganan kompleks (Gustami, 2011). Contoh diagram ishikawa dapat dilihat pada Gambar 2.1.

## 2.6 Analisis Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses merupakan suatu studi untuk menaksir kemampuan proses, yaitu produk sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum. Analisis kemampuan proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas. Untuk melihat kapabilitas proses maka diperlukan suatu ukuran kuantitatif proses yaitu indeks kapabilitas proses. Berdasarkan standar 3-sigma, suatu proses dikatakan kapabel apabila memiliki indeks kapabilitas lebih dari 1,33. Indeks kapabilitas proses ini dapat dinyatakan dalam berbagai perhitungan yang berbeda.

Indeks kapabilitas proses  $C_p$  merupakan indeks kualitas proses terhadap spesifikasi dengan rumus sebagai berikut.

$$C_p = \frac{BSA - BSB}{6\hat{\sigma}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

$BSA$  = Batas Spesifikasi Atas

$BSB$  = Batas Spesifikasi Bawah

$\sigma$  = Nilai standar deviasi

$\hat{\sigma}$  = Nilai standar deviasi sampel untuk proses terkontrol

$C_p$  = Indeks kapabilitas proses

Untuk spesifikasi satu arah digunakan  $C_{pu}$  dan  $C_{pl}$  dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pu} = \frac{BSA - \mu}{3s}, \quad C_{pl} = \frac{\mu - BSB}{3s} \quad (2.18)$$

Keterangan:

$BKA$  = Batas Spesifikasi Atas

$BKB$  = Batas Spesifikasi Bawah

$C_{pu}$  = Indeks kapabilitas proses atas

$C_{pl}$  = Indeks kapabilitas proses bawah

Indeks  $C_p$  tidak memperhitungkan perbedaan *mean* proses terhadap *mean* spesifikasi.  $C_{pk}$  merupakan perbaikan dari  $C_p$  dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.20)$$

Jika  $C_p = C_{pk}$  maka proses terpusat di *mean* spesifikasi, sedangkan jika  $C_p < C_{pk}$  maka proses tidak terpusat di *mean* spesifikasi.

Apabila proses dalam keadaan terkontrol atau telah stabil maka kapabilitas proses dihitung menggunakan  $C_p$  dan  $C_{pk}$ , dimana standar deviasi diestimasi menggunakan  $\sigma = R/d_2$ . Namun apabila proses tidak terkontrol atau belum stabil maka kapabilitas proses dihitung menggunakan  $P_p$  dan  $P_{pk}$ . Perhitungan indeks  $P_p$  menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6s} \quad (2.21)$$

Keterangan:

$P_p$  = Indeks kapabilitas proses

$s$  = Nilai standar deviasi sampel untuk proses tidak terkontrol dimana  $s$  dapat dihitung menggunakan rumus

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2.22)$$

Tingkat kemampuan untuk  $P_{pk}$  dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_{pk} = \min\left(\frac{BSA - \mu}{3s}, \frac{\mu - BSB}{3s}\right) \quad (2.23)$$

Perhitungan indeks  $P_p$  dan  $P_{pk}$  untuk data multivariat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MP_{pk} = \sum_{j=1}^p W_j P_{pk}(X_j) \quad (2.24)$$

$$MP_p = \sum_{j=1}^p W_j P_p(X_j) \quad (2.25)$$

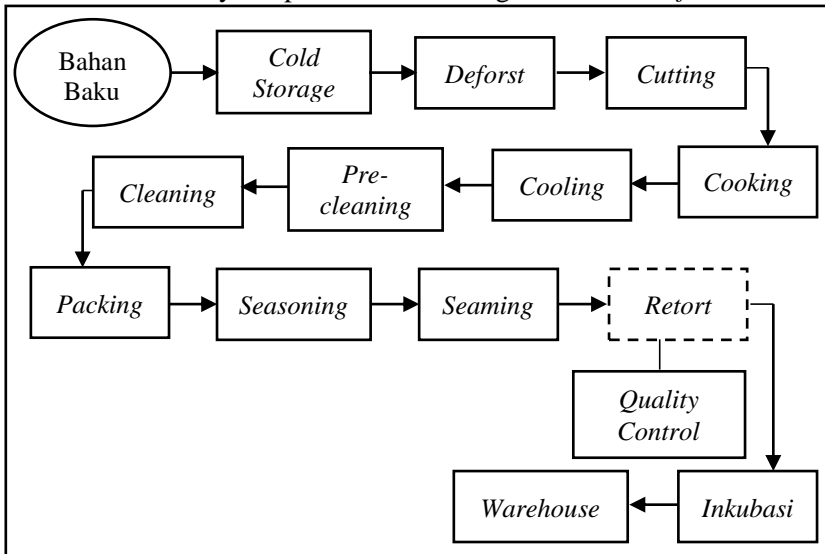
$MP_p$  dan  $MP_{pk}$  berturut-turut merupakan bentuk  $P_p$  dan  $P_{pk}$  dalam keadaan multivariat. Sedangkan  $W_j$  merupakan pembobot berdasarkan

kepentingan dengan  $\sum_{j=1}^p W_j = 1$ . Nilai pembobot  $W_j$  disesuaikan dengan

pembobot dari masing-masing variabel yang ditentukan oleh perusahaan. Jika tidak ada ketentuan maka pembobot dapat dianggap sama dengan membagi nilai 1 dengan jumlah variabel pengamatan (Raissi, 2009).

## 2.7 Proses Produksi Produk Tuna Kaleng

Proses produksi yang berlangsung di PT. X adalah *continous process*. Hal ini didasarkan pada proses produksi mulai tahap awal hingga tahap akhir dilakukan keseluruhan pada satu waktu tertentu dan tidak terputus-putus. Salah satu produk tuna kaleng yang diproduksi oleh PT. X yaitu produk tuna kaleng untuk *human food*.



Sumber: PT. X

**Gambar 2.2** Proses Produksi Produk Tuna Kaleng

Berdasarkan Gambar 2.2 Proses produksi produk tuna kaleng melalui beberapa tahapan, diantaranya penerimaan ikan dan penyimpanan beku dalam *cold storage*, pelelehan, pemotongan, pemasakan, pendinginan, pembersihan, pengemasan, pemberian bumbu, penghampaan dan penutupan, strelisasi, serta penggudangan.

*Cold storage* merupakan tempat penyimpanan ikan tuna sebelum dilakukan proses produksi. PT. X mempunyai dua *cold storage*, yaitu *cold storage* I dengan kapasitas 2000 ton dan *cold storage* II dengan kapasitas 1000 ton. Pada tahap ini juga dilakukan *sizing*, yaitu pemisahan ikan berdasarkan jenis dan ukuran. Pada produk tuna kaleng pada penelitian ini jenis ikan yang digunakan adalah jenis ikan tuna *skipjack*. Sistem penyimpanan yang digunakan pada *cold storage* adalah FIFO (*First In First Out*) sehingga ikan tuna yang masuk lebih dahulu juga akan digunakan terlebih dahulu.

*Defrost* (pelelehan) merupakan proses untuk mencairkan es pada ikan yang telah disimpan di *cold storage*. Tujuan dari proses tersebut adalah untuk memudahkan proses pemotongan (*cutting*). Proses *defrost* terdiri dari beberapa tahapan, antara lain *first water circulate*, *water soaking*, dan *second water circulate*. *First water circulate* berfungsi sebagai pencairan pertama dengan memasukkan ikan kedalam tangki yang dialiri air, *water soaking* merupakan proses perendaman yang berfungsi sebagai pencairan kedua, sedangkan *second water circulate* yaitu ikan dimasukkan kembali kedalam tangki yang dialiri air dengan tujuan menurunkan kadar garam. Produk tuna kaleng dengan jenis ikan tuna *skipjack* membutuhkan waktu pelelehan berkisar antara 40 menit sampai 2 jam tergantung ukuran ikan.

*Cutting* (pemotongan) merupakan proses pemotongan ikan yang berfungsi untuk membersihkan atau memisahkan jeroan ikan dan benda asing seperti tali, rafia, kail, dan lain-lain. Tujuan pembersihan jeroan agar tidak mempengaruhi rasa ikan, pada tahap *pre-cleaning* lebih bersih, hasil *fish juice* lebih bagus, serta ikan tidak cepat basi. Pada tahap ini juga dilakukan proses *cooking*. *Cooking* merupakan proses pemasakan ikan yang bertujuan untuk menghentikan atau memperlambat proses bekerjanya mikroba, enzim, dan parasit, serta mempermudah tahapan selanjutnya. Lama waktu pemasakan

tergantung pada jenis dan ukuran ikan. Ikan tuna jenis *skipjack* membutuhkan waktu pemasakan sekitar 40 menit sampai 2 jam tergantung dari ukuran dan kondisi ikan.

Sebelum proses *cooling* (pendinginan) dilakukan proses *showe-ring* terlebih dahulu. *Showe-ring* merupakan proses penyemprotan air pada ikan setelah proses *cooking*. Tujuan proses ini untuk mengurangi kegosongan pada ikan dan mempermudah proses selanjutnya. Setelah disiram air, ikan dimasukkan kedalam *cooling room* untuk menurunkan temperatur hingga 40°C-45°C.

Terdapat dua tahap pembersihan di PT. X yaitu tahap pembersihan awal (*pre-cleaning*) dan tahap pembersihan (*cleaning*). Tujuan *pre-cleaning* adalah menghilangkan bagian kepala, tulang bagian tengah, ekor, punggung, dan mengerik bagian kulit luar. Proses pengerikan dilakukan secara manual menggunakan pisau. Bagian-bagian tubuh ikan yang dibuang akan melewati *conveyor* menuju saluran pembuangan dan dijual untuk pakan ternak. Ikan yang sudah dibersihkan diletakkan dalam baki untuk dibersihkan lebih lanjut oleh bagian *cleaning*. Tujuan *cleaning* adalah membersihkan sisa-sisa kulit, duri yang masih menempel, serta memisahkan antara daging putih (*loin*) dengan daging merah. Hasil dari proses *cleaning* yaitu *loin*, *flake*, *shredded*, dan *read meat and waste*. Produk tuna kaleng pada penelitian ini terdiri atas 100% *flakes* dengan ukuran  $\pm 20$  mm.

Tahap pengemasan (*packing*) adalah proses pengisian daging ikan kedalam kaleng maupun kantung (*pouch*). Ukuran kaleng produk tuna kaleng pada penelitian ini adalah 301×102. Proses pengisian daging dalam kaleng untuk *flakes* dilakukan dengan cara menghancurkan daging ikan menggunakan mesin *flaker*. Kemudian daging ikan akan melewati *conveyor* untuk diambil duri, daging merah, serta sisik yang masih tersisa. Setelah itu akan dilakukan pemeriksaan menggunakan *metal detector* untuk mendeteksi apabila terdapat logam. Daging ikan akan dimasukkan secara otomatis oleh mesin *filling* dan diperiksa beratnya menggunakan *check weigher*. Produk tuna kaleng yang digunakan dalam penelitian memiliki berat sebesar 70 gram.



Daging ikan yang telah diisikan ke dalam kaleng akan diberi bumbu (*seasoning*) melalui kran-kran yang terdapat pada tangki penampungan. Bumbu pada produk tuna kaleng pada penelitian ini terdiri atas MSG, I+G, dan garam. Selain itu pada produk tersebut juga ditambahkan dengan minyak kedelai.

*Exhausting* atau *seaming* merupakan proses penghampaan dan penutupan kaleng yang dilakukan secara otomatis oleh mesin dengan cara *double seam*. Tujuan dari *seaming* adalah mencegah masuknya bakteri karena kaleng telah tertutup rapat.

Sterilisasi merupakan proses thermal pada suhu tinggi (lebih dari 100°C) dengan tujuan membunuh spora *pathogen* dan bakteri pembusuk sehingga produk aman serta mempunyai umur simpan yang panjang. Proses sterilisasi di PT. X menggunakan *retort* uap bertekanan tinggi. Setelah dikeluarkan dari *retort* dan didinginkan produk akan dimasukkan dalam ruang inkubasi.

Sebelum memasuki tahap inkubasi, produk terlebih dahulu diberi kode produksi, tanggal produksi, dan tanggal kadaluarsa dengan menggunakan mesin *jet print*. Setelah itu kaleng produk akan disusun pada *pallet* dan diinkubasi selama 7 hari. Inkubasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk benar-benar aman. Kaleng yang telah selesai diinkubasi dikeluarkan dari *pallet* dan diberi label secara otomatis yang memuat merk, berat, komposisi, diproduksi oleh, informasi nutrisi, dan tanggal kadaluarsa. Kaleng yang telah diberi label kemudian dimasukkan kedalam kardus dan diinkubasi kembali selama 1 minggu.

Setelah tahap sterilisasi, terlebih dahulu dilakukan *quality control* pada produk akhir tuna kaleng. Salah satu tindakan pengendalian mutu yang dilakukan adalah pemeriksaan produk dengan menggunakan sinar X (*X-ray*) untuk memeriksa ada tidaknya duri atau benda asing terutama logam yang terdapat pada produk. Selain itu dilakukan pengambilan sampel dari produk tuna kaleng ini sebanyak 10 sampel dari masing-masing lot untuk dilakukan pengujian laboratorium. Sampel ini selanjutnya disebut produk *open can* atau produk tuna yang telah melalui proses produksi dan telah dimasukkan dalam kaleng, yang nantinya dibuka kembali untuk dilakukan pengujian

laboratorium. Ada dua pengujian yang dilakukan, yaitu uji laboratorium fisika dan uji laboratorium kimia. Uji laboratorium fisika meliputi keadaan kantong, isi produk (tekstur, bau, dan warna), berat bersih, berat tekan, serta perbandingan air dan minyak. Kemudian dari 10 sampel tersebut dipilih 1 sampel untuk dilakukan pengujian pada laboratorium kimia, yang meliputi kandungan histamin, kandungan garam, pH, dan kevakuman produk. Tindakan koreksi yang dilakukan yaitu melakukan pemisahan terhadap produk yang berada diluar standar dengan produk yang bagus untuk selanjutnya dianalisa. Apabila terdapat salah satu parameter yang tidak memenuhi standar maka produk *direject*. Jika setelah diperiksa dan tidak ada variabel yang melewati batas spesifikasi maka produk akan disimpan di bagian *warehouse* untuk selanjutnya akan dikirim ke *buyer*.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Sumber data pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari data *open can* produk akhir tuna kaleng dari hasil pengujian laboratorium kimia oleh bagian *Quality Control* Analisa di PT. X. Data merupakan sampel yang diukur setiap kali melakukan produksi sesuai keinginan pelanggan atau *buyer*. Sampel yang diukur adalah produk akhir tuna kaleng yang diambil setelah proses sterilisasi di bagian *retort*. Periode data yang digunakan mulai dari bulan Januari 2017 – September 2017. Sampel yang digunakan pada penelitian hanya pada shift 1 dikarenakan produksi pada hari Jumat dan Sabtu hanya berlangsung pada shift 1 saja, sehingga data yang digunakan menjadi pengamatan individu. Data dibagi kedalam 2 fase yaitu fase I adalah data periode bulan Januari 2017 – Juli 2017, sedangkan fase II adalah data periode bulan Agustus 2017 – September 2017. Data terdiri dari beberapa variabel karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng yaitu vakum, pH, kandungan garam, dan histamin.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

##### **1. Vakum**

*Exhausting* merupakan proses penghampaan pada kaleng untuk memperoleh keadaan vakum. Tujuan penghampaan antara lain mengurangi tekanan dalam kaleng sehingga kaleng tidak pecah selama proses strelisasi, meniadakan oksigen untuk mengurangi kemungkinan oksidasi isi kaleng dan korosi, mengurangi kehidupan bakteri aerob, serta menjaga kandungan vitamin C (Murniyati & Sunarman, 2000)

##### **2. pH**

Golongan bahan pangan seperti sayuran yang tidak asam, sup, daging, ikan, dan unggas memiliki  $\text{pH} > 4,5$ . Bahan pangan tersebut harus dilakukan strelisasi pada suhu tinggi dibawah tekanan agar diperoleh strelitas yang memadai (Utami, 2012)

### 3. Kandungan garam

Garam merupakan bahan bakteriostatik untuk beberapa bakteri meliputi bakteri patogen dan bakteri pembusuk. Garam berfungsi sebagai pengawet dimana terjadi pengurangan kadar air bebas dalam bahan pangan melalui proses osmotik. Menurut Murniyati dan Sunarman (2000) larutan garam yang pekat akan menyerap air keluar dari tubuh ikan. Selain itu garam memiliki fungsi untuk menambah atau meningkatkan cita rasa dan memperpanjang masa simpan produk.

### 4. Histamin

Histamin adalah suatu senyawa hasil perombakan asam amino histidin bebas (*free amino acid*). Keracunan yang disebabkan oleh histamin atau yang disebut *Histamin Fish Poisoning* (HFP) terjadi setelah mengkonsumsi ikan yang mengandung histidin. Histidin bebas merupakan prekursor histamin yang menyebabkan keracunan pada manusia jika dikonsumsi (Mangunwardoyo, Sophia, & Heruwati, 2007). Gejala yang diakibatkan alergi histamin seperti sulit berfas, kulit merah atau panas, gatal-gatal, timbul lendir, kudis dan mata berair (Madigan & Martinko, 2006).

Keempat variabel merupakan variabel yang diukur dalam pengendalian kualitas produk akhir tuna kaleng yang saling berhubungan. Semakin tinggi kevakuman maka semakin rendah tingkat pH, semakin rendah tingkat pH menyebabkan semakin tinggi kandungan garam. Apabila kandungan garam tinggi maka akan menurunkan kandungan histamin. Variabel penelitian sesuai dengan uraian diatas disajikan dalam tabel sebagai berikut

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan	Spesifikasi
X <sub>1</sub>	Vakum	cmHg	8 – 16cmHg
X <sub>2</sub>	pH	-	5,6 – 6,5
X <sub>3</sub>	Kandungan garam	%	0,8 – 1%
X <sub>4</sub>	Histamin	ppm	≤ 30 ppm

Struktur data penelitian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Struktur Data

Fase	Pengamatan ( $i$ )	Karakteristik kualitas			
		$(j)$			
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
I	1	$X_{1(1)}$	$X_{1(2)}$	$X_{1(3)}$	$X_{1(4)}$
	2	$X_{2(1)}$	$X_{2(2)}$	$X_{2(3)}$	$X_{2(4)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	50	$X_{50(1)}$	$X_{50(2)}$	$X_{50(3)}$	$X_{50(4)}$
	51	$X_{51(1)}$	$X_{51(2)}$	$X_{51(3)}$	$X_{51(4)}$
II	52	$X_{52(1)}$	$X_{52(2)}$	$X_{52(3)}$	$X_{52(4)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$i$	$X_{i(j)}$	$X_{i(j)}$	$X_{i(j)}$	$X_{i(j)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	72	$X_{72(1)}$	$X_{72(2)}$	$X_{72(3)}$	$X_{72(4)}$

### 3.3 Langkah Analisis

Berikut adalah langkah-langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian

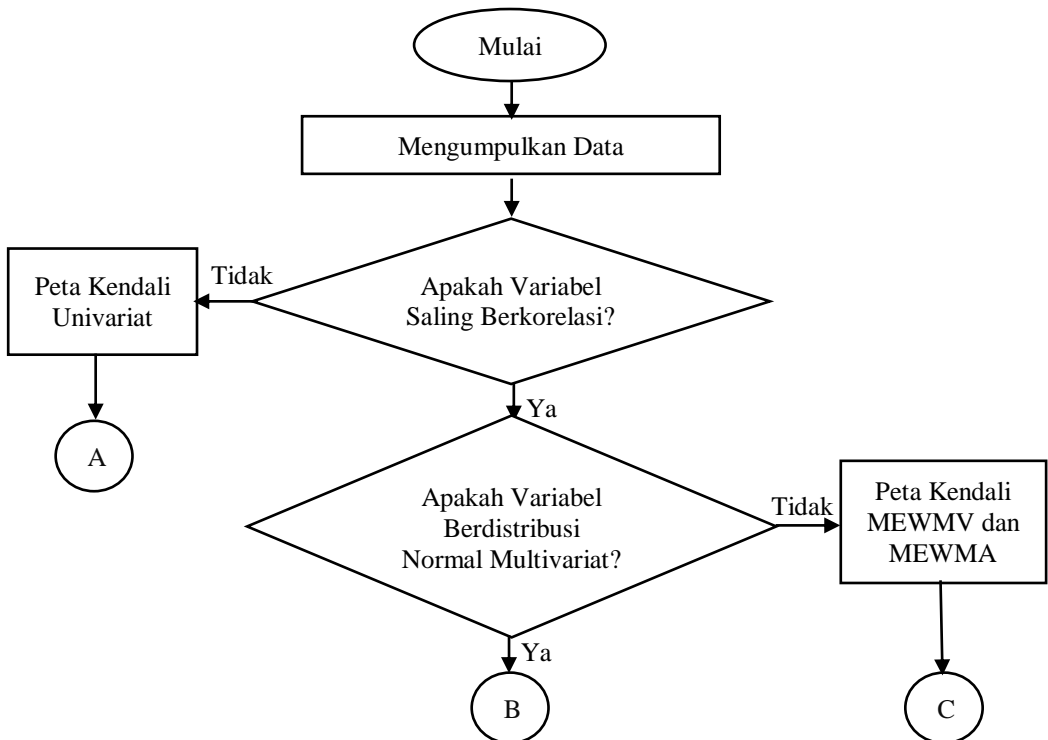
1. Melakukan eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik pada variabel vakum, pH, kandungan garam, dan histamin pada data produk akhir tuna kaleng.
2. Melakukan uji *Bartlett* pada variabel vakum, pH, kandungan garam, dan histamin untuk mengetahui korelasi antar variabel menggunakan persamaan (2.1).
3. Melakukan uji asumsi normal multivariat pada data vakum, pH, kandungan garam, dan histamin menggunakan *Saphiro Wilk's Test* untuk mengetahui data yang digunakan telah berdistribusi normal multivariat menggunakan persamaan (2.3).
4. Melakukan analisis menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* untuk memeriksa variabilitas proses dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menghitung nilai  $SS_k$  dan  $SS_{k+1}$  dengan menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7)
  - b. Menghitung nilai statistik uji  $F$  peta kendali *Improved Generalized Variance* pada masing-masing pengamatan dengan menggunakan persamaan (2.5)
  - c. Menghitung Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) pada peta kendali *Improved Generalized Variance* dengan menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9)
  - d. Memplotkan nilai statistik uji  $F$  yang didapatkan pada langkah (4b) pada batas-batas kendali pada langkah (4c)
  - e. Jika terdapat nilai  $F$  yang berada diluar batas kendali atau terdapat sinyal *out of control* maka pengamatan dikeluarkan, kemudian mengulangi langkah (4a) sampai (4e). Proses ini dihentikan jika peta kendali telah *in control*.
5. Melakukan analisis menggunakan peta kendali  $T^2$ -*hotelling* untuk memeriksa *mean* proses dengan langkah-langkah sebagai berikut.
- a. Menghitung matriks varians kovarians ( $\mathbf{S}$ ) dan invers matriks varians kovarians ( $\mathbf{S}^{-1}$ ) dengan menggunakan persamaan (2.11).
  - b. Menghitung nilai statistik uji  $T^2$ -*hotelling* individual pada masing-masing pengamatan dengan menggunakan persamaan (2.10)
  - c. Menghitung Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) pada peta kendali  $T^2$ -*hotelling* individual dengan menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13)
  - d. Memplotkan nilai statistik uji  $T^2$ -*hotelling* individual yang didapatkan pada langkah (5b) pada batas-batas kendali pada langkah (5c)
  - e. Jika terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali atau terdapat sinyal *out of control* maka pengamatan dikeluarkan dengan menggunakan persamaan (2.16), kemudian mengulangi langkah (5a) sampai (5e). Proses ini dihentikan jika tidak ada lagi sinyal *out of control*

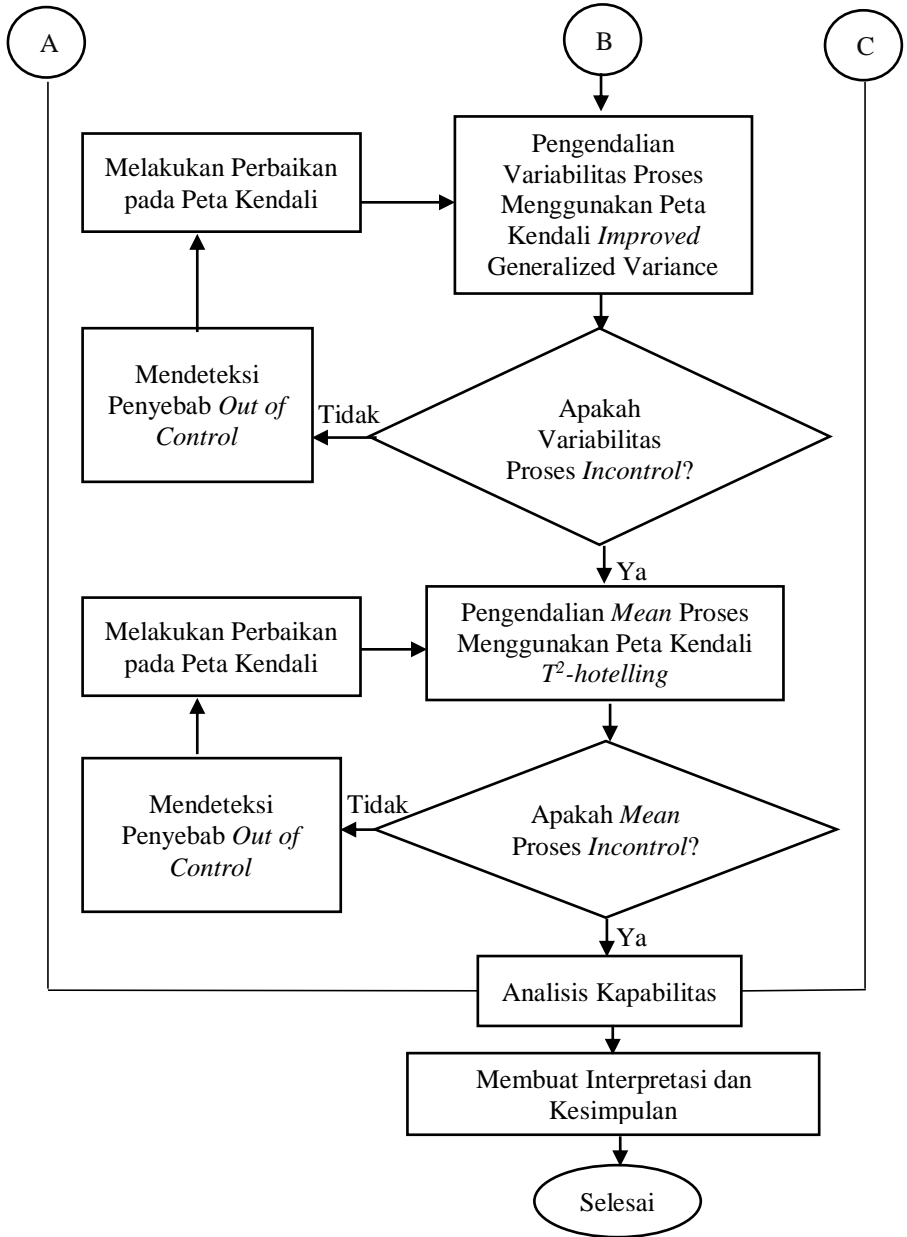
6. Mengidentifikasi faktor penyebab variabel *out of control* menggunakan diagram ishikawa
7. Melakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui proses yang dilakukan telah baik menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25)
8. Melakukan interpretasi serta mengambil kesimpulan dan saran

### 3.4 Diagram Alir

Langkah penelitian secara grafik dapat ditampilkan melalui diagram alir sebagai berikut.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

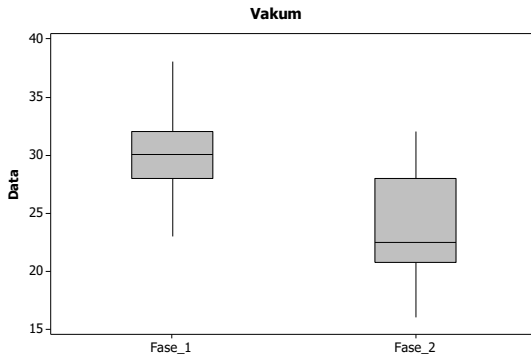


## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Produk tuna kaleng pada penelitian ini merupakan salah satu produk ikan tuna kaleng yang paling banyak diproduksi oleh PT. X dengan tujuan ekspor Jepang. Oleh karena itu diperlukan suatu pengendalian kualitas agar spesifikasi produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan permintaan pelanggan. Pada penelitian ini akan dilakukan pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng menggunakan empat karakteristik kualitas, yaitu vakum, pH, kandungan garam, dan histamin.

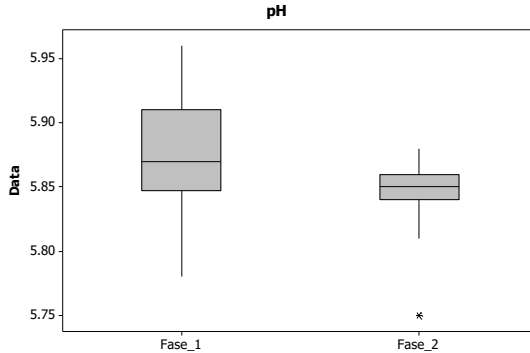
### 4.1 Karakteristik Kualitas Produk Tuna Kaleng

Karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng yang digunakan antara lain vakum, kandungan garam, pH, dan histamin. Untuk mengetahui gambaran umum dari keempat karakteristik kualitas tersebut maka dapat menggunakan statistika deskriptif. *Box plot* adalah salah satu cara dalam statistika deskriptif untuk menggambarkan secara grafik suatu data numerik. *Box plot* juga dapat digunakan untuk mendeteksi dan menggambarkan perubahan variasi dan lokasi antar kelompok yang berbeda.



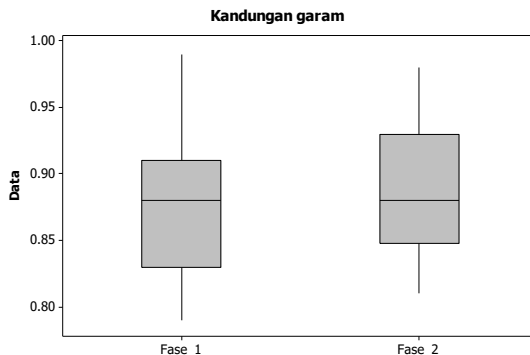
**Gambar 4.1** *Box Plot* Variabel Vakum Pada Fase I dan Fase II

Gambar 4.1 merupakan *box plot* dari variabel vakum produk akhir tuna kaleng pada fase I dan fase II berdasarkan data yang disajikan pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.



**Gambar 4. 2** *Box Plot* Variabel pH Pada Fase I dan Fase II

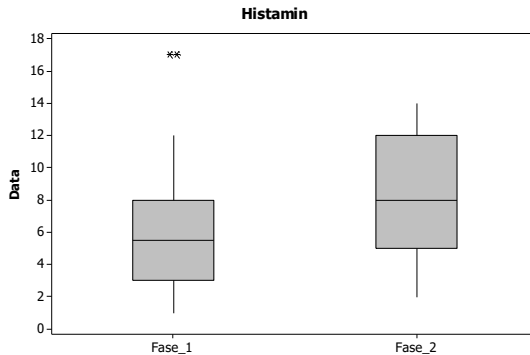
Rata-rata variabel pH produk akhir tuna kaleng pada fase I dan fase II cenderung memiliki nilai yang sama. Namun nilai varians variabel pH pada fase I lebih besar dibandingkan pada fase II seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.3** *Box Plot* Variabel Kandungan Garam Pada Fase I dan Fase II

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa varians dan rata-rata variabel kandungan garam produk tuna kaleng pada fase I dan fase II memiliki nilai yang cenderung sama. Selain itu dapat diketahui bahwa pada fase I kandungan garam yang berada dibawah nilai rata-rata

cenderung lebih banyak jika dibandingkan dengan kandungan garam yang berada diatas nilai rata-rata. Sebaliknya pada fase II, kandungan garam yang berada diatas nilai rata-rata cenderung lebih banyak jika dibandingkan dengan kandungan garam yang berada dibawah nilai rata-rata.



**Gambar 4.4** Box Plot Variabel Histamin Pada Fase I dan Fase II

Variabel histamin produk akhir tuna kaleng pada fase I dan fase II memiliki nilai varians yang berbeda. Varians pada fase II memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada fase I. Selain itu rata-rata variabel histamin pada kedua fase juga cenderung berbeda, yaitu rata-rata variabel histamin pada fase II lebih besar dibandingkan pada fase I seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Selain menggunakan *box plot*, statistika deskriptif juga dapat digunakan untuk mengetahui gambaran umum dari keempat karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng. Menurut Walpole (1995), statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif juga berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi (Sugiyono, 2007). Statistika deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini antara lain rata-rata, varians, nilai maksimum, dan nilai minimum. Rata-rata adalah jumlah seluruh data dibagi dengan banyaknya data, varians adalah suatu ukuran yang menunjukkan variabilitas atau sebaran suatu data,

minimum adalah nilai paling kecil dari data pengamatan, sedangkan maksimum adalah nilai paling besar dari data pengamatan.

Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 merupakan statistika deskriptif keempat variabel karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng pada fase I dan fase II.

**Tabel 4.1** Deskripsi Karakteristik Kualitas Fase I

Variabel	Rata-Rata	Varians	Min	Maks	Spesifikasi
Vakum	30,080	10,687	23,000	38,000	8 – 16cmHg
pH	5,875	0,002	5,780	5,960	5,6 – 6,5
Kandungan garam	0,875	0,002	0,790	0,990	0,8 – 1%
Histamin	5,860	13,225	1,000	17,000	≤ 30 ppm

**Tabel 4.2** Deskripsi Karakteristik Kualitas Fase II

Variabel	Rata-Rata	Varians	Min	Maks	Spesifikasi
Vakum	23,409	22,348	16,000	32,000	8 – 16cmHg
pH	5,847	0,001	5,750	5,880	5,6 – 6,5
Kandungan garam	0,885	0,003	0,810	0,980	0,8 – 1%
Histamin	7,909	14,944	2,000	14,000	≤ 30 ppm

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa pada periode fase I variabel vakum memiliki rata-rata diatas spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan. Hal ini diperkuat dengan adanya nilai pada variabel vakum yang berada diluar batas spesifikasi perusahaan dengan nilai maksimum sebesar 38 cmHg. Sedangkan untuk ketiga variabel kualitas lainnya masih berada pada batas spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan. Selain itu variabel vakum juga memiliki nilai varians paling tinggi, yaitu sebesar 10,867. Hal ini berarti tingkat penyebaran data terhadap rata-rata sampel pada variabel vakum lebih tinggi dibandingkan ketiga variabel kualitas lainnya. Hal tersebut juga hampir sama untuk periode fase II yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada fase II variabel vakum juga memiliki rata-rata diatas spesifikasi perusahaan, yaitu sebesar 23,409. Selain itu pada fase II variabel vakum juga memiliki nilai varians yang paling tinggi, yaitu sebesar

22,348. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel vakum memiliki variansi yang paling heterogen dibandingkan ketiga variabel karakteristik kualitas pH, kandungan garam, dan histamin pada fase I maupun fase II. Selain itu juga dapat dilihat bahwa variansi variabel histamin lebih besar dibandingkan nilai rata-ratanya. Artinya variabel histamin memiliki variansi yang heterogen dan terdapat kemungkinan bahwa data tidak berdistribusi normal. Hal ini bisa dikarenakan data pengamatan yang digunakan kurang banyak atau terdapat kesalahan pada saat pencatatan data, baik dari segi alat ukur yang digunakan maupun cara pengambilan sampel.

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa terjadi perbedaan rata-rata yang cukup besar pada variabel karakteristik kualitas antara fase I dan fase II. Hal ini mengindikasikan terjadi pergeseran rata-rata proses pada produk akhir tuna kaleng pada fase I dan fase II. Rata-rata variabel vakum dan pH pada fase I cenderung lebih besar dibandingkan pada fase II. Sebaliknya rata-rata variabel kandungan garam dan histamin pada fase I mengalami peningkatan jika dibandingkan pada fase II.

## **4.2 Pengujian Asumsi**

Pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng secara multivariat harus memenuhi asumsi berkorelasi antar variabel karakteristik kualitas yang digunakan serta memenuhi asumsi distribusi normal multivariat. Uji korelasi antar variabel digunakan untuk mengetahui hubungan (korelasi) antar variabel karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng. Sedangkan pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui data variabel karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng mengikuti distribusi normal multivariat atau tidak.

Berikut ini pengujian asumsi korelasi antar variabel dan distribusi normal multivariat pada karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng.

### **4.2.1 Uji Korelasi Antar Variabel**

Dalam penelitian ini, pengujian korelasi antar variabel menggunakan empat variabel karakteristik kualitas produk tuna kaleng, yaitu vakum, pH, kandungan garam, dan histamin dengan mengguna-

kan uji *Bartlett*. Berdasarkan persamaan 2.1 didapatkan nilai *chi-square* yang dihasilkan pada tingkat signifikansi 0,05 dan derajat bebas 6 sebesar 15,540. Nilai tersebut lebih besar daripada nilai *chi-square* tabel atau  $\chi^2_{(0,05;6)}$  yaitu 12,592. Selain itu juga didapatkan nilai *p-value* sebesar 0,016 atau lebih kecil dari taraf signifikansi  $\alpha(0,05)$  seperti disajikan pada Lampiran 5, sehingga didapatkan keputusan  $H_0$  ditolak. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa keempat variabel karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng saling berkorelasi.

#### 4.2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat

Selanjutnya juga dilakukan pengujian distribusi normal multivariat menggunakan uji Saphiro Wilks pada empat variabel karakteristik kualitas produk tuna kaleng. Keempat variabel karakteristik kualitas yang digunakan yaitu vakum, pH, kandungan garam, dan histamin. Berdasarkan persamaan (2.3) didapatkan nilai  $W_X$  sebesar 0,971 atau mendekati angka 1. Selain itu didapatkan nilai *p-value* sebesar 0,099 atau lebih besar dari taraf signifikansi  $\alpha(0,05)$  seperti disajikan pada Lampiran 6. Dari kedua pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa data karakteristik kualitas produk akhir tuna kaleng berdistribusi normal multivariat.

### 4.3 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tuna Kaleng Pada Fase I

Setelah asumsi dependensi antar variabel karakteristik kualitas dan distribusi normal multivariat terpenuhi, maka selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* dan *T<sup>2</sup>-hotelling*. Peta kendali *Improved Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan varians dari proses produksi, sedangkan peta kendali *T<sup>2</sup>-hotelling* digunakan untuk mengendalikan rata-rata dari proses produksi. Berikut ini merupakan pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase I.

#### 4.3.1 Pengendalian Kualitas Terhadap Varians Proses Fase I

Data yang digunakan adalah data pada fase I yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu 30 data pengamatan pertama disebut HDS

(*Historical Data Set*) dan 20 data pengamatan selanjutnya disebut ADS (*Augmented Data Set*) seperti pada Lampiran 1.

Selanjutnya menghitung nilai matriks varians kovarians dari data HDS dan data ADS.  $SS_k$  adalah matriks varians kovarians dari 30 data HDS yang dihitung menggunakan persamaan (2.6) sehingga didapatkan hasil seperti berikut.

$$SS_{30} = \begin{bmatrix} 536,299 & 48,801 & 0,844 & -1,532 \\ 48,801 & 321,467 & -0,260 & 0,448 \\ 0,843 & -0,261 & 0,699 & -0,007 \\ -1,531 & 0,446 & -0,007 & 0,031 \end{bmatrix}$$

**Tabel 4.3** Matriks Varians Kovarians Peta Kendali  
*Improved Generalized Variance Fase I*

<b>k</b>	<b>Matriks Varians Kovarians</b>			
1	$SS_{k+1} =$	$\begin{bmatrix} 546,840 & 50,289 & 0,988 & -1,378 \\ 50,289 & 321,678 & -0,239 & 0,469 \\ 0,990 & -0,240 & 0,071 & -0,005 \\ -1,380 & 0,471 & -0,005 & 0,033 \end{bmatrix}$		
2	$SS_{k+2} =$	$\begin{bmatrix} 546,874 & 51,125 & 0,987 & -1,377 \\ 51,125 & 340,876 & -0,267 & 0,467 \\ 0,988 & -0,266 & 0,071 & -0,005 \\ -1,376 & 0,496 & -0,005 & 0,033 \end{bmatrix}$		
$\vdots$		$\vdots$		
20	$SS_{k+20} =$	$\begin{bmatrix} 648,020 & 61,558 & 0,477 & -1,453 \\ 61,558 & 523,677 & 0,528 & 2,339 \\ 0,480 & 0,529 & 0,111 & 0,006 \\ -1,455 & 2,337 & 0,006 & 0,090 \end{bmatrix}$		

$SS_{k+1}$  adalah matriks varians kovarians dari 30 data HDS ditambah 1 data ADS,  $SS_{k+2}$  adalah matriks varians kovarians dari 30 data HDS ditambah 2 data ADS, dan seterusnya menggunakan persamaan (2.7) sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.3.

Kemudian menghitung nilai D dari masing-masing titik-titik pengamatan seperti pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Matriks D Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I

<b>k</b>	<b>D</b>
1	$SS_{k+1} - SS_{30} = \begin{bmatrix} 10,538 & 1,490 & 0,143 & 0,153 \\ 1,490 & 0,210 & 0,020 & 0,021 \\ 0,143 & 0,020 & 0,002 & 0,0021 \\ 0,153 & 0,021 & 0,002 & 0,002 \end{bmatrix}$
2	$SS_{k+2} - SS_{k+1} = \begin{bmatrix} 0,036 & 0,834 & -0,001 & 0,001 \\ 0,834 & 19,197 & -0,027 & 0,027 \\ -0,001 & -0,027 & 0,000 & -0,000 \\ 0,001 & 0,027 & -0,000 & 0,000 \end{bmatrix}$
⋮	⋮
20	$SS_{k+20} - SS_{k+19} = \begin{bmatrix} 15,203 & 8,192 & -0,096 & 0,375 \\ 8,192 & 4,414 & -0,052 & 0,202 \\ -0,096 & -0,052 & 0,000 & -0,002 \\ 0,375 & 0,202 & 0,002 & 0,009 \end{bmatrix}$

Nilai statistik pada peta kendali *Improved Generalized Variance* fase I berdasarkan nilai *frobenius norm* dihitung menggunakan persamaan (2.5) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5** Nilai *F* Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I

<b>Obs</b>	<b>F</b>
1	10.7537
2	19.234
3	68.3748
⋮	⋮
20	19.6282

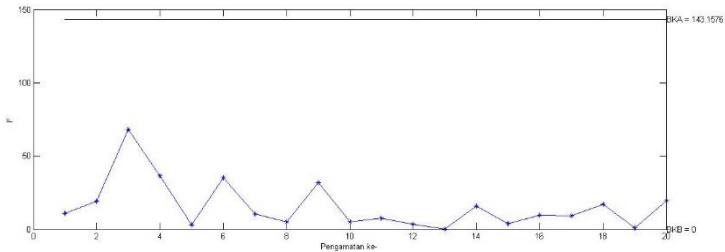
Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) peta kendali *Improved Generalized Variance* fase I menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9).

$$BKB = 0$$

$$BKA = 143,157$$



Selanjutnya langkah-langkah tersebut dapat dirangkum menggunakan program pada Lampiran 7 dan didapatkan nilai  $F$  seperti yang disajikan pada Lampiran 8. Sehingga peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase I adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.5** Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pengendalian kualitas varians proses produksi tuna kaleng pada fase I sudah terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan seluruh titik-titik pengamatan yang telah berada pada Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 143,157 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0. Batas kendali tersebut kemudian akan digunakan untuk batas kendali peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase II.

#### 4.3.2 Pengendalian Kualitas Terhadap Rata-Rata Proses Fase I

Setelah didapatkan pengendalian kualitas varians proses yang telah terkendali, maka selanjutnya akan dilakukan pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase I menggunakan peta kendali  $T^2$ -hotelling. Data yang digunakan merupakan data pengamatan yang telah terkendali dari hasil analisis variabilitas proses produksi tuna kaleng fase I yang disajikan pada Lampiran 1.

Berikut ini merupakan matriks varians kovarians pada peta kendali  $T^2$ -hotelling individu dengan *successive difference* menggunakan persamaan (2.11).

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} (\mathbf{X}_2 - \mathbf{X}_1)' \\ (\mathbf{X}_3 - \mathbf{X}_2)' \\ \vdots \\ (\mathbf{X}_{50} - \mathbf{X}_{49})' \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -3,000 & -1,000 & -0,030 & 0,040 \\ 3,000 & 1,000 & -0,040 & -0,090 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -5,000 & -2,000 & 0,090 & -0,060 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya menghitung nilai matriks  $(\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j)$  dari setiap pengamatan dan didapatkan hasil seperti berikut.

$$\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j = \begin{bmatrix} 0,140 & -2,080 & 0,024 & -0,015 \\ -2,860 & -3,080 & -0,005 & 0,024 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -3,860 & -2,080 & 0,024 & -0,095 \end{bmatrix}$$

Statistik uji yang digambarkan pada peta kendali  $T^2$ -hotelling untuk data individu dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I

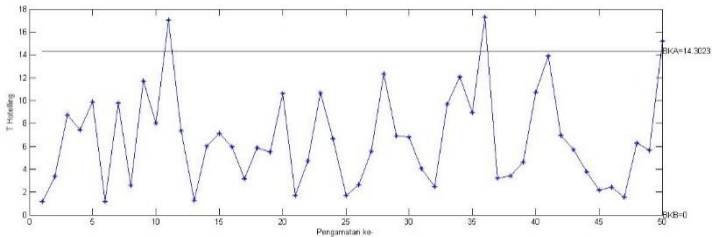
Obs	$T^2$
1	1,150
2	3,345
3	8,757
$\vdots$	$\vdots$
50	15,226

Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) peta kendali  $T^2$ -hotelling individu dihitung berdasarkan persamaan (2.12) dan (2.13) dan didapatkan hasil seperti berikut.

$$BKB = 0$$

$$BKA = 14,302$$

Langkah-langkah tersebut dapat dirangkum menggunakan program pada Lampiran 9 dengan titik-titik pengamatan yang didapatkan disajikan pada Lampiran 10. Berikut ini merupakan peta kendali  $T^2$ -hotelling individu pada fase I.



**Gambar 4.6** Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I

Pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase I belum terkendali secara statistik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 14,302 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0 masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali sehingga perlu dilakukan identifikasi penyebab titik-titik pengamatan tersebut keluar batas kendali.

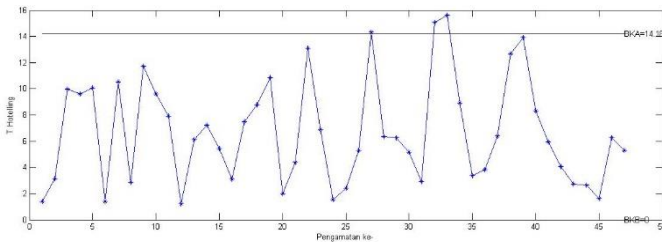
**Tabel 4.7** Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control*  $T^2$ -hotelling Fase I

Pengamatan Ke-	$T_i^2$	Variabel Kualitas	$T_{(j)}^2$	$d_j$	$\chi_{(0,0027;1)}^2$
11	17.0372	Histamin	7.3034	9,7338	8.99986
		Vakum	12.2374	4,7998	
		Kandungan garam	14.917	2,1202	
		pH	16.2303	0,8069	
36	17.3195	Histamin	17.1473	0,1722	8.99986
		Vakum	15.5628	1,7567	
		Kandungan garam	13.2426	4,0769	
		pH	7.3946	9,9249	
50	15.2268	Histamin	14.0908	1,136	8.99986
		Vakum	15.2219	0,0049	
		Kandungan garam	15.1777	0,0491	
		pH	2.0531	13,173	

Identifikasi penyebab variabel yang keluar batas kendali dilakukan secara manual menggunakan persamaan (2.16), dimana jika terdapat nilai  $d_j > \chi^2_{(\alpha,1)}$  maka variabel ke- $j$  tersebut merupakan penyebab *out of control*. Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa penyebab pengamatan ke-11 tidak terkendali adalah variabel histamin, sedangkan penyebab pengamatan ke-36 dan ke-50 tidak terkendali adalah variabel pH.

Setelah mengetahui faktor penyebab titik-titik pengamatan keluar batas kendali, maka selanjutnya membuat peta kendali  $T^2$ -*hotelling* yang baru dengan menghilangkan titik-titik penyebab *out of control* yaitu pengamatan ke-

11, ke-36, dan ke-50. Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa pengendalian rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase I perbaikan pertama belum terkendali secara statistik meskipun telah menghilangkan titik pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hal ini dikarenakan pada peta kendali  $T^2$ -*hotelling* fase I perbaikan pertama dengan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 14,181 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0 masih terdapat titik pengamatan yang berada diluar batas kendali, yaitu pengamatan ke-27, ke-32, dan ke-33.



**Gambar 4.7** Peta Kendali  $T^2$ -*hotelling* Fase I Perbaikan Pertama

Selanjutnya membuat peta kendali  $T^2$ -*hotelling* fase I perbaikan kedua dengan mengeluarkan titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali, yaitu pengamatan ke-27, ke-32, dan ke-33. Namun sebelumnya perlu dilakukan identifikasi penyebab titik-titik pengamatan tersebut keluar batas kendali yang dihitung secara manual menggunakan persamaan (2.16) dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini.

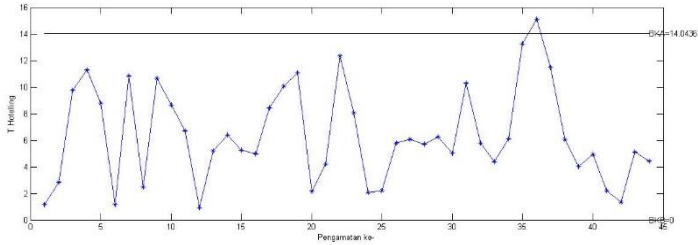
**Tabel 4.8** Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Perbaikan Pertama

Pengamatan Ke-	$T_i^2$	Variabel Kualitas	$T_{(j)}^2$	$d_j$	$\chi_{(0,0027;1)}^2$
27	14.3308	Histamin	14.2331	0,0977	8.99986
		Vakum	6.1214	8,2094	
		Kandungan garam	14.2403	0,0905	
		pH	10.3319	3,9989	
32	15.0751	Histamin	12.8698	2,2053	8.99986
		Vakum	4.432	10,643	
		Kandungan garam	14.6662	0,4089	
		pH	11.2132	3,8619	
33	15.6264	Histamin	14.8647	0,7617	8.99986
		Vakum	10.1469	5,4795	
		Kandungan garam	10.6616	4,9648	
		pH	9.8707	5,7557	

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa penyebab pengamatan ke-27 dan ke-32 tidak terkendali pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan pertama adalah variabel vakum. Sedangkan pada pengamatan ke-33 tidak terdapat variabel yang menyebabkan titik pengamatan keluar batas kendali karena nilai  $d_j < \chi_{(0,0027;1)}^2$ . Oleh karena itu dipilih variabel dengan nilai  $d_j$  yang paling mendekati  $\chi_{(0,0027;1)}^2$  atau sebesar 8,999. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebab pengamatan ke-27 tidak terkendali pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan pertama adalah variabel pH.

Setelah variabel penyebab titik-titik pengamatan tidak terkendali telah diketahui maka dilanjutkan dengan membuat peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan kedua dengan menghilangkan

pengamatan ke-27, ke-32, dan ke-33. Berdasarkan langkah-langkah yang sama seperti sebelumnya, dengan menggunakan program pada Lampiran 9 maka didapatkan nilai  $T^2$  seperti yang disajikan pada Lampiran 12. Berikut ini merupakan peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan kedua.



**Gambar 4.8** Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Kedua

Setelah menghilangkan pengamatan ke-27, ke-32, dan ke-33 didapatkan bahwa pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng fase I perbaikan kedua belum terkendali secara statistik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8. Hal ini dikarenakan pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan kedua dengan menggunakan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 14,0436 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0 masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, yaitu pengamatan ke-36. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi penyebab titik pengamatan ke-36 keluar batas kendali secara manual menggunakan persamaan (2.16).

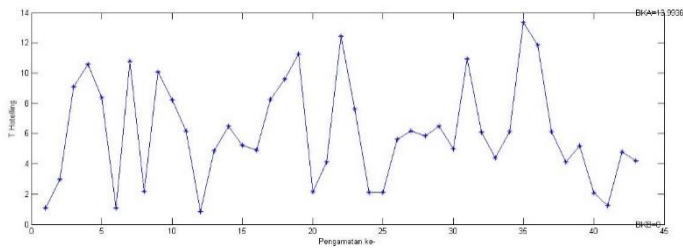
**Tabel 4.9** Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Perbaikan Kedua

Pengamatan Ke-	$T_i^2$	Variabel Kualitas	$T_{(j)}^2$	$d_j$	$\chi_{(0,0027;1)}^2$
36	15.1188	Histamin	15.0947	0,0241	8.99986
		Vakum	14.1105	1,0083	
		Kandungan garam	13.0064	2,1124	
		pH	1.8588	13,26	

Variabel pH menjadi penyebab pengamatan ke-36 tidak terkendali pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan kedua. Hal

ini dikarenakan nilai  $d_j > \chi^2_{(0,0027;1)}$  atau  $13,26 > 8,999$  seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Setelah menghilangkan titik pengamatan ke-36 maka dilanjutkan dengan membuat peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan ketiga. Nilai  $T^2$  yang didapat disajikan pada Lampiran 13 dengan menggunakan langkah-langkah yang sama seperti sebelumnya yang dirangkum pada Lampiran 9. Berikut ini merupakan peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I perbaikan ketiga.



**Gambar 4.9** Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Ketiga

Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase I perbaikan ketiga telah terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 13,9936 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0. Batas kendali tersebut kemudian akan digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II.

#### 4.4 Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tuna Kaleng Pada Fase II

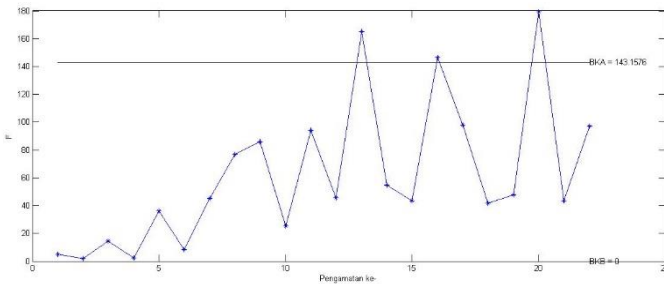
Setelah proses produksi tuna kaleng fase I dalam keadaan terkontrol pada variabilitas dan rata-rata prosesnya maka dilanjutkan dengan pengendalian kualitas pada fase II. Pengendalian kualitas pada fase II menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* dan  $T^2$ -hotelling dengan Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) yang didapatkan dari fase I yang sudah terkendali. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas pada fase II dan seterusnya yang nantinya diharapkan akan tetap terkendali dengan

menggunakan batas yang sebelumnya didapatkan pada fase I. Berikut ini merupakan pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase II.

#### 4.4.1 Pengendalian Kualitas Terhadap Varians Proses Fase II

Pengendalian kualitas varians proses produksi tuna kaleng pada fase II menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* dengan batas peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase I yang sudah terkendali. Data fase 2 yang digunakan disajikan pada Lampiran 2. Data terbagi menjadi dua bagian, yaitu 43 data pengamatan pertama disebut HDS (*Historical Data Set*) yang didapatkan dari data pengamatan peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I yang telah terkendali dan 22 data pengamatan selanjutnya disebut ADS (*Augmented Data Set*) yang merupakan data pengamatan pada fase II.

Titik-titik pengamatan yang digambarkan pada peta kendali *Improved Generalized Variance* fase II dihitung menggunakan langkah-langkah yang sama seperti pada sub bab 4.3.1. Dengan menggunakan program pada Lampiran 14 maka didapatkan nilai  $F$  seperti yang disajikan pada Lampiran 15. Berikut ini merupakan peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase II.



**Gambar 4.10** Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II

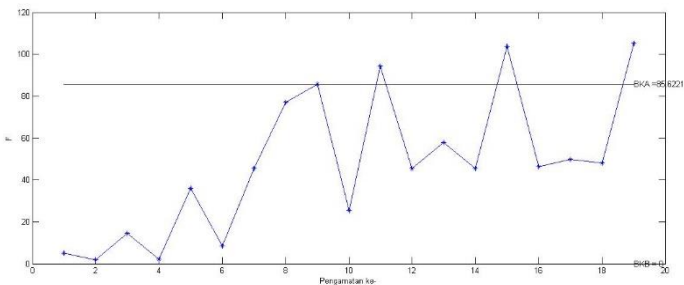
Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan batas kendali dari peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase I, masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali pada peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase II. Hal ini mengindikasikan telah terjadi



pergeseran variansi proses pada fase II. Secara visual juga dapat dilihat bahwa nilai titik-titik pengamatan cenderung naik pada akhir pengamatan sehingga dapat disimpulkan bahwa variansi proses produksi tuna kaleng pada fase II cenderung lebih besar dibandingkan pada fase I.

Titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali yaitu pengamatan ke-13, ke-16, dan ke-20 dengan menggunakan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 143,1576 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0 seperti yang disajikan pada Gambar 4.10. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi penyebab variabel karakteristik kualitas produk tuna kaleng yang keluar batas kendali tersebut.

Setelah penyebab titik pengamatan tidak terkendali telah diketahui maka dilanjutkan dengan membuat peta kendali *Improved Generalized Variance* fase II perbaikan pertama dengan menghilangkan pengamatan ke-13, ke-16, dan ke-20. Titik-titik pengamatan dalam peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase II perbaikan pertama dihitung menggunakan langkah-langkah yang sama seperti pada Lampiran 16 dan hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 17.



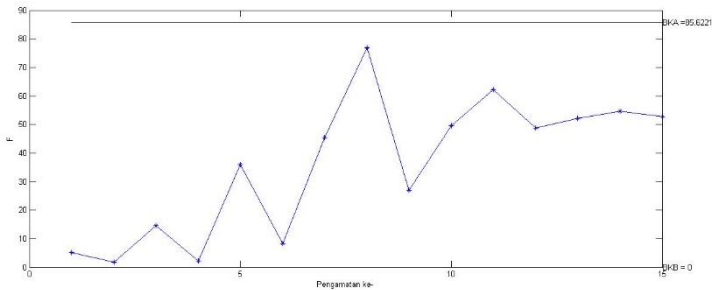
**Gambar 4.11** Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Pertama

Berdasarkan Gambar 4.11 didapatkan pengendalian variansi proses produksi tuna kaleng pada fase II perbaikan pertama belum terkendali secara statistik meskipun telah menghilangkan titik pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 85,6221 dan

Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0 masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, yaitu pengamatan ke-9, ke-11, dan ke-15.

Setelah penyebab titik pengamatan tidak terkendali telah diketahui, kemudian dilanjutkan dengan membuat peta kendali *Improved Generalized Variance* fase II perbaikan kedua dengan menghilangkan data yang keluar batas kendali, yaitu pengamatan ke-9, ke-11, dan ke-15. Dengan menggunakan langkah-langkah seperti sebelumnya yang dirangkum pada Lampiran 18, maka didapatkan nilai  $F$  seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 19. Peta kendali *Improved Generalized Variance* pada fase II disajikan pada Gambar 4.12.

Pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa pengendalian kualitas varians proses produksi tuna kaleng pada fase II perbaikan kedua telah terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapat titik-titik pengamatan yang keluar dari Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 85.6221 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0.



**Gambar 4.12** Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase II Perbaikan Kedua

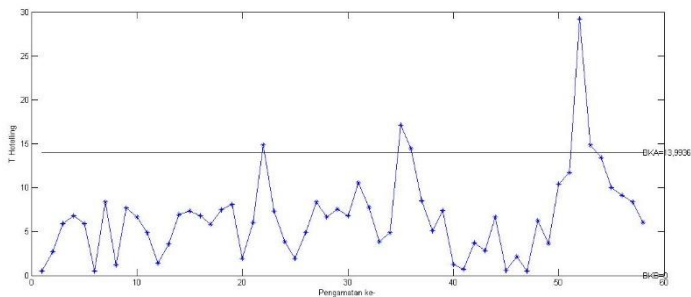
Setelah didapatkan pengendalian kualitas varians proses pada fase II yang telah terkendali, maka selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas rata-rata proses tuna kaleng pada fase II dengan menggunakan peta kendali  $T^2$ -hotelling.

#### 4.4.2 Pengendalian Kualitas Terhadap Rata-Rata Proses Fase II

Pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II menggunakan peta kendali  $T^2$ -hotelling. Data yang

digunakan merupakan data pengamatan dari hasil analisis variabilitas proses produksi tuna kaleng fase II yang telah terkendali dengan batas kendali dari peta kendali  $T^2$ -hotelling fase I yang telah terkendali. Titik-titik pengamatan yang digambarkan pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase II dihitung menggunakan langkah-langkah yang sama seperti pada sub bab 4.3.2 dan dirangkum pada Lampiran 9. Nilai statistik uji  $T^2$  yang dihasilkan disajikan pada Lampiran 20, kemudian dibuat peta  $T^2$ -hotelling pada fase II seperti pada Gambar 4.13.

Berdasarkan Gambar 4.13 didapatkan bahwa pengendalian kualitas rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II belum terkendali secara statistik. Hal ini dikarenakan masih terdapat titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali pada peta kendali  $T^2$ -hotelling fase II menggunakan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 13,9936 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0.



**Gambar 4.13** Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase II

Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa telah terjadi pergeseran rata-rata proses pada fase II. Nilai titik-titik pengamatan yang cenderung naik pada akhir pengamatan juga menjadi salah satu peringatan bagi perusahaan untuk segera memperbaiki proses produksi, dikarenakan hal ini berarti rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II cenderung lebih besar dibandingkan pada fase I.

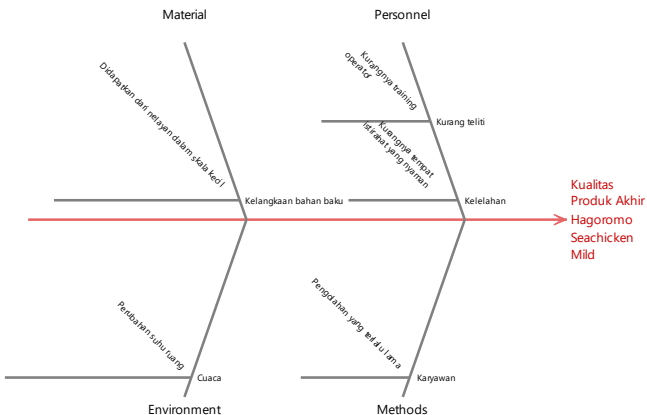
#### **4.5 Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Out of Control dengan Menggunakan Diagram Ishikawa**

Berdasarkan pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase II terhadap rata-rata prosesnya diketahui bahwa proses

belum terkendali secara statistik. Selain itu dari hasil identifikasi secara manual juga diketahui bahwa variabel karakteristik kualitas yang menjadi penyebab utama proses belum terkendali adalah variabel histamin, vakum, dan pH. Oleh karena itu akan dilakukan identifikasi faktor-faktor penyebab variabel karakteristik *out of control* menggunakan diagram ishikawa

Diagram ishikawa atau diagram sebab akibat adalah alat yang digunakan untuk mencari dan atau menganalisa penyebab timbulnya masalah sehingga memudahkan cara mengatasinya. Terdapat enam faktor penyebab utama, yang terdiri dari *material*, *man*, *methods*, *machine*, *measurement*, dan *environment*. Hasil identifikasi tersebut berdasarkan informasi dari pihak perusahaan dan disajikan pada Gambar 4.14.

Berdasarkan Gambar 4.14 diketahui bahwa faktor penyebab proses produksi tuna kaleng tidak terkendali adalah faktor *man*, *material*, *methods*, dan *environment*. Pada faktor *material* dipengaruhi oleh adanya perubahan pada bahan baku ikan yang digunakan. Bahan baku ikan tersebut dikumpulkan dari nelayan-nelayan dalam skala kecil sehingga variansi dari bahan baku juga tinggi. Hal ini sangat berpengaruh pada kadar pH dan histamin yang terkandung pada ikan.



**Gambar 4.14** Diagram Ishikawa Produk Akhir Tuna Kaleng

Selain itu, kadar pH dan histamin pada ikan juga dapat dipengaruhi oleh faktor *methods*, yaitu pengolahan yang terlalu lama. Kadar pH dan histamin dalam ikan akan semakin meningkat akibat mikroba yang cepat tumbuh apabila waktu pengolahan yang dilakukan terlalu lama. Pertumbuhan mikroba juga dipengaruhi oleh faktor *environment*, yaitu perubahan suhu ruang. Apabila suhu ruang tidak sesuai maka akan memicu tumbuhnya mikroba yang nantinya akan mempengaruhi kadar pH dan histamin pada ikan. Sedangkan pada faktor *man* disebabkan karena terkadang para karyawan kelelahan dan kurang teliti sehingga terjadi kesalahan pada saat proses vakum.

#### 4.6 Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses pada penelitian ini bertujuan untuk menaksir kemampuan dari proses produksi sudah kapabel atau belum serta mengetahui produk akhir tuna kaleng yang dihasilkan sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan atau belum. Proses produksi dikatakan kapabel ketika secara keseluruhan pengukuran dihasilkan telah berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan. Pada penelitian ini didapatkan rata-rata proses produksi tuna kaleng tidak terkendali secara statistik sehingga indeks kapabilitas yang digunakan adalah  $P_p$  dan  $P_{pk}$ . Hasil perhitungan indeks kapabilitas dihitung secara univariat dan multivariat. Indeks kapabilitas secara univariat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.21) dan (2.23) dan didapatkan hasil seperti Tabel 4.6.

**Tabel 4.10** Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat

Variabel	$P_p$	$P_{pk}$
Vakum	0,400	-1,250
pH	4,050	2,370
Kandungan garam	0,680	0,490
Histamin	1,480	0,620

Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui bahwa nilai  $P_p$  untuk variabel vakum sebesar 0,400, variabel pH sebesar 4,050, variabel kandungan garam sebesar 0,680, dan variabel histamin sebesar 1,480.

Sedangkan untuk nilai  $P_{pk}$  untuk variabel vakum sebesar -1,250, variabel pH sebesar 2,370, variabel kandungan garam sebesar 0,490, dan variabel histamin sebesar 0,620. Berdasarkan nilai  $P_p$  dan  $P_{pk}$  pada Tabel 4.10 dapat dikatakan bahwa proses produksi tuna kaleng belum kapabel dikarenakan masih terdapat nilai  $P_p$  dan  $P_{pk}$  yang lebih kecil dari 1.

Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kapabilitas secara multivariat. Indeks kapabilitas  $MP_p$  dihitung dengan menggunakan persamaan (2.26), sedangkan indeks kapabilitas  $MP_{pk}$  dihitung dengan menggunakan persamaan (2.27). Dikarenakan perusahaan tidak menentukan nilai pembobot untuk masing-masing variabel karakteristik kualitas, maka pada penelitian ini pembobot dianggap sama dengan membagi nilai 1 dengan jumlah variabel karakteristik kualitas yang digunakan, yaitu sebesar 0,333 untuk masing-masing variabel. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan indeks kapabilitas  $MP_p$  sebesar 2,181 atau lebih dari 1,333 artinya bahwa data produksi tuna kaleng memiliki presisi yang tinggi. Sedangkan nilai indeks  $MP_{pk}$  sebesar 0,739 atau kurang dari 1,333 artinya bahwa akurasi proses produksi tuna kaleng masih rendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi tuna kaleng belum kapabel.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengendalian kualitas varians proses produksi tuna kaleng pada fase I sudah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali *Improved Generalized Variance* dengan Batas Kendali Atas sebesar Atas (BKA) sebesar 143,157 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0. Sedangkan untuk pengendalian dalam rata-rata prosesnya belum terkendali secara statistik. Setelah dilakukan pembuangan pada titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali, maka didapatkan peta  $T^2$ -hotelling pada fase I yang telah terkendali dengan Batas Kendali Atas (BKA) sebesar 13,993 dan Batas Kendali Bawah (BKB) sebesar 0.
2. Pengendalian kualitas proses produksi tuna kaleng pada fase II dalam varians dan rata-rata prosesnya belum terkendali secara statistik. Selain itu juga didapatkan nilai titik-titik pengamatan yang cenderung naik pada akhir pengamatan baik pada peta kendali *Improved Generalized Variance* dan  $T^2$ -hotelling pada fase II. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pergeseran baik dalam varians maupun rata-rata proses produksi tuna kaleng pada fase II.
3. Analisis kapabilitas secara multivariat didapatkan bahwa proses produksi tuna kaleng memiliki presisi yang tinggi, namun akurasi masih rendah sehingga dapat disimpulkan bahwa proses belum kapabel.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapatkan, maka saran yang dapat diberikan antara lain.

1. Pihak perusahaan lebih mempertimbangkan variabel vakum, pH, dan histamin dalam proses produksi tuna kaleng. Perusahaan harus mampu meminimalisir faktor-faktor penyebab titik-titik pengamatan yang keluar batas kendali. Selain itu perusahaan

an harus lebih memperhatikan pengukuran sampel data kualitas proses produksi, baik dari segi alat ukur maupun cara pengambilan sampel sehingga data yang diperoleh lebih akurat. Perusahaan sebaiknya menetapkan *Standard Operating Procedure* (SOP) mengenai prosedur pengukuran sampel sehingga dapat meminimalisir kesalahan.

2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan data sampel hasil produksi tuna kaleng yang lebih banyak serta memeriksa kualitas data yang digunakan. Hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan bisa lebih representatif untuk menggambarkan proses produksi dari perusahaan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alva, J., & Estrada, E. (2009). A Generalization of Shapiro-Wilk's Test for Multivariate-Normality. *Communication in Statistics-Theory and Methods*, 38(11), 1870-1883.
- Devi, K. P., Suamba, I. K., & Artini, N. W. (2016). Analisis Pengendalian Mutu pada Pengolahan Ikan Pelagis Beku di PT Perikanan Nusantara (Persero) Cabang Benoa Bali. *E-Jurnal Agribisnis dan Agrowisata*, V(1).
- Djauhari, M. A. (2010). A Multivariate Process Variability Monitoring Based on Individual Observation. *Journal of Engineering & Technology*, IV(10), 91-96.
- Gustami, E. (2011). *Alat-Alat Perbaikan Kualitas*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Operations Management 9th Edition*. Jakarta: Salemba Empat.
- Mahendran, T. (2005). *Evaluasi Risiko Bahaya Keamanan Pangan (HACCP) Tuna Kaleng dengan Metode Statistical Process Control*. Bogor: Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Mason, R., & Young, J. (2001). Implementing Multivariate Statistical Process Control Using Hotelling's T<sup>2</sup> Statistics. *Quality Progress*, 71-73.
- Mason, R., Chou, Y., & Young, C. (2009). Monitoring Variation in A Multivariate Process When The Dimension is Large Relative to The Sample Size. *Communication in Statistics-Theory and Methods*(39), 939-2145.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. New Jersey: John Wiley Sons.
- Morrisson, D. F. (1990). *Multivariate Statistical Methods (Third Edition)*. New York: Mc Graw Hill Publishing Comfiney.
- Prins, J., & Mader, D. (1997). Multivariate Control Charts for Grouped and Individual Observations. *Quality Engineering*(38(3)), 49-57.
- PT.X. (2015). *Profile PT. X*. Retrieved Februari 07, 2018, from PT. X.

- PT.X. (2015). *Profile PT. X*. Retrieved Februari 07, 2018, from PT. X.
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International, Vol. 5, No. 9*, 2736.
- Razali, M., & Wah, Y. (2011). Power Comparisons of Saphiro-Wilks, Kolmogorov-Smirnov, Liliefors, and Anderson-Darling Test. *Journal of Statistical Modeling and Analysis, II(1)*, 21-23.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Kualitas Produk Akhir Tuna Kaleng Fase I

No	Histamin (ppm)	Vakum (cmHg)	Kandungan garam (%)	pH
1	6	28	0,9	5,86
2	3	27	0,87	5,9
3	6	28	0,83	5,81
4	3	26	0,81	5,84
5	4	30	0,79	5,83
6	6	28	0,9	5,86
7	5	30	0,99	5,85
8	8	28	0,89	5,84
9	12	28	0,87	5,8
10	6	28	0,95	5,82
:	:	:	:	:
30	1	28	0,84	5,92
31	9	30	0,91	5,91
32	6	34	0,86	5,87
33	7	38	0,89	5,92
34	5	36	0,95	5,93
35	4	30	0,94	5,93
:	:	:	:	:
46	8	28	0,91	5,85
47	8	28	0,9	5,86
48	10	30	0,87	5,82
49	7	30	0,81	5,84
50	2	28	0,9	5,78

**Lampiran 2. Data Kualitas Produk Akhir Tuna Kaleng Fase II**

No	Histamin (ppm)	Vakum (cmHg)	Kandungan garam (%)	pH
51	4	28	0,98	5,88
52	6	28	0,84	5,86
53	2	30	0,86	5,86
54	5	28	0,85	5,86
55	10	25	0,81	5,84
56	5	32	0,82	5,85
57	12	32	0,93	5,81
58	9	21	0,88	5,85
59	12	22	0,95	5,88
60	7	24	0,87	5,75
61	2	20	0,88	5,86
62	5	22	0,96	5,84
63	3	16	0,91	5,85
64	5	21	0,86	5,85
65	10	23	0,81	5,84
66	5	16	0,82	5,85
67	12	20	0,93	5,81
68	9	22	0,86	5,85
69	12	24	0,94	5,85
70	13	16	0,91	5,85
71	12	24	0,89	5,87
72	14	21	0,92	5,88

### Lampiran 3. Explorasi Data Fase I

#### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Variance
Histamin	50	1,0	17,0	5,860	13,225
Vakum	50	23,0	38,0	30,080	10,687
Kandungan garam	50	,79	,99	,8754	,002
pH	50	5,78	5,96	5,8752	,002
Valid N (listwise)	50				

### Lampiran 4. Explorasi Data Fase II

#### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Variance
Histamin	22	2,0	14,0	7,909	14,944
Vakum	22	16,0	32,0	23,409	22,348
Kandungan garam	22	,81	,98	,8855	,003
pH	22	5,75	5,88	5,8473	,001
Valid N (listwise)	22				

### Lampiran 5. Pengujian Dependensi antar Variabel

#### KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy,		,536
Bartlett's Test of Sphericity	Approx, Chi-Square	15,540
	df	6
	Sig,	,016

### Lampiran 6. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```
library(mvnormtest)
data=read.csv('e:/uji normal data TA.csv', header=T, sep=',')
x=t(data[1:72,1:4])
head(x)
mshapiro.test(x)
```

### Output:

```
> mshapiro.test(x)
      Shapiro-wilk normality test
Data:  Z
W = 0.9713, p-value = 0.0990
```

### Lampiran 7. Syntax Peta Kendali *Improved Generalized Variance* Fase I

```
clear all;
clc

%input data
data=xlsread('E:/IGV FASE 1.xlsx');
alpha=0.0027;
m=20;
F=zeros(20,1);

SHDS=cov(data(1:30,:));
%Langkah 2 : Menghitung Nilai Matrix Var Cov
for i=1:20
    SSADSk=(28+i)*cov(data(1:29+i,:));
    SSADSk1=(29+i)*cov(data(1:30+i,:));
    D=SSADSk1-SSADSk;
    F(i)=sqrt(trace(D^2));
end
F=F';
%Langkah 8

c=(trace(SHDS^2))/(trace(SHDS));
```

```

r=((trace(SHDS))^2)/(trace(SHDS^2));
ucl=c*(chi2inv(1-alpha,floor(r)));
lcl=0;

%Diagram kontrol
bka(1:20)=ucl;
bkb=zeros(20);

x=1:20;
y=F;
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('F')
text(20,ucl,'BKA = 143.1576')
text(20,lcl,'BKB = 0')

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:20
if(F(i)>ucl | F(i)<lcl)
o(i)=1; else o(i,1)=0;
end;
end;
out=sum(o)

%Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:20
if(F(i)>ucl) | (F(i)<lcl)
obs(i)=i; else obs(i)=0;
end;
end;
obs_out=obs;

```

**Lampiran 8.** *Output Nilai F Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase I*

Obs	F	Obs	F
1	10.7537	11	7.4254
2	19.234	12	3.6394
3	68.3748	13	0.17
4	36.3601	14	15.6802
5	3.2524	15	3.7833
6	35.1594	16	9.8591
7	10.5464	17	9.4385
8	5.1252	18	17.0478
9	32.1424	19	1.1707
10	5.2424	20	19.6282

**Lampiran 9.** *Syntax Peta Kendali  $T^2$ -hotelling*

```
%Program Peta Kendali T Hotelling Individu
clear all;
clc;

%Input Data
xdata=xlsread('E:/FASE 1.xlsx');

%Menghitung Peta Kendali T_Hotelling
alpha=0.0027;
[m,p]=size(xdata);

%Menghitung succesive difference V
for i=1:(m-1)
for j=1:p
k=i+1;
v(i,j)=xdata(k,j)-xdata(i,j);
end
end

%Menghitung Matriks Kovarians
```



```

vt=v';
s=(1/(2*(m-1)))*vt*v;
inv_s=inv(s);

%Menghitung Statistik T Hotelling
rata=mean(xdata);
for j=1:p
for i=1:m
    thot1(i,j)=xdata(i,j)-rata(1,j);
end
end
    thot2=thot1';
for i=1:m
    T(i,1)=thot1(i,:)*inv_s*thot2(:,i);
end

%Menghitung Batas Kontrol
a=p/2;
b=(m-p-1)/2;
ucl=((m-1)^2/m)*betainv((1-alpha),a,b)
lcl=0;

%Membuat Peta Kendali
for i=1:m
    bka(i,1)=ucl;
end
for i=1:m
    bkb(i,1)=lcl;
end

x=1:m;
y=T;
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-');
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('T Hotelling')
text(k,ucl,'BKA=13.9936')
text(k,lcl,'BKB=0')

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol

```

```

for i=1:m
    if (T(i,1)>ucl) | (T(i,1)<lcl);
        o(i,1)=1;else o(i,1)=0;
    end;
end;
    out=sum(o);

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:m
    if (T(i,1)>ucl) | (T(i,1)<lcl);
        obs(i,1)=i;else obs(i,1)=0;
    end;
end;
    obs out=obs;

```

**Lampiran 10.** *Output Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I*

Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$
1	1.1506	11	17.037	21	1.6755	31	4.0182	41	13.8848
2	3.3454	12	7.3572	22	4.745	32	2.4764	42	6.9603
3	8.7575	13	1.3013	23	10.657	33	9.6779	43	5.6932
4	7.4595	14	6.0015	24	6.648	34	12.069	44	3.7894
5	9.8821	15	7.128	25	1.7171	35	8.94	45	2.1405
6	1.1506	16	5.9939	26	2.6446	36	17.319	46	2.4068
7	9.7838	17	3.1716	27	5.5794	37	3.199	47	1.5408
8	2.5626	18	5.8453	28	12.361	38	3.4223	48	6.2984
9	11.719	19	5.4785	29	6.8924	39	4.618	49	5.6589
10	8.0127	20	10.624	30	6.7944	40	10.745	50	15.2268

**Lampiran 11.** *Output Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Pertama*

<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>
1	1.4075	11	7.9251	21	4.3559	31	2.8976	41	5.9183
2	3.1353	12	1.1969	22	13.069	32	15.075	42	4.0568
3	9.9869	13	6.1406	23	6.8949	33	15.626	43	2.7426
4	9.6217	14	7.235	24	1.5459	34	8.9075	44	2.6277
5	10.054	15	5.4481	25	2.3935	35	3.3636	45	1.6109
6	1.4075	16	3.0751	26	5.3162	36	3.836	46	6.2611
7	10.517	17	7.5155	27	14.330	37	6.4084	47	5.3104
8	2.8559	18	8.7979	28	6.3367	38	12.688		
9	11.707	19	10.833	29	6.2725	39	13.904		
10	9.5929	20	1.9973	30	5.1772	40	8.3301		

**Lampiran 12.** *Output Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Kedua*

<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>	<b>Obs</b>	<b><math>T^2</math></b>
1	1.1376	11	6.7056	21	4.2001	31	10.312	41	2.2177
2	2.849	12	0.9283	22	12.352	32	5.786	42	1.3276
3	9.7421	13	5.1894	23	8.0705	33	4.3739	43	5.1114
4	11.297	14	6.4077	24	2.0623	34	6.1334	44	4.4234
5	8.8129	15	5.2658	25	2.2057	35	13.247		
6	1.1376	16	4.981	26	5.8082	36	15.118		
7	10.852	17	8.4467	27	6.085	37	11.493		
8	2.4627	18	10.052	28	5.7116	38	6.0629		
9	10.654	19	11.051	29	6.2619	39	4.0008		
10	8.6561	20	2.1488	30	5.0231	40	4.9443		

**Lampiran 13.** *Output Nilai  $T^2$  Peta Kendali  $T^2$ -hotelling Fase I Perbaikan Ketiga*

Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$	Obs	$T^2$
1	1.0789	11	6.1833	21	4.135	31	10.935	41	1.2511
2	2.9912	12	0.8634	22	12.439	32	6.0906	42	4.7742
3	9.1029	13	4.8611	23	7.6414	33	4.4153	43	4.2102
4	10.592	14	6.4923	24	2.0919	34	6.1457		
5	8.3896	15	5.2391	25	2.1262	35	13.368		
6	1.0789	16	4.8992	26	5.6259	36	11.863		
7	10.798	17	8.279	27	6.1868	37	6.1507		
8	2.1996	18	9.6222	28	5.8569	38	4.1355		
9	10.076	19	11.250	29	6.5041	39	5.18		
10	8.2266	20	2.1357	30	4.9899	40	2.0676		

**Lampiran 14.** *Syntax Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II*

```
clear all;
clc

%input data
data=xlsread('E:/IGV FASE 2.xlsx');
alpha=0.0027;
m=22;
F=zeros(22,1);

SHDS=cov(data(1:43,:));
%Langkah 2 : Menghitung Nilai Matrix Var Cov
for i=1:22
    SSADSk=(41+i)*cov(data(1:42+i,:));
    SSADSk1=(42+i)*cov(data(1:43+i,:));
    D=SSADSk1-SSADSk;
    F(i)=sqrt(trace(D^2));
end
F=F';
```

```

ucl=143.1576;
lcl=0;

%Diagram kontrol
bka(1:22)=ucl;
bkb=zeros(22);

x=1:22;
y=F;
plot(x,y,'b*-','x',bka,'k-','x',bkb,'k-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('F')
text(22,ucl,'BKA = 143.1576')
text(22,lcl,'BKB = 0')

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:22
if(F(i)>ucl | F(i)<lcl)
o(i)=1; else o(i,1)=0;
end;
end;
out=sum(o)

%Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:22
if(F(i)>ucl) | (F(i)<lcl)
obs(i)=i; else obs(i)=0;
end;
end;
obs_out=obs;

```

**Lampiran 15.** *Output Nilai F Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II*

Obs	F	Obs	F
1	5.0888	12	45.6383
2	1.741	13	165.2162
3	14.621	14	54.5759
4	2.1693	15	43.5084
5	35.9995	16	146.6422
6	8.3654	17	98.0076
7	45.4153	18	41.8377
8	76.9612	19	47.6377
9	85.7381	20	179.3604
10	25.3778	21	43.6137
11	94.2954	22	97.3507

**Lampiran 16.** *Syntax Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II Perbaikan Pertama*

```
clear all;
clc

%input data
data=xlsread('E:/IGV FASE 2 REVISI 1.xlsx');
alpha=0.0027;
m=19;
F=zeros(19,1);

SHDS=cov(data(1:43,:));
%Langkah 2 : Menghitung Nilai Matrix Var Cov
for i=1:19
    SSADSk=(41+i)*cov(data(1:42+i,:));
    SSADSk1=(42+i)*cov(data(1:43+i,:));
    D=SSADSk1-SSADSk;
    F(i)=sqrt(trace(D^2));
end
F=F';
```

```

c=(trace (SHDS^2)) / (trace (SHDS)) ;
r=((trace (SHDS))^2) / (trace (SHDS^2));
ucl=c*(chi2inv(1-alpha,floor(r)));
lcl=0;

%Diagram kontrol
bka(1:19)=ucl;
bkb=zeros(19);

x=1:19;
y=F;
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('F')
text(19,ucl,'BKA =85.6221')
text(19,lcl,'BKB = 0')

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:19
if(F(i)>ucl | F(i)<lcl)
o(i)=1; else o(i,1)=0;
end;
end;
out=sum(o)

%Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:19
if(F(i)>ucl) | (F(i)<lcl)
obs(i)=i; else obs(i)=0;
end;
end;
obs_out=obs;

```

**Lampiran 17.** *Output Nilai F Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II Perbaikan Pertama*

Obs	F	Obs	F
1	5.0888	12	94.2954
2	1.741	13	45.6383
3	14.621	14	57.9828
4	2.1693	15	45.391
5	35.9995	16	103.8795
6	8.3654	17	46.2508
7	45.4153	18	49.8634
8	76.9612	19	48.2244
9	85.7381		
10	25.3778		

**Lampiran 18.** *Syntax Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II Perbaikan Kedua*

```
clear all;
clc

%input data
data=xlsread('E:/IGV FASE 2 REVISI 2.xlsx');
alpha=0.0027;
m=15;
F=zeros(15,1);

SHDS=cov(data(1:43,:));
%Langkah 2 : Menghitung Nilai Matrix Var Cov
for i=1:15
    SSADSk=(41+i)*cov(data(1:42+i,:));
    SSADSk1=(42+i)*cov(data(1:43+i,:));
    D=SSADSk1-SSADSk;
    F(i)=sqrt(trace(D^2));
end
F=F';
```



```

c=(trace (SHDS^2)) / (trace (SHDS)) ;
r=((trace (SHDS))^2) / (trace (SHDS^2));
ucl=c*(chi2inv(1-alpha,floor(r)));
lcl=0;

%Diagram kontrol
bka(1:15)=ucl;
bkb=zeros(15);

x=1:15;
y=F;
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('F')
text(15,ucl,'BKA =85.6221')
text(15,lcl,'BKB = 0')

%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:15
if(F(i)>ucl | F(i)<lcl)
o(i)=1; else o(i,1)=0;
end;
end;
out=sum(o)

%Pengamatan yang Keluar Batas Kontrol
for i=1:15
if(F(i)>ucl) | (F(i)<lcl)
obs(i)=i; else obs(i)=0;
end;
end;
obs_out=obs;

```

**Lampiran 19.** *Output Nilai F Peta Kendali Improved Generalized Variance Fase II Perbaikan Kedua*

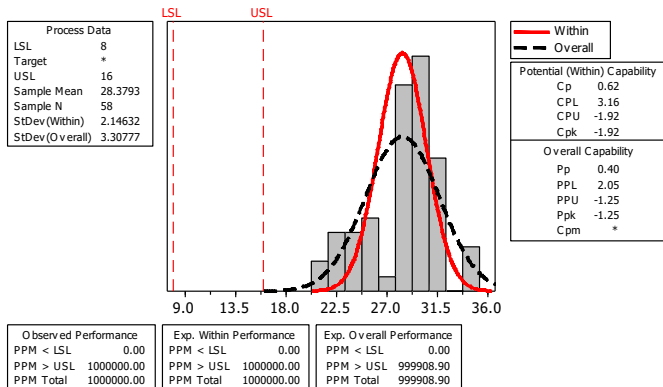
Obs	F	Obs	F
1	5.0888	11	62.2512
2	1.741	12	48.7187
3	14.621	13	52.225
4	2.1693	14	54.7482
5	35.9995	15	52.8558
6	8.3654		
7	45.4153		
8	76.9612		
9	26.9565		
10	49.5576		

**Lampiran 20.** *Output Nilai T<sup>2</sup> Peta Kendali T<sup>2</sup>-hotelling Fase II*

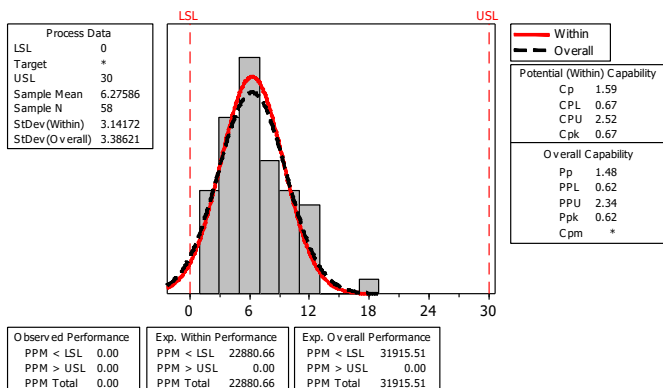
Obs	T <sup>2</sup>	Obs	T <sup>2</sup>	Obs	T <sup>2</sup>	Obs	T <sup>2</sup>	Obs	T <sup>2</sup>
1	0.4961	13	3.582	25	1.9381	37	8.4813	49	3.6692
2	2.6999	14	6.9638	26	4.8966	38	5.0639	50	10.3961
3	5.9102	15	7.3534	27	8.4049	39	7.4057	51	11.7489
4	6.816	16	6.8099	28	6.6895	40	1.273	52	29.2029
5	5.9309	17	5.8101	29	7.5669	41	0.7167	53	14.856
6	0.4961	18	7.4889	30	6.8093	42	3.6947	54	13.4444
7	8.372	19	8.1074	31	10.579	43	2.8538	55	9.9977
8	1.208	20	1.9184	32	7.7244	44	6.6927	56	9.1381
9	7.6909	21	6.0647	33	3.8617	45	0.5988	57	8.3481
10	6.6817	22	14.833	34	4.8806	46	2.1568	58	6.0603
11	4.8784	23	7.3126	35	17.147	47	0.535		
12	1.3848	24	3.885	36	14.430	48	6.2203		

# Lampiran 21. Indeks Kapabilitas Univariat

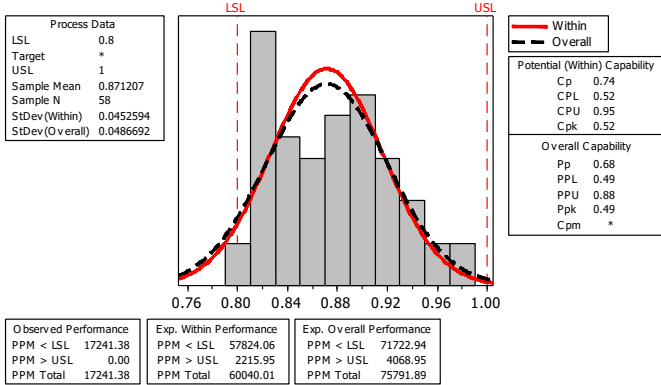
## Process Capability of Vakum



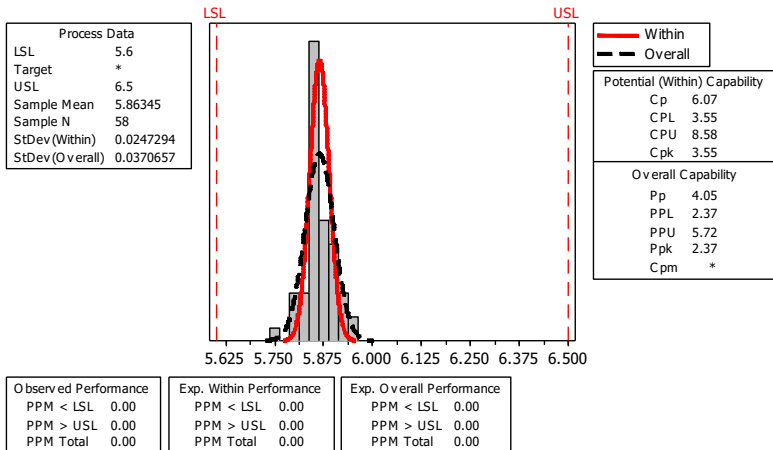
## Process Capability of Histamin



### Process Capability of Kandungan garam



### Process Capability of pH



Penulis memiliki nama lengkap Dwita Bening Safitri yang lahir di Lumajang, 18 Februari 1996. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara oleh pasangan Moedji Hamtono dan Nurhayati. Pendidikan yang telah ditempuh adalah pendidikan di TK Pembina Lumajang, SD Negeri 1 Sukodono (2002-2008), SMP Negeri 1 Sukodono (2008-2011), dan SMA Negeri 2 Lumajang (2011-2014). Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan tercatat sebagai mahasiswa Statistika angkatan 2014 dengan NRP 06211440000007 serta menjadi bagian dari keluarga sigma 25. Organisasi kampus yang pernah diikuti penulis yaitu sebagai Staff *External Affairs* HIMASTA-ITS periode 2015-2016 dan sebagai Kabiro Kemitraan *External Affairs* HIMASTA-ITS periode 2016-2017. Selain itu, penulis juga menjadi bagian dari kepanitiaan acara dengan skala internasional yaitu Pekan Raya Statistika Yang diadakan oleh Departemen Statistika ITS sebagai penanggung jawab lomba *Statistics Competition* untuk region Jember. Penulis menjadi salah satu penerima beasiswa Karya Salemba Empat ITS untuk periode 2015 -2016 dan 2016-2017. Penulis juga berkesempatan menjadi asisten dosen mata kuliah Pengendalian Kualitas Statistik (PKS). Segala kritik dan saran maupun diskusi mengenai tugas akhir ini, penulis dapat dihubungi melalui email [dwitabening@gmail.com](mailto:dwitabening@gmail.com)

