



TESIS - SS14 2501

**STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL T^2
HOTELLING *FUZZY* DAN W^2 SERTA
APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI TEPUNG
TERIGU PALAPA DI PT. PIONEER FLOUR MILL
INDUSTRIES**

ALKINDI
NRP. 1314 201 047

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
Dr.rer.pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si.

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



TESIS - SS14 2501

**STUDY ABOUT T^2 HOTELLING FUZZY AND W^2
CONTROL CHART WITH APPLICATION TO
WHEAT FLOUR PRODUCTION PROCESS AT
PT. PIONEER FLOUR INDUSTRIES**

ALKINDI
NRP. 1314 201 047

SUPERVISOR
Dr. Muhammad Mashuri , M.T.
Dr.rer.pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si.

MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

**STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING FUZZY DAN W^2
SERTA APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI TEPUNG TERIGU
PALAPA DI PT. PIONEER FLOUR MILL INDUSTRIES**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALKINDI
NRP : 1314 201 047

Tanggal Ujian : 29 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

Disetujui Oleh:


1. Dr. Muhammad Mashuri, M.T (Pembimbing I)
NIP. 19620408 198701 1 001



2. Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si (Pembimbing II)
NIP. 19831204 200812 1 002


3. Santi Puteri Rahayu, M.Si., Ph.D. (Penguji)
NIP. 19750115 199903 2 003


4. Dr. Suhartono, M.Sc. (Penguji)
NIP. 19710929 199512 1 001



Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP. 19601202 198701 1 001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkembangan Diagram Kontrol <i>Fuzzy</i> Multivariat	7
2.2 Diagram Kontrol Multinomial	8
2.2.1 Diagram Kontrol T^2 <i>Hotelling Fuzzy</i> Dengan Pendekatan Fungsi Keanggotaan	10
2.2.2 Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian	21
3.2 Langkah Penelitian	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Konsep Diagram Kontrol T^2 <i>Hotelling Fuzzy</i> dan W^2	25

4.2 Penerapan Konsep Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2	27
4.2.1 Penerapan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy	27
4.2.2 Penerapan Diagram Kontrol W^2	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Data Awal	9
Tabel 2.2 Struktur Data Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2	10
Tabel 4.1 Perbandingan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2	27
Tabel 4.2 Tingkat Kesimetrisan Skenario 1	29
Tabel 4.3 Proporsi Karakteristik Kualitas Variabel	30
Tabel 4.4 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 1	32
Tabel 4.5 Tingkat Kesimetrisan Skenario 2	34
Tabel 4.6 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 2	36
Tabel 4.7 Tingkat Kesimetrisan Skenario 3	38
Tabel 4.8 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 3	41
Tabel 4.9 Tingkat Kesimetrisan Skenario 4	42
Tabel 4.10 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 4	45
Tabel 4.11 Nilai Z^2 dan Statistik W^2	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Fungsi Keanggotaan	12
Gambar 2.2	Ilustrasi Fungsi Keanggotaan	12
Gambar 2.3	Ilustrasi <i>Fuzzy Median Transformation</i> Pada Representasi Kurva Segitiga	15
Gambar 2.4	Ilustrasi <i>Fuzzy Median Transformation</i> Pada Representasi Kurva Trapesium	15
Gambar 3.1	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 1	22
Gambar 3.2	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 2	22
Gambar 3.3	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 3	22
Gambar 3.4	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 4	22
Gambar 3.5	Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 1 Setelah Interpolasi	28
Gambar 4.2	Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 1 Untuk X_1	29
Gambar 4.3	Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 1	29
Gambar 4.4	Diagram Kontrol T^2 <i>Hotelling Fuzzy</i> Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 1	33
Gambar 4.5	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 2 Setelah Interpolasi	33
Gambar 4.6	Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 2	34
Gambar 4.7	Diagram Kontrol T^2 <i>Hotelling Fuzzy</i> Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 2	37
Gambar 4.8	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 3 Setelah Interpolasi	38
Gambar 4.9	Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 3 Untuk X_1	38
Gambar 4.10	Diagram Kontrol T^2 <i>Hotelling Fuzy</i> Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 3	41
Gambar 4.11	Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kulititas Skenario 4 Setelah Interpolasi	42

Gambar 4.12 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 4 Untuk X_1	43
Gambar 4.13 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 4	46
Gambar 4.14 Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas	47
Gambar 4.15 Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas Setelah Eliminasi	48

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT atas rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis ini dengan judul “Studi Tentang Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2 Serta Aplikasinya Pada Proses Produksi Tepung Terigu Palapa di PT. Pioneer Flour Mill Industries”.

Penulisan Tesis ini merupakan pelaksanaan kewajiban akademis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Magister Statistika pada Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dalam pembuatan tesis ini, penulis menyadari bahwa Tesis ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan arahan berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T. selaku dosen pembimbing I atas kesabaran, keluangan waktu, pikiran, nasihat, motivasi, serta arahan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr.rer.pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si. selaku dosen pembimbing II atas waktu, pikiran, nasihat, motivasi, dan arahan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Suhartono, M.Sc. , Ibu Santi Puteri Rahayu, M.Si., Ph.D. dan Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulamam M.Si. penguji atas saran dan kritik yang telah diberikan.
4. Bapak Dr.rer.pol. Heri Kuswanto, M.Si. selaku dosen validator.
5. Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, M.Si. selaku dosen wali.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen pengajar, staf administrasi, dan staf perpustakaan Jurusan Statistika ITS yang telah berkenan memberikan waktu dan bantuan.
7. Keluarga besarku, Ayah, ibu, dan adikku Naufal yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan, nasihat, motivasi, dan doa kepada Penulis untuk selalu optimis dan berusaha menjadi yang terbaik.
8. Teman seperjuangan mahasiswa Magister Statistika ITS Angkatan 2014 atas dukungan, motivasi, dan kebersamaan selama menempuh pendidikan bersama. Semoga kesuksesan selalu bersama kita dan kita dapat berjumpa kembali.

9. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan pada Tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Surabaya, Februari 2016

Penulis

STUDI TENTANG DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING $FUZZY$ DAN W^2 SERTA APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI TEPUNG TERIGU “PALAPA” DI PT. PIONEER FLOUR INDUSTRIES

Nama Mahasiswa : Alkindi
NRP : 1314201047
Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri. M.T.
Co-Pembimbing : Dr.rer.pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si.

ABSTRAK

Suatu produk memiliki *critical quality* tertentu. Produk dikategorikan cacat apabila berada di luar dari batas spesifikasi yang telah ditentukan. Pengukuran karakteristik kualitas berjenis variabel memungkinkan terjadi kesalahan pengukuran. Salah satu contoh kesalahan pengukuran adalah nilai pengukuran tidak sesuai dengan nilai aktual. Nilai pengukuran seringkali berada di sekitar nilai aktual, selisih tersebut yang dapat menyebabkan ambiguitas. Jika hasil pengukuran suatu produk menghasilkan suatu bilangan tertentu, maka terdapat kemungkinan hasil pengukuran sebenarnya berada di kisaran bilangan tertentu sebelumnya. Selisih tersebut yang dapat menyebabkan ambiguitas. Ambiguitas pada produk karakteristik kualitas variabel dapat diatasi dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling *Fuzzy* yang merupakan pengembangan dari Diagram Kontrol T^2 Hotelling. Pada penelitian ini akan dibangun diagram kontrol T^2 Hotelling *Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas. PT. Pioneer Flour Industries telah melakukan pengontrolan terhadap proses produksi tepung terigu “Palapa”. Variabel karakteristik kualitas yang dikontrol adalah *moisture* (X_1), *glutten* (X_2), dan *ash* (X_3). Fungsi keanggotaan untuk X_1 , X_2 , dan X_3 adalah fungsi keanggotaan gabungan antara kurva segitiga, trapesium, dan linear. Dari hasil analisis dan pembahasan didapatkan kesimpulan bahwa lebih baik menggunakan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas dibandingkan diagram kontrol T^2 Hotelling *Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan. Dengan menerapkan diagram kontrol T^2 Hotelling *Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan dengan 4 skenario menunjukkan bahwa proses terkendali, tetapi dengan menerapkan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas menunjukkan bahwa proses produksi tidak terkendali.

Kata kunci : Diagram Kontrol Multivariate, Himpunan *Fuzzy*, Fungsi Keanggotaan, Probabilitas.

STUDY ABOUT T^2 HOTELLING FUZZY AND W^2 CONTROL CHART WITH APPLICATION TO WHEAT FLOUR PRODUCTION PROCESS AT PT. PIONEER FLOUR INDUSTRIES

Name : Alkindi
NRP : 1314201047
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, M.T.
Co-Supervisor : Dr.rer.pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si.

ABSTRACT

A product has a certain critical quality. A product is categorized as a defective product when that product is out of defined specification limit. The measurement of characteristic quality typed variable has a possibility to have an error measurement. One of the error samples is a measurement value that did not match to the actual value. The measurement value is often placed around its actual value, the difference can produce ambiguity. If the measurement results of a certain product produce a specific number, then it has a possibility that the actual measurement is around the previous specific number. That difference can produce ambiguity. The ambiguity of the product of characteristic quality variable can be handled with T^2 Hotelling Fuzzy control chart which is the development from T^2 Hotelling control chart. In this research were built the T^2 Hotelling Fuzzy control chart with membership function approach, and W^2 control chart with probability approach. PT. Pioneer Flour Industries has controlled the productivity process of the "Palapa" white flour. The controlled characteristic quality variables were moisture (X_1), gluten (X_2), and ash (X_3). The membership function for X_1 , X_2 , X_3 is the combined membership function between triangle, trapezium, and linear curve. From the analysis and discussion obtained the conclusion that is better to use W^2 control chart using probability approach than T^2 Hotelling Fuzzy control chart using membership function approach. By applying T^2 Hotelling Fuzzy control chart using membership function approach with four scenarios shows that the process is in control, but by applying W^2 control chart using probability approach shows that the process is out of control.

Key words : *Multivariate Control Chart, Fuzzy Set, Membership Function, Probability.*

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Industri di Indonesia terus berkembang dan semakin berkreasi, tidak terkecuali pada industri pangan. Industri pangan merupakan kegiatan yang sangat luas. Di dalam kegiatan industri pangan, tidak hanya produksi, pengolahan dan distribusi, tetapi juga melibatkan kegiatan lain di luar ilmu dan teknologi pangan, antara lain pengepakan, zat-zat alami maupun kimia yang membuat zat pengawet dan zat pewarna. Tidak terkecuali pada bidang ilmu statistika yang dimanfaatkan dalam *quality control*, perencanaan produksi, pemasaran, dan terapan-terapan lainnya. Industri pangan menghasilkan berbagai produk pangan olahan dalam bentuk makanan tradisional maupun modern. Produksi pangan olahan ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan untuk ekspor. Konsumen akan semakin menuntut mutu dan kesegaran pangan. Konsumen semakin khawatir mengenai kesehatan dan gizi, keamanan pangan dan berbagai pencemaran kimiawi yang mengganggu kesehatan atau menyebabkan penyakit, perhitungan harga serta kemudahan untuk menyiapkan atau menghidangkannya. Dorongan ini akan membantu berkembangnya inovasi teknologi pangan yang menghasilkan beragam jenis dan bentuk pangan olahan untuk memenuhi keinginan konsumen.

Diagram kontrol merupakan salah satu metode terpenting dalam *Statistical Process Control* (SPC) (Montgomery, 2012). Setiap diagram kontrol memiliki *Center Line* (CL), *Upper Control Limits* (UCL), dan *Lower Control Limits* (LCL). Diagram kontrol sangat berguna dalam memantau proses, jika ada kejadian berada di luar batas kendali maka proses dapat dikatakan tidak terkendali (*out of control*). Jika proses tidak terkendali maka dapat dianggap kejadian tersebut merupakan pertanda untuk melakukan investigasi pada proses atau melakukan tindakan pada penyebab kejadian. Diagram kontrol terdiri dari diagram kontrol *univariate* yang digunakan untuk mengamati satu variabel dan diagram kontrol multivariat yang digunakan untuk mengamati beberapa variabel sekaligus.

Diagram kontrol multivariat lebih efisien dalam menganalisis suatu proses yang terdiri dari beberapa variabel dikarenakan pengontrolan dilakukan secara

serentak. Lowry dan Montgomery (1995) telah membuktikan bahwa dalam memantau kualitas proses multivariat, satu diagram kontrol multivariat memiliki sensitivitas yang lebih baik daripada diagram kontrol *univariate*. Lu dkk. (1998) dalam Taleb (2006) mengusulkan diagram kontrol untuk proses multivariat atribut dimana unit produk dapat diklasifikasikan secara biner, yaitu baik atau tidak baik dengan memantau masing-masing karakteristik kualitas. Dalam banyak kasus, klasifikasi biner tidak sesuai. Fakta sebenarnya kualitas produk tidak berubah dari sempurna menjadi cacat total, namun ada kondisi diantara keduanya. Dengan demikian, ada kebutuhan untuk pengkategorian atau pengukuran yang lebih fleksibel untuk karakteristik kualitas seperti tampilan, kelembutan dan warna yang tidak dapat diungkapkan dengan angka, namun dapat diungkapkan secara linguistik seperti sangat baik, baik, sedang, buruk, dan lain-lain. Ambiguitas dalam variabel linguistik dapat dianalisis dengan teori himpunan *Fuzzy* (Zadeh, 1965).

Himpunan *Fuzzy* adalah himpunan yang unsur-unsurnya mempunyai derajat keanggotaan yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh. Dalam teori himpunan *Fuzzy* memungkinkan penilaian bertahap dari keanggotaan elemen dalam himpunan yang digambarkan dengan bantuan sebuah fungsi keanggotaan bernilai $[0,1]$. Himpunan *Fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas cakupan dalam fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai 0 menunjukkan "salah", nilai 1 menunjukkan "benar", dan masih ada nilai lainnya yang terletak antara 0 dan 1. Marcucci (1985), dan Raz (1990) telah mengembangkan diagram kontrol dengan menggunakan probabilitas dan teori *Fuzzy*. Taleb (2006) membangun diagram kontrol multinomial dengan pendekatan teori *Fuzzy* dan probabilitas. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa dengan pendekatan teori *Fuzzy* memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan pendekatan probabilitas dengan *Average Run Length* (ARL) sebagai pembanding. Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan dapat disimpulkan bahwa teori *Fuzzy* dapat digunakan untuk memantau dan mengatasi keambiguan variabel karakteristik dalam proses produksi.

Teori *Fuzzy* juga dapat menganalisis ambiguitas dalam diagram kontrol variabel yang merupakan diagram kontrol yang menggunakan data *measurable*. Hal ini dikarenakan pada data *measurable* juga terdapat ambiguitas. Misal, variabel umur dibagi menjadi dua kategori yaitu muda dan tua. Seseorang dikatakan muda apabila berumur dibawah 40 tahun, dan seseorang dikatakan tua apabila berumur di atas 40 tahun. Dari pembagian tersebut, dapat dikatakan bahwa penggunaan himpunan *crisp* untuk menyatakan umur sangat tidak adil atau tidak tepat, adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai dapat mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Apabila seseorang berumur 40 tahun kurang satu hari, maka seseorang tersebut dapat dikategorikan sebagai muda dan beberapa hari kemudian seseorang tersebut dikategorikan sebagai tua. Pada teori *Fuzzy* dapat menggunakan fungsi keanggotaan pada masing-masing kategori untuk mengatasi ambiguitas.

Derajat keanggotaan *Fuzzy* memiliki kemiripan dengan probabilitas, yaitu keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, tetapi interpretasi terhadap kedua nilai tersebut sangat berbeda. Derajat keanggotaan *Fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap kecenderungan suatu hasil percobaan sukses dalam jangka panjang atau beberapa percobaan. Jika dimisalkan derajat keanggotaan suatu produk baik sebesar 0.9, maka tidak perlu dipermasalahkan nilai tersebut diulang secara parsial untuk mengharapkan suatu hasil produk yang hampir dipastikan bahwa produk tersebut baik. Sedangkan apabila probabilitas suatu produk baik adalah 0.9, maka ada 0.1 dari produk tersebut diharapkan tidak baik atau cacat (Kusumadewi, 2003).

PT. Pioneer Flour Mill Industries telah melakukan pengontrolan untuk berbagai macam produk. Pengontrolan pada Palapa dan tepung terigu jenis lain dilakukan dengan memperhitungkan beberapa karakteristik kualitas yang mempunyai batas spesifikasi tertentu. Dalam proses produksi dilakukan pengecekan pada *moisture*, *ash*, dan *gluten*. Jika hasil pengecekan pada sampel berada di luar dari batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan, maka perusahaan akan melakukan beberapa kebijakan. Dari tiga karakteristik kualitas yang digunakan, dapat dilakukan analisis dengan *Statistical Process Control*

menggunakan Diagram Kontrol T^2 Hotelling. Dalam penelitian ini, ketiga karakteristik kualitas dikategorikan ke dalam himpunan Fuzzy, yaitu *lack*, *good*, dan *over*. Diagram Kontrol yang dihasilkan dari fuzzifikasi karakteristik kualitas tersebut adalah Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Taleb dan Limam (2006), Gulbay dan Kahraman (2006), serta Kesumawati (2012) yang melakukan pengontrolan kualitas produksi di PT. Iglass (Persero) dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa diagram kontrol Fuzzy Multivariat sensitif terhadap pergeseran *mean* pada proses produksi yang ditandai dengan adanya penurunan ARL seiring dengan pergeseran *mean* yang konvergen ke nilai 1. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengendalian kualitas produksi dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2 untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan keambiguitas karakteristik kualitas dalam proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu.

1. Bagaimana perbandingan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas pada proses produksi tepung terigu Palapa?
2. Bagaimana hasil penerapan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas pada proses produksi tepung terigu Palapa?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai yaitu.

1. Mengetahui perbandingan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas pada proses produksi tepung terigu Palapa.

2. Mengetahui hasil penerapan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas pada proses produksi tepung terigu Palapa.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pengendalian produk tepung terigu Palapa serta untuk mengambil langkah-langkah dalam meningkatkan kualitas produksi dan sebagai bahan masukan bagi perusahaan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik setelah mengetahui proses berada dalam kontrol atau tidak.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkembangan Diagram Kontrol *Fuzzy* Multivariat

Pengenalan diagram kontrol Univariat untuk yang pertama kali adalah diagram kontrol *Shewhart*. diagram kontrol *Shewhart* digunakan untuk pengendalian *mean*, suatu proses didasarkan pada jarak Mahalanobis. Perkembangan selanjutnya dikembangkan diagram kontrol multivariat T^2 *Hotelling*. Peta kendali T^2 *Hotelling* digunakan untuk mengetahui pengendalian karakteristik kualitas multivariat berdasarkan *mean*. Peta kendali T^2 *Hotelling* adalah metode pengendalian kualitas proses atau produksi secara multivariat. Metode ini digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses dengan dua atau lebih karakteristik kualitas yang diduga saling berhubungan (Montgomery, 2005). Pengecekan pengendalian untuk peta kendali T^2 *Hotelling* sama seperti peta kendali lainnya, yaitu proses dikatakan terkendali jika titik-titik pengamatan terletak di dalam batas kendali, sedangkan proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat titik-titik pengamatan yang terletak di luar batas kendali.

Selanjutnya dikembangkan diagram kontrol multivariat *Shewhart* serta diagram kontrol yang lain (As'ad, 2004). Dalam suatu proses yang terdiri dari beberapa variabel, diagram kontrol multivariat lebih efisien dalam menganalisis suatu proses yang terdiri dari beberapa variabel dikarenakan pengontrolan dilakukan secara serentak. Lowry dan Montgomery (1995) telah membuktikan bahwa dalam memantau kualitas proses multivariat, satu diagram kontrol multivariat memiliki sensitivitas yang lebih baik daripada diagram kontrol univariat. Oleh karena itu, diagram kontrol multivariat lebih banyak daripada diagram kontrol univariat.

Dalam suatu produk cacat, terkadang produk tersebut tidak sepenuhnya cacat. Kualitas produk tidak langsung dari baik ke buruk atau cacat, tetapi ada nilai tengah atau nilai toleransi kecacatan. Maka dari itu diperlukan suatu metode untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya adalah dengan teori himpunan *Fuzzy*. Teori himpunan bilangan *Fuzzy* digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian atau samar. Perkembangan diagram kontrol multivariat *Fuzzy*

banyak dikembangkan karena dalam banyak kasus klasifikasi biner tidak sesuai dengan keadaan sebenarnya, karakteristik kualitas seperti tampilan, kelembutan dan warna yang tidak dapat diungkapkan dengan angka, namun dapat diungkapkan secara linguistik seperti sangat baik, baik, sedang, buruk, dan lain-lain. Ambiguitas dalam variabel linguistik dapat dianalisis dengan teori himpunan *Fuzzy* (Zadeh, 1965). Taleb dan Limam (2002) membangun diagram kontrol *Fuzzy* multivariat dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan pendekatan probabilitas, dimana data observasi dikelompokkan terlebih dahulu menjadi beberapa kategori yang kemudian didapatkan nilai representatif lalu dibandingkan dengan menggunakan ARL.

Banyak penelitian yang menggabungkan diagram kontrol dengan teori himpunan bilangan *Fuzzy* untuk mengatasi ketidakpastian dalam proses produksi. Pengembangan diagram kontrol *Fuzzy* Multivariat dilakukan oleh Hassen dkk (2009), Shabbak & Midi (2012) yang didapatkan kesimpulan bahwa UCL (*Upper Control Line*) dengan Median-Maksimum menghasilkan kinerja yang kredibel. Beberapa penelitian pengembangan teori himpunan *Fuzzy* ke dalam diagram kontrol *Fuzzy* multivariat juga dilakukan oleh Taleb dan Limam (2006) yang menghasilkan kesimpulan bahwa diagram kontrol *Fuzzy* multivariat dengan pendekatan fungsi keanggotaan lebih sensitif jika dibandingkan dengan pendekatan probabilitas. Gulbay dan Kahraman (2006) menyimpulkan bahwa transformasi data untuk digunakan pada diagram kontrol *Fuzzy* multivariat masih berdasarkan subjektivitas dan ambigu serta masih banyak data yang ambigu dan tidak dapat dijelaskan dengan baik. Ayundyah (2012), melakukan penelitian menggunakan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dan didapatkan kesimpulan bahwa diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* sensitif terhadap pergeseran *mean* proses.

2.2 Diagram Kontrol Multinomial

Diagram Kontrol Multinomial yang digunakan dalam penelitian ini adalah diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas. Pada umumnya, diagram kontrol T^2 *Hotelling* digunakan untuk karakteristik kualitas berjenis variabel yaitu

karakteristik kualitas yang diukur pada skala numerik, tetapi Marcucci (1985) dan Raz (1990) telah mengembangkan diagram kontrol dengan menggunakan probabilitas dan teori *Fuzzy*. Taleb (2006) membangun diagram kontrol multinomial dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan probabilitas. Jika menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan, statistik yang digunakan adalah T^2 sedangkan apabila menggunakan pendekatan probabilitas, statistik yang digunakan adalah W^2 . Struktur data awal yang digunakan sama seperti diagram kontrol T^2 Hotelling, hanya saja data observasi harus dikelompokkan pada beberapa *term set*. Struktur data awal untuk diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data Awal

Subgrup (k)	Sampel tiap subgrup (i)	Karakteristik kualitas (j)				
		X_1	...	X_i	...	X_p
1	1	X_{111}	...	X_{1i1}	...	X_{1p1}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	i	X_{i11}	...	X_{ij1}	...	X_{ip1}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
n	X_{n11}	...	X_{ni1}	...	X_{np1}	
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	
k	1	X_{11k}	...	X_{1jk}	...	X_{1pk}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	i	X_{i1k}	...	X_{ijk}	...	X_{ipk}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
n	X_{n1k}	...	X_{nik}	...	X_{npk}	
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	
m	1	X_{11m}	...	X_{1jm}	...	X_{1pm}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	i	X_{i1m}	...	X_{ijm}	...	X_{ipm}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
n	X_{n1m}	...	X_{njm}	...	X_{npm}	

Keterangan :

X_{ijk} : Nilai pengamatan pada observasi ke-i, karakteristik kualitas ke-j, dan subgrup ke-k

n : Banyaknya sampel; $i = 1, 2, \dots, n$

p : Banyaknya karakteristik kualitas; $j = 1, 2, \dots, p$

m : Banyaknya subgrup; $k = 1, 2, \dots, m$

Untuk melakukan analisis menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan, data tiap subgrup dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam tiap *term set* atau kategori yang telah ditentukan oleh perusahaan atau peneliti. Sehingga tiap subgrup memiliki n sampel pada tiap

karakteristik kualitas. Struktur data yang telah dikelompokkan menjadi beberapa *term set* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Struktur Data Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2

Sub grup (k)	Karakteristik Kualitas (j)										
	X_1					X_p					
	Term set (h)					Term set (h)					
	1	...	h	...	q_1	...	1	...	h	...	q_p
1	n_{111}	...	n_{1h1}	...	n_{1q_11}	...	n_{p11}	...	n_{ph1}	...	n_{pq_p1}
...
k	n_{11k}	...	n_{1hk}	...	n_{1q_1k}	...	n_{p1k}	...	n_{phk}	...	n_{pq_pk}
...
m	n_{11m}	...	n_{1hm}	...	n_{1q_1m}	...	n_{p1m}	...	n_{phm}	...	n_{pq_pm}

Keterangan :

n_{jkh} : Banyaknya pengamatan pada karakteristik kualitas ke-j, *term set* ke-h, dan subgrup ke-k

p : Banyaknya karakteristik kualitas; $j = 1, 2, \dots, p$

q_j : Banyaknya *term set* tiap karakteristik kualitas; $h = 1, 2, \dots, q_j$

m : Banyaknya subgrup; $k=1, 2, \dots, m$

2.2.1 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Pendekatan Fungsi Keanggotaan

Untuk membangun Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dilakukan pendekatan fungsi keanggotaan. Ada dua tahap untuk membangun Diagram Kontrol Fuzzy (Taleb dkk. 2009). Tahap pertama adalah proses fuzzifikasi yaitu proses dimana merubah variabel data dari himpunan bilangan numerik menjadi variabel himpunan Fuzzy dengan nilai representatif yang dihasilkan berada dalam interval 0 hingga 1. Tahap kedua yaitu pembuatan diagram kontrol dengan menggunakan himpunan bilangan Fuzzy yang telah dibentuk pada tahap pertama.

Tahap *fuzzification* yaitu tahap dimana mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam bentuk Fuzzy input. Dalam proses *fuzzification* diperlukan fungsi keanggotaan. Derajat fungsi keanggotaan ($\mu[x]$) dipengaruhi oleh nilai domain atau nilai pengamatan dan dipengaruhi pula fungsi representasi yang digunakan. Terdapat beberapa fungsi representasi yang bisa digunakan yaitu representasi linier, kurva segitiga, kurva trapesium.

a. Representasi Linier

Representasi linier adalah fungsi yang digambarkan sebagai suatu garis lurus. Representasi linier terdiri dari dua kemungkinan yaitu naik dan turun.

1. Representasi Linier Turun

Representasi linier turun adalah kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu bergerak menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah. Fungsi keanggotaan representasi linier naik adalah

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; x < a \\ (b-x)/(b-a) & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x > b. \end{cases} \quad (2.1)$$

2. Representasi Linier Naik

Representasi linier naik yaitu kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Fungsi keanggotaan representasi linier naik adalah

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ (x-a)/(b-a) & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x > b. \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

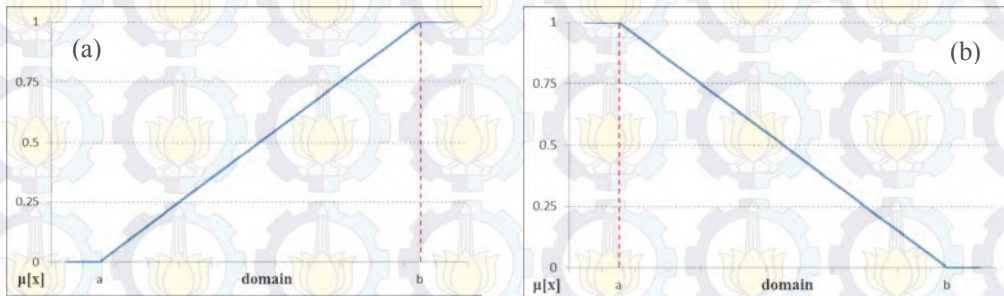
Dasar pada representasi kurva segitiga merupakan gabungan antara dua garis linier naik dan turun. Fungsi keanggotaan pada representasi kurva segitiga adalah

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \text{ atau } x > c \\ (x-a)/(b-a) & ; a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & ; b < x \leq c. \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi Kurva Trapezium

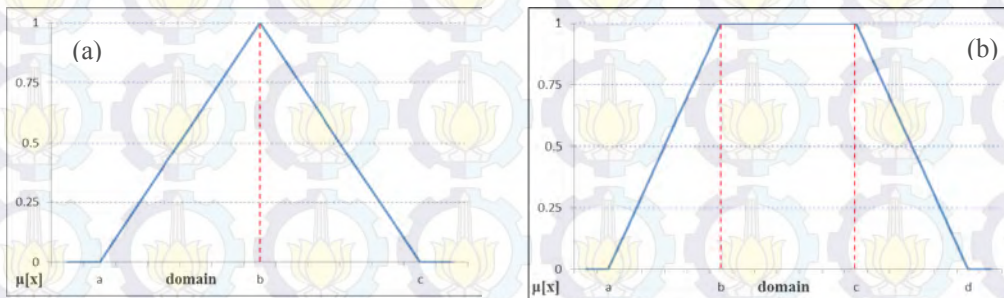
Pada dasarnya representasi kurva trapesium sama seperti representasi kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Fungsi keanggotaannya adalah

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \text{ atau } x > d \\ (x-a)/(b-a) & ; a \leq x < b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & ; c < x \leq d. \end{cases} \quad (2.4)$$



Gambar 2.1. Ilustrasi Fungsi Keanggotaan (a). Representasi Linier Naik.

(b) Representasi Linier Turun



Gambar 2.2. Ilustrasi Fungsi Keanggotaan (a). Representasi Kurva Segitiga.

(b) Representasi Kurva Trapesium

Gambar 2.1 dan 2.2 merupakan ilustrasi fungsi keanggotaan dari beberapa representasi linier naik, representasi linier turun, representasi segitiga, dan representasi kurva trapesium. Gambar 2.1 menunjukkan representasi kurva linier, dimana pada representasi linier hanya terdapat dua titik, yaitu a dan b. Sedangkan Gambar 2.2a menunjukkan untuk representasi kurva segitiga, dimana terdapat 3 titik, yaitu a,c, dan b yang merupakan titik puncak atau kategori “baik”. Pada Gambar 2.2b dapat dilihat representasi kurva trapesium yang terdapat 4 titik, yaitu a,b,c, dan d, dimana b dan c umumnya digunakan sebagai batas spesifikasi kategori “baik” yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Jika p adalah banyaknya atribut karakteristik kualitas, yang nantinya masing-masing karakteristik kualitas akan dihitung berapa jumlah data yang termasuk dalam suatu *term set*, kemudian selanjutnya akan ditransformasi menjadi

variabel *Fuzzy number* dengan menggunakan fungsi keanggotaan (Taleb dkk. 2006). *Fuzzy number* c_j tidak dinyatakan sebagai nilai numerik, tetapi sebagai tingkat tertentu $(n_{jh}, h=1, \dots, q_j)$ atau frase yang didalam teori himpunan *Fuzzy*, diwakili dengan *term set* $T(n_j)$.

Setiap anggota *term set* dikarakteristikan dengan fungsi keanggotaan $\mu_{hj}(x)$, dimana x adalah ukuran dari tingkat kualitas. Kemudian membentuk matriks fungsi keanggotaan tiap variabel karakteristik kualitas berdasarkan fungsi keanggotaan yang digunakan. Dengan menggunakan matriks fungsi keanggotaan, data pengamatan akan ditransformasi ke dalam himpunan *Fuzzy*. Jika menggunakan representasi kurva *trapezoidal* maka matriks fungsi keanggotaan akan berukuran $q_j \times 4$. Berikut merupakan matriks fungsi keanggotaan pada representasi kurva *trapezoidal*.

$$\varphi_j = \begin{bmatrix} \varphi_{j1} & \varphi_{j2} & \varphi_{j3} & \varphi_{j4} \\ \varphi_{j1} & \varphi_{j2} & \varphi_{j3} & \varphi_{j4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{j1} & \varphi_{j2} & \varphi_{j3} & \varphi_{j4} \end{bmatrix}$$

Matriks fungsi keanggotaan dapat dibentuk dengan melihat kodomain dari ilustrasi representasi kurva yang telah diinterpolasi dengan nilai maksimum sebesar 1 dan nilai minimum sebesar 0. Nilai $[0,1]$ dapat dianggap *fuzzy set number* yang berada diantara nilai tersebut. Interpolasi pada ilustrasi representasi kurva yang digunakan menggunakan persamaan.

$$\frac{X_j^* - X_j^*(\min)}{X_j^*(\max) - X_j^*(\min)} = \frac{X_j - X_j(\min)}{X_j(\max) - X_j(\min)} \quad (2.5)$$

dimana X_j^* adalah nilai X_j yang telah di *rescale* atau hasil interpolasi. Karena nilai $X_j^*(\min)$ bernilai 0 dan nilai $X_j^*(\max)$ bernilai 1, maka persamaan (2.5) dapat dituliskan menjadi.

$$X_j^* = \frac{X_j - X_j(\min)}{X_j(\max) - X_j(\min)} \quad (2.6)$$

Masing-masing karakteristik kualitas dihubungkan dengan satu bagian himpunan *Fuzzy*. Jika fungsi representasi kurva *trapezoidal* yang digunakan maka

akan didapatkan vektor berukuran 1×4 yang berisi *Fuzzy number* yang merupakan 4 titik dari *trapezoidal* dengan.

$$\mathbf{F}_j = \frac{1}{n} \sum_{h=1}^{q_j} n_{jh} \varphi_{jh}, \quad (2.7)$$

atau dapat ditulis dengan persamaan.

$$\mathbf{F}_{jk} = \frac{\mathbf{n}\boldsymbol{\varphi}_j}{n_{jk}} \quad (2.8)$$

dimana:

\mathbf{F}_{jk} : Vektor nilai *Fuzzy input* pada karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k hasil *fuzzification*

n_{jk} : Vektor term set pada karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k

n_{jk} : Banyaknya pengamatan pada karakteristik kualitas ke-j dan subgrup ke-k

$\boldsymbol{\varphi}_j$: Matriks *Fuzzy set number* untuk setiap variabel dan *term set* yang dikarakterisasi melalui fungsi keanggotaan μ_{jh}

Jika terdapat sejumlah m subgrup, akan didapatkan sejumlah m pengamatan yang berisi data yang berisi *Fuzzy set number* dan jumlah observasi yang telah diklasifikasikan, dan dinyatakan dengan.

$$A = \left\{ \left\{ (\varphi_{11}, n_{11}), \dots, (\varphi_{1q_1}, n_{1q_1}) \right\}; \dots; \left\{ (\varphi_{p1}, n_{p1}), \dots, (\varphi_{pq_p}, n_{pq_p}) \right\} \right\},$$

dimana:

n_{jh} : Jumlah observasi yang diklasifikasikan pada *term set* ke-h dan karakteristik kualitas ke-j.

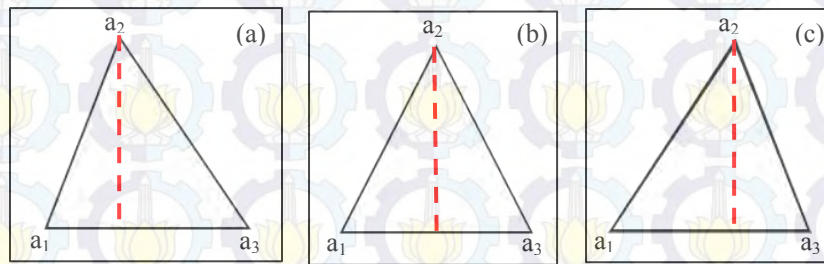
φ_{jh} : Vektor *Fuzzy set number* untuk setiap variabel yang dikarakterisasi melalui fungsi keanggotaan μ_{jh} .

Selanjutnya menentukan nilai representatif yang berupa nilai skalar yang merupakan hasil transformasi dari setiap *term set*. Ada beberapa metode transformasi yang dapat digunakan, tetapi pada penelitian ini akan menggunakan *Fuzzy median transformation* karena dari segi statistik, nilai median tidak dipengaruhi oleh nilai *ekstrim* dan sangat sesuai digunakan untuk menghitung pusat kecenderungan dari sebuah distribusi tidak simetri. Tiap bagian himpunan *Fuzzy* F_j merupakan *Trapezoidal Fuzzy Number* (TrFN) yang merupakan pengembangan dari *Tringular Fuzzy Number* (TFN) sehingga menghasilkan $(a_{1j},$

a_{2j} , a_{3j} , dan a_{4j}) yang merupakan keempat titik sudut dari trapezoidal. Berikut persamaan merupakan *defuzzifikasi* dengan menggunakan median dengan fungsi keanggotaan TFN.

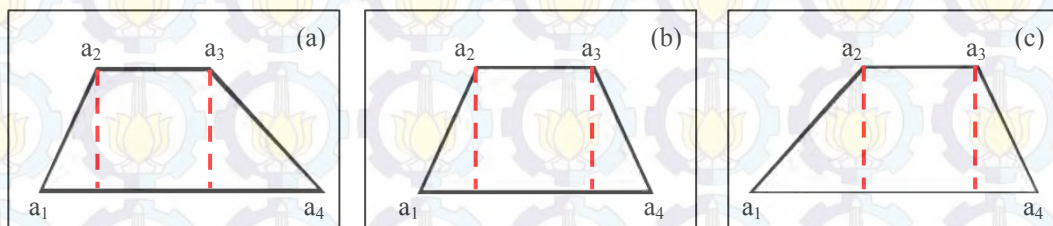
$$R_j = \begin{cases} a_{3j} - \sqrt{\frac{(a_{3j} - a_{1j})(a_{3j} - a_{2j})}{2}} & \text{untuk } a_{2j} \leq \frac{a_{3j} + a_{1j}}{2} \\ a_{1j} + \sqrt{\frac{(a_{3j} - a_{1j})(a_{2j} - a_{1j})}{2}} & \text{untuk } a_{2j} > \frac{a_{3j} + a_{1j}}{2} \end{cases} \quad (2.9)$$

Pada persamaan (2.8) dapat dilihat bahwa jika nilai tengah (a_{2j}) kurang dari nilai rata-rata dari range TFN maka nilai maksimum (a_{3j}) akan dikurangi dengan akar dari rata-rata nilai a_{3j} yang sudah dikurangi masing-masing sudut segitiga. Persamaan 2.8 dapat diilustrasikan dengan gambar sebagai berikut.



Gambar 2.3. Ilustrasi *Fuzzy Median Transformation* Pada Representasi Kurva Segitiga

(a) Condong Kiri, (b) Simetris, dan (c) Condong Kanan



Gambar 2.4. Ilustrasi *Fuzzy Median Transformation* Pada Representasi Kurva Trapezium

(a) Condong Kiri, (b) Simetris, dan (c) Condong Kanan

Pada ilustrasi diatas dapat diketahui bahwa pada TFN dengan kondisi a_{2j} kurang dari sama dengan penjumlahan a_{1j} dan a_{3j} akan digunakan pada Gambar 2.3a dan Gambar 2.3b. Sedangkan jika a_{2j} lebih dari penjumlahan a_{1j} dan a_{3j} akan digunakan pada kondisi yang diilustrasikan pada Gambar 2.3c. Pada TrFN digunakan cara yang sama untuk membentuk persamaan nilai representatif dari TrFN, dimana a_{1j} dan a_{4j} adalah titik terluar dari bentuk trapezoidal serta a_{2j} dan

a_{3j} adalah titik tengah pada bentuk trapezoidal. Persamaan untuk menghitung nilai median pada TrFN adalah sebagai berikut.

$$R_j = \begin{cases} a_{4j} - \sqrt{\frac{(a_{4j} - a_{1j})(a_{4j} - a_{2j})(a_{4j} - a_{1j})}{3}} & \text{untuk } a_{2j} + a_{3j} \leq a_{1j} + a_{4j} \\ a_{1j} + \sqrt{\frac{(a_{4j} - a_{1j})(a_{3j} - a_{1j})(a_{2j} - a_{1j})}{3}} & \text{untuk } a_{2j} + a_{3j} > a_{1j} + a_{4j}. \end{cases} \quad (2.10)$$

Gambar 2.4a dan Gambar 2.4b menunjukkan bahwa kondisi dimana jumlah sudut dalam kurang dari sama dengan jumlah sudut luar, dan Gambar 2.4c menunjukkan bahwa kondisi dimana jumlah sudut dalam lebih dari jumlah sudut luar. Sehingga data dari m subgrup dinyatakan oleh matriks R yang berisi nilai representatif dari bilangan *Fuzzy* F_j .

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1p} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mp} \end{bmatrix},$$

dengan R_{ik} adalah nilai *Fuzzy* F_j pada sampel ke- k .

Sebelum membuat diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy*, diperlukan parameter varians dan rata-rata. Untuk vektor rata-rata berukuran $p \times 1$, yang berisi rata-rata dari nilai representatif pada tiap karakteristik kualitas (\bar{R}_j) yang diperoleh dengan rumus.

$$\bar{R}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m R_{jk}. \quad (2.11)$$

Untuk matriks kovarian (S), berukuran $p \times p$ yang berisi varian dari nilai representatif dan kovarian antar karakteristik kualitas. Varians dan kovarian diperoleh dengan.

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (R_{jk} - \bar{R}_j)^2, \quad (2.12)$$

$$S_{jj^*} = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (R_{kj} - \bar{R}_j)(R_{kj^*} - \bar{R}_{j^*}); S_j \neq S_{j^*}. \quad (2.13)$$

Dengan menggunakan matriks matriks S dan vektor \bar{R} yang merupakan estimasi dari Σ dan μ maka didapatkan persamaan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* untuk setiap subgrup ke- k yang digunakan persamaan.

$$T_f^2 = (\mathbf{R}_j - \bar{\mathbf{R}})^T \mathbf{S}_R^{-1} (\mathbf{R}_j - \bar{\mathbf{R}}). \quad (2.14)$$

Fase I digunakan untuk mendapatkan dan mengetahui pengamatan yang *in control* dan digunakan untuk menaksir parameter proses produksi. Fase I juga digunakan untuk mendapatkan batas kendali yang digunakan pada fase II.

Persamaan (2.12) menghasilkan nilai statistik T^2 yang berdistribusi χ_v^2 .

Distribusi Chi-Square merupakan keluarga dari distribusi Gamma sehingga distribusi Chi-Square dengan derajat bebas v dapat ditulis dengan distribusi Gamma dengan parameter $\alpha = 2$ dan $\beta = \frac{v}{2}$. Karena menggunakan pendekatan *Fuzzy set number* yang nilainya antara $[0,1]$ maka nilai statistik T^2 perlu ditransformasi dalam bentuk proporsi. Dengan demikian nilai statistik T^2 yang semula telah didekati dengan distribusi Gamma menjadi berdistribusi Beta. Sehingga pemilihan batas kendali pada proses pengendalian multivariat harus seksama dengan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (UCL) dari diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* pada fase I adalah dengan.

$$UCL = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}}, \quad (2.15)$$

$$LCL = 0. \quad (2.16)$$

$\beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}}$ adalah fungsi kepadatan kumulatif pada distribusi beta. Fungsi kepadatan kumulatif dan fungsi kepadatan peluang pada distribusi beta dapat dituliskan pada persamaan.

$$F(\alpha, a, b) = \frac{B(\alpha, a, b)}{B(a, b)} = I_a(a, b), \quad (2.17)$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B(a, b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} & ; \text{untuk } 0 < x < 1 \\ 0 & ; \text{untuk lainnya.} \end{cases} \quad (2.18)$$

a dan b adalah derajat bebas pada distribusi beta yang merupakan bilangan real positif. $B(a, b)$ merupakan fungsi Beta yang didefinisikan sebagai.

$$B(a, b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx \quad (2.19)$$

Sedangkan UCL dan LCL untuk fase II menggunakan persamaan.

$$UCL = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - (m-p)} [F_{\alpha;p,m-p}], \quad (2.20)$$

$$LCL = 0. \quad (2.21)$$

dimana $F_{\alpha;p,m-p}$ adalah nilai yang didapatkan dari tabel F.

Menurut Montgomery (2005), jika banyak sampel berukuran besar yaitu m lebih besar daripada seratus, maka dapat menggunakan pendekatan *control limit*. Sehingga diperoleh persamaan batas kendali dengan menggunakan persamaan.

$$UCL = \frac{p(m-1)}{m-p} [F_{\alpha;p,m-p}], \quad (2.22)$$

$$LCL = 0. \quad (2.23)$$

Apabila rata-rata dan varians dari suatu proses produksi tidak diketahui, maka dapat diasumsikan T_k^2 berdistribusi *Chi-Square* dengan derajat bebas p (Barsimis dkk. 2007). Jika jumlah karakteristik kualitas yang digunakan berukuran besar yaitu p lebih besar daripada sepuluh dan jumlah pengamatan yang diamati berukuran besar yaitu k lebih besar daripada 250 maka batas kendali dengan menggunakan distribusi χ^2 dapat digunakan. Batas kendali pada kondisi ini diperoleh dengan menggunakan persamaan.

$$UCL = \chi_{\alpha,p}^2, \quad (2.24)$$

$$LCL = 0. \quad (2.25)$$

2.2.2. Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas

Pada diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas, statistik yang digunakan adalah W^2 . Jika proporsi *in control* dari suatu proses produksi tidak diketahui, maka untuk mengamati proporsi periode ke- i pada masing-masing karakteristik kualitas digunakan Z_{ij}^2 yang didapatkan dari persamaan.

$$Z_{jk}^2 = n_k n_0 \sum_{h=1}^{q_j} \frac{\left(\frac{n_{kjh}}{n_k} - \frac{n_{0jh}}{n_0} \right)^2}{\frac{n_{kjh}}{n_k} + \frac{n_{0jh}}{n_0}}. \quad (2.26)$$

dimana

n_k : banyaknya pengamatan pada subgrup ke- k

n_0 : banyaknya pengamatan pada subgrup pertama ; $n_1 = n_0$

n_{kjh} : banyaknya pengamatan pada subgrup ke-k dan karakteristik ke-j

Distribusi dari Z_{ij}^2 didekati dengan distribusi χ^2 dengan derajat bebas q_j , sedangkan untuk memantau periode ke-i pada seluruh karakteristik kualitas menggunakan W_i^2 yang merupakan total dari seluruh karakteristik kualitas.

$$W_i^2 = \sum_{j=1}^p Z_{ij}^2. \quad (2.27)$$

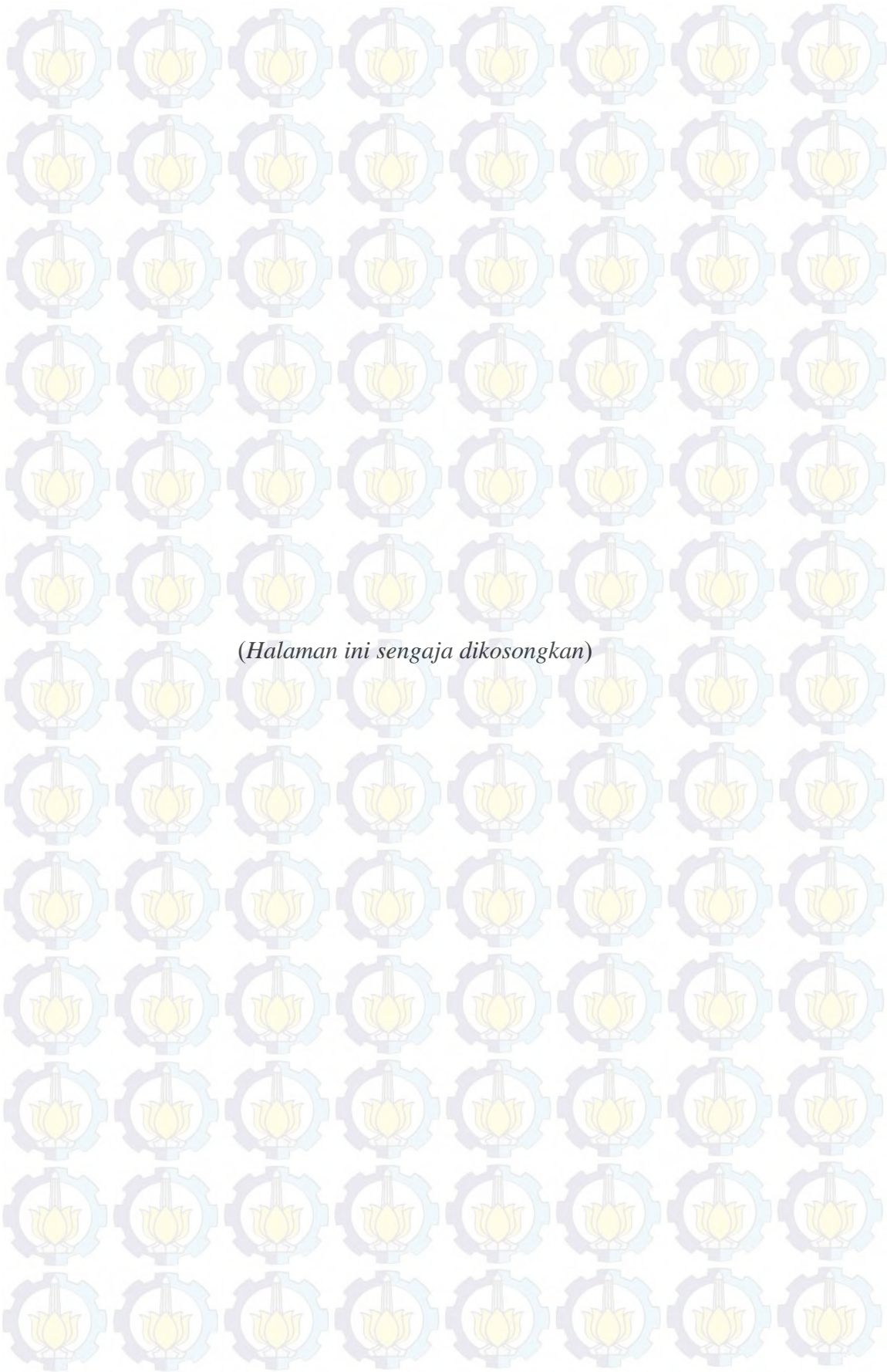
Nilai W_i^2 merupakan kombinasi linier dari p variabel yang berkorelasi dan sulit untuk menentukan distribusinya secara langsung. Namun, distribusi dari W_i^2 juga didekati dengan distribusi χ^2 dengan derajat bebas v_i (Taleb, 2006). Dimana nilai v_i didapatkan dari persamaan.

$$v_i = (W_i^2)^2 \frac{\sum_{j=1}^p (Z_{ij}^2)^2}{q_j - 1}. \quad (2.28)$$

Konsep yang sama juga diterapkan pada Diagram Kontrol atribut multinomial yaitu dengan menggunakan konsep jarak atau selisih dari nilai statistik pada sinyal *out of control*. Untuk mengidentifikasi sinyal *out of control* pada diagram kontrol atribut multinomial diperlukan menghitung nilai W_i^2 dan v pada seluruh kombinasi karakteristik. UCL pada diagram kontrol W^2 dapat menggunakan jumlah dari nilai persentil ke $1-\alpha$ pada distribusi χ^2 .

$$UCL = \sum_{j=1}^p \chi_{q_j}^2, \quad (2.29)$$

$$LCL = 0. \quad (2.30)$$



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

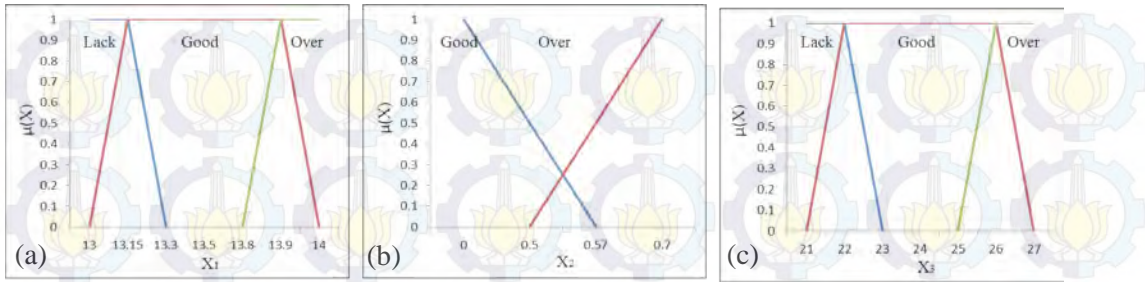
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari divisi *Quality Control* Tepung Terigu Palapa di PT. Pioneer Flour Mill Industries. Data penelitian yang digunakan adalah data produksi pada tanggal 5 Januari 2015 hingga tanggal 31 Mei 2015.

Variabel karakteristik kualitas produk tepung terigu Palapa adalah *moisture* (X_1), *ash* (X_2), dan *gluten* (X_3). Target nilai pada X_1 dan X_3 adalah *nominal the best* dengan batas spesifikasi 13.15%-13.9% untuk X_1 dan 22%-26% untuk X_3 , sedangkan untuk X_2 adalah *smaller is better* dimana jika lebih besar daripada 0.57% dikatakan produk tersebut cacat. Subgrup yang digunakan pada penelitian ini adalah satu hari, sehingga diperoleh 46 subgrup. Banyaknya anggota tiap subgrup adalah sebesar 32 sampel. Fungsi keanggotaan untuk X_1 dan X_3 adalah fungsi keanggotaan kurva trapesium karena memiliki *critical quality nominal the best*, sedangkan untuk X_2 menggunakan fungsi keanggotaan linier turun karena memiliki *critical quality smaller is better*.

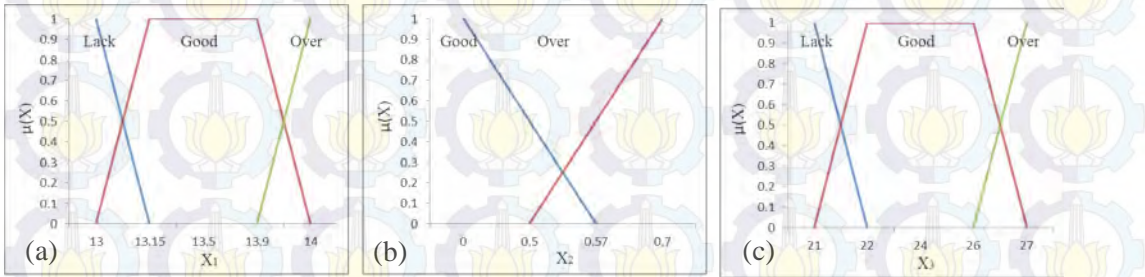
Dalam penelitian ini menggunakan empat skenario dalam pembuatan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* untuk melihat fungsi keanggotaan yang sesuai dengan data yang digunakan. Keempat skenario adalah.

1. Skenario 1, dengan representasi kurva *trapezoidal*.
2. Skenario 2, dengan representasi kurva *trapezoidal* dengan modifikasi *trapezoidal* simetris.
3. Skenario 3, dengan representasi kurva *trapezoidal* dengan modifikasi *trapezoidal* tidak simetris.
4. Skenario 4, dengan representasi kurva segitiga.

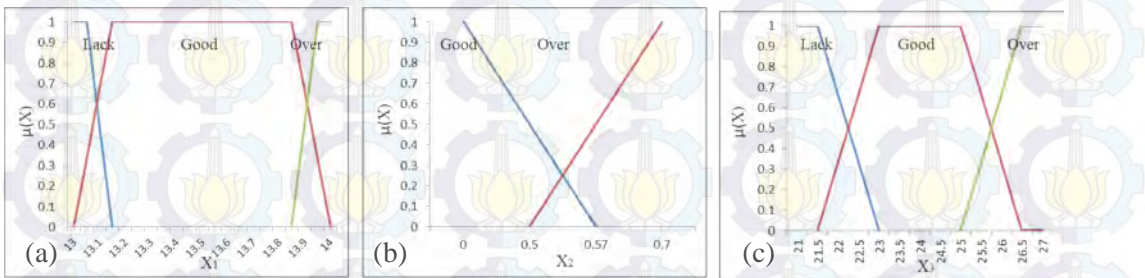
Ilustrasi fungsi keanggotaan variabel karakteristik pada masing-masing skenario yang digunakan dapat dilihat pada Gambar berikut.



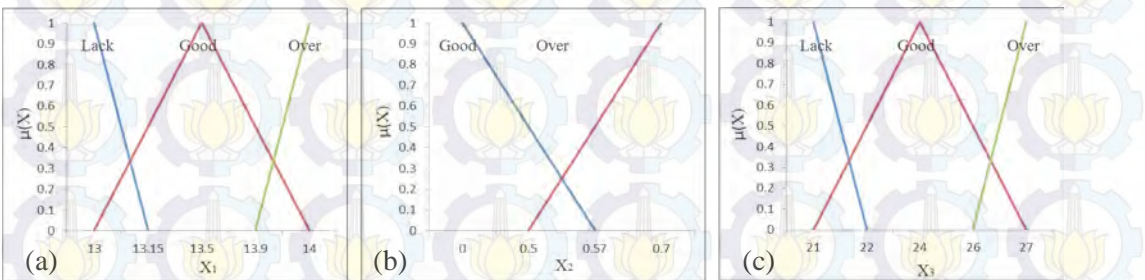
Gambar 3.1 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 1, (a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*



Gambar 3.2 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 2, (a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*



Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 3, (a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*



Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 4, (a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*

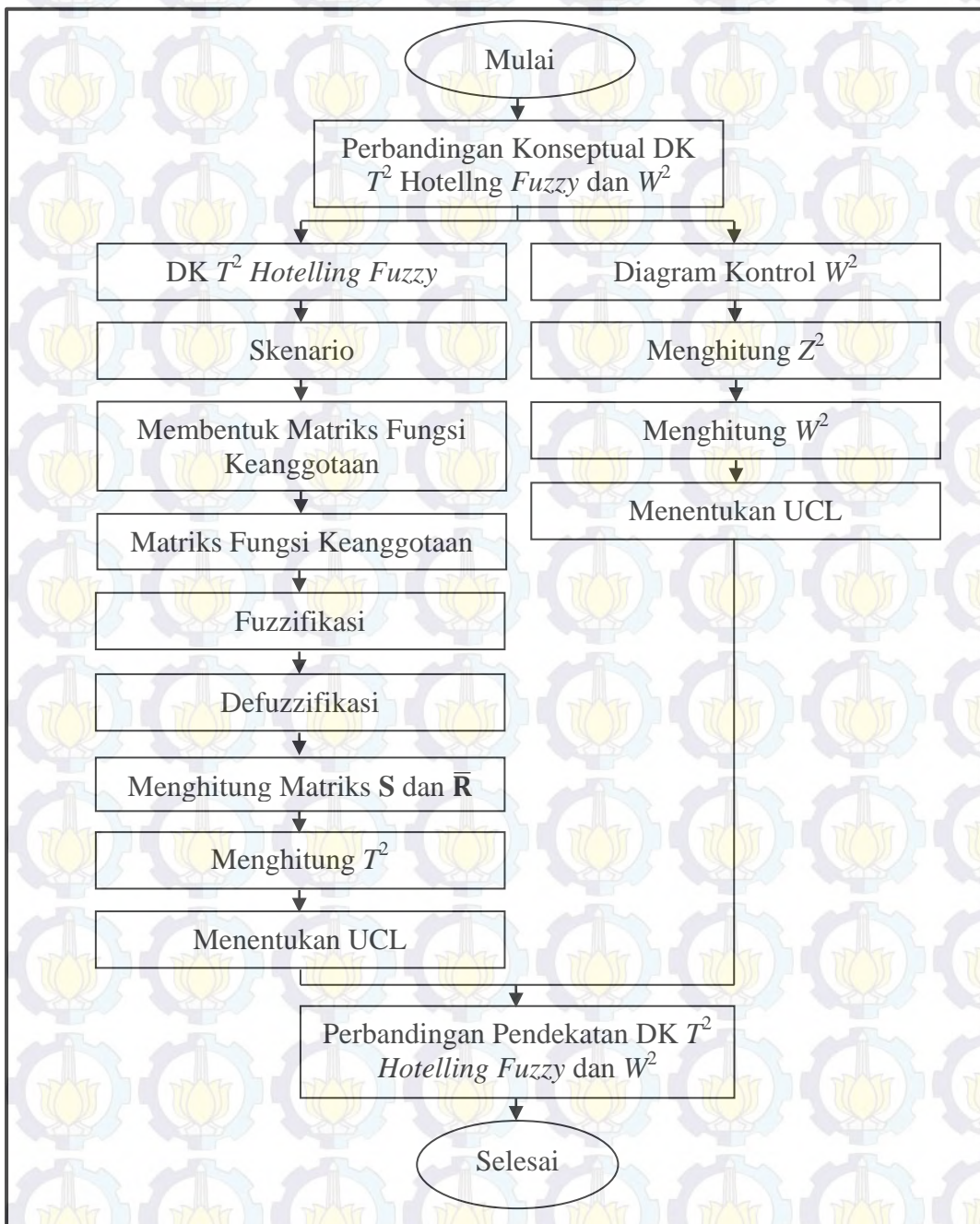
3.2 Langkah Penelitian

Langkah analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membandingkan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan Diagram Kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas secara konseptual.
2. Dalam penelitian ini menggunakan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dan diagram kontrol W^2 .
 - a. Tahapan dalam membuat diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan adalah
 - i. Menghitung dan mengelompokkan jumlah observasi tiap subgrup dari masing-masing karakteristik kualitas.
 - ii. Menentukan skenario untuk menghasilkan fungsi keanggotaan yang berbeda.
 - iii. Membentuk matriks fungsi keanggotaan tiap variabel karakteristik kualitas sesuai dengan fungsi keanggotaan trapesium, linier naik, dan linier turun berdasarkan Gambar 3.1.
 - iv. Mentransformasi data pengamatan yang telah dikelompokkan ke dalam himpunan bilangan *Fuzzy* menggunakan matriks fungsi keanggotaan dengan menggunakan persamaan (2.8).
 - v. Mendapatkan nilai representatif menggunakan metode *Fuzzy median transformation* dengan persamaan (2.9) dan (2.10).
 - vi. Menghitung invers matriks varian kovarian dan rata-rata dari nilai representatif.
 - vii. Menentukan nilai UCL dan LCL dengan menggunakan persamaan (2.15) dan (2.16).
 - viii. Mendapatkan nilai statistika T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan menggunakan persamaan (2.14).
 - b. Tahapan dalam membuat diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas adalah
 - i. Menghitung nilai Z_{ij}^2 dengan menggunakan persamaan (2.26) dan mendapatkan nilai statistik W_i^2 dengan menggunakan persamaan (2.27).

- ii. Menentukan derajat bebas statistik W_i^2 yaitu v_j dengan menggunakan persentil dari distribusi χ^2
- iii. Menentukan UCL dan LCL berdasarkan distribusi menggunakan persamaan (2.29) dan (2.30).

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir (*flow chart*) sebagai berikut.



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian Lanjutan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menganalisis dan membahas data untuk mencapai tujuan pada penelitian ini. Analisis dan pembahasan yang dilakukan pada karakteristik kualitas tepung terigu yang dilakukan dengan menggunakan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas. Terdapat empat skenario dalam pembuatan diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* untuk mengetahui efek perbedaan fungsi keanggotaan dan mengetahui fungsi keanggotaan yang sesuai. Pada penelitian ini digunakan dua pendekatan dalam membuat diagram kontrol, yaitu dengan pendekatan fungsi keanggotaan dan probabilitas. Setiap pendekatan mempunyai kelebihan dan kekurangan sehingga akan dilakukan perbandingan antara kedua pendekatan tersebut secara konsep dan secara empiris.

4.1 Konsep Diagram Kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dan W^2

Pada diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan masing-masing dari bagian himpunan *Fuzzy* yang digunakan untuk transformasi *Fuzzy* pada setiap *term set* yang umumnya bersifat linguistik dirubah menjadi nilai representatif. Derajat keanggotaan dipengaruhi oleh representasi yang ditentukan dan nilai pengamatan. Derajat keanggotaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) untuk representasi linier naik, persamaan (2.2) untuk representasi linier turun, serta persamaan (2.3) untuk representasi kurva segitiga, dan persamaan (2.4) untuk representasi kurva *trapezoidal*. Setiap *term set* ditandai dengan fungsi keanggotaan $\mu_{jh}(x)$, dimana x adalah ukuran dari tingkat kualitas, dan kualitas terbaik adalah 0 dan yang terburuk adalah 1. Ini adalah variabel dasar yang distandarisasi pada interval $[0,1]$. Anggota himpunan *Fuzzy* dalam matriks fungsi keanggotaan dihubungkan dengan crisp input dalam setiap *term set* harus diubah menjadi nilai skalar. Nilai-nilai tersebut disebut nilai representatif.

Pada persamaan (2.8) dapat diketahui bahwa proporsi pengamatan tiap *term set* di tolerir dengan fungsi keanggotaan pada masing-masing *term set*. Pada penelitian ini fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *trapezoidal* yang

memiliki 4 sudut, sehingga pada tiap subgrup akan memiliki 4 *Fuzzy number*. Persamaan (2.9) dan (2.10) digunakan untuk melihat kecondongan atau kemiringan nilai tiap anggota himpunan *Fuzzy* hasil *defuzzifikasi* pada representasi kurva segitiga dan *trapezoidal* dengan menggunakan median karena median lebih robust terhadap data pengamatan serta nilai *defuzzifikasi* dipengaruhi oleh *outlier*. Hasil *defuzzifikasi* merupakan nilai representatif tiap karakteristik kualitas didekati dengan fungsi keanggotaan.

Matriks fungsi keanggotaan efektif jika digunakan pada data yang bersifat linguistik karena pada data linguistik, data dapat ditransformasi menjadi data numerik. Jika data yang digunakan adalah data bersifat numerik, transformasi dengan matriks fungsi keanggotaan dinilai kurang efektif karena jenis data yang ditransformasi tetap sama.

Sedangkan Diagram Kontrol dengan pendekatan probabilitas, persamaan (2.26) digunakan untuk memantau periode ke- i pada karakteristik kualitas ke- j dengan menggunakan pendekatan distribusi $\chi^2_{q_j}$ sehingga nilai frekuensi kenyataan atau *actual count* pada tiap *term set* tidak boleh bernilai 0. Frekuensi harapan yang digunakan pada pendekatan probabilitas adalah proses *in control* pada subgrup pertama atau periode ke-0. Jika hasil observasi tidak homogen dalam varians, dan pada periode ke-0 didapatkan nilai frekuensi kenyataan pada tiap *term set* bernilai sangat sesuai dengan harapan atau *in control* maka akan membebani subgrup selanjutnya yang nantinya dapat disimpulkan bahwa terdapat banyak pengamatan yang *out of control*. Persamaan (2.27) merupakan statistik untuk memantau periode ke- i terhadap tiga karakteristik kualitas yang digunakan pada penelitian ini. Statistik W^2 merupakan kombinasi linier dari korelasi ketiga karakteristik kualitas dan didekati dengan distribusi χ^2 . Dikarenakan pemantauan dimulai pada periode ke-0 atau subgrup pertama, maka nilai W^2 pada subgrup pertama bernilai 0 maka subgrup pertama tidak bisa digunakan sebagai sampel perhitungan. Sehingga pada sampel yang diambil untuk dibahas pada sub bab selanjutnya adalah subgrup kedua.

Tabel 4.1 Perbandingan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2

	Fungsi Keanggotaan	Probabilitas
Kelebihan	Cocok pada data linguistik	Cocok pada data numerikal
	Fungsi keanggotaan bisa disesuaikan dengan kondisi data dan kebijakan perusahaan	Menggunakan asumsi proses <i>in control</i>
Kekurangan	Sulit menentukan matriks fungsi keanggotaan	Nilai frekuensi kenyataan tidak boleh bernilai 0

4.2 Penerapan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2

Proses pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dan W^2 tidak jauh berbeda dengan pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy pada umumnya, yang membedakannya adalah proses transformasi data awal atau bilangan *crisp* menjadi bilangan bilangan *Fuzzy* dan ditransformasi kembali menjadi bilangan *crisp*.

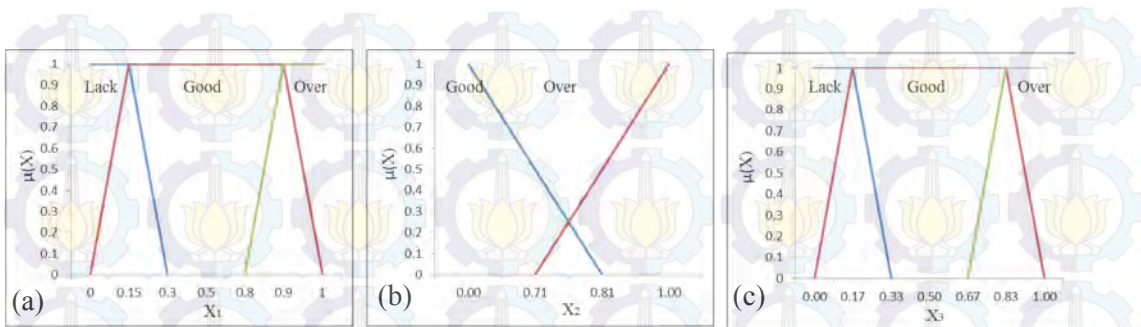
4.2.1 Penerapan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy

Pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy pada penelitian ini akan menggunakan empat skenario skenario untuk melihat fungsi keanggotaan yang sesuai dengan data yang digunakan.

Skenario 1

Tahap awal dalam pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy adalah mengelompokkan data kedalam kategori tertentu di masing-masing karakteristik kualitas, data yang seperti ini disebut dapat dianggap data *crisp input*. Pada proses *fuzzification* atau proses transformasi bilangan *crisp* menjadi bilangan *Fuzzy*, digunakan matriks fungsi keanggotaan. Sedangkan pada proses *defuzzification* atau proses transformasi bilangan *Fuzzy* menjadi bilangan *crisp* menggunakan *Trapezoidal Fuzzy Number* (TrFN). Berikut merupakan ilustrasi dan matriks fungsi keanggotaan yang digunakan pada skenario 1.

Berdasarkan Gambar 3.1 akan dilakukan interpolasi menggunakan persamaan (2.6) dimana nilai maksimum titik pengamatan bernilai 1 dan nilai minimum titik pengamatan bernilai 0 untuk seluruh variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Hasil interpolasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 1 Setelah Interpolasi,

(a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui derajat keanggotaan pada masing-masing *term set* untuk X_1 pada skenario 1. Dengan menggunakan persamaan (2.1) untuk *term set lack*, persamaan (2.2) untuk *term set over*, dan persamaan (2.4) untuk *term set good* sehingga didapatkan derajat keanggotaan pada *term set lack* sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 13.15 \\ (13.3 - x) / (13.3 - 13.15) & ; 13.15 \leq x \leq 13.3 \\ 0 & ; x \geq 13.3. \end{cases}$$

Sedangkan derajat keanggotaan untuk *term set good* dan *over* adalah sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 13 \text{ atau } x \geq 13.9 \\ (x - 13) / (13.15 - 13) & ; 13 \leq x \leq 13.15 \\ 1 & ; 13.15 \leq x \leq 13.9 \\ (14 - x) / (14 - 13.9) & ; 13.9 \leq x \leq 14, \end{cases}$$

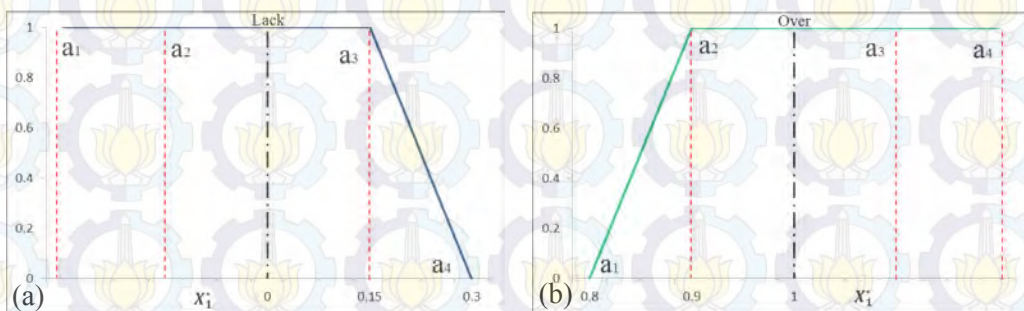
$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 13.8 \\ (x - 13.8) / (13.9 - 13.8) & ; 13.8 \leq x \leq 13.9 \\ 1 & ; x \geq 13.9. \end{cases}$$

Representasi kurva suatu fungsi keanggotaan bersifat simetris jika nilai total dari a_1 dan a_4 bernilai sama dengan nilai total dari a_2 dan a_3 . Tiap skenario memiliki tingkat kesimetrisan representasi kurva yang berbeda. Tingkat kesimetrisan pada skenario 1 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

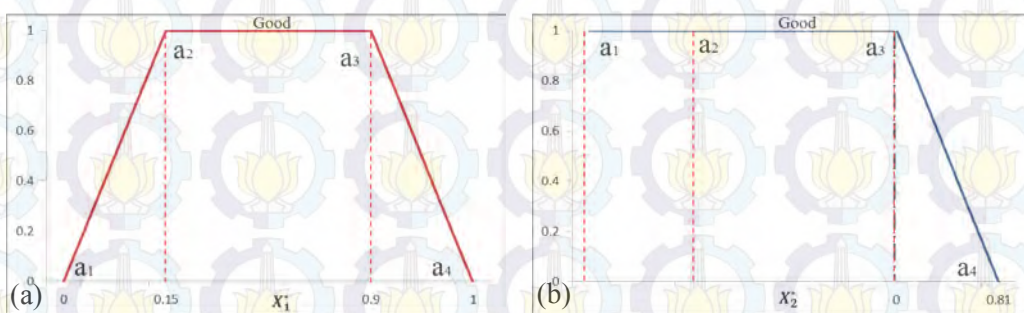
Tabel 4.2 Tingkat Kesimetrisan Skenario 1

Variabel	Term Set	a_1	a_2	a_3	a_4
X_1	Lack	-	-	0.15	0.3
	Good	0	0.15	0.8	1
	Over	0.8	0.9	-	-
X_2	Good	-	-	0	0.81
	Over	0.71	1	-	-
X_3	Lack	-	-	0.17	0.33
	Good	0	0.33	0.83	1
	Over	0.67	0.83	-	-

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa skenario 1 memiliki representasi kurva *trapezoidal* yang tidak simetris karena nilai total dari a_1 dan a_4 tidak sama dengan nilai total dari a_2 dan a_3 . Gambar 4.1 menunjukkan matriks fungsi keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan. Pada variabel X_1 didapatkan matriks berukuran 3x4, untuk variabel X_2 didapatkan matriks berukuran 2x4, sedangkan untuk variabel X_3 didapatkan matriks berukuran 3x4.



Gambar 4.2 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 1 Untuk X_1 (a) Lack dan (b) Over



Gambar 4.3 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 1 (a) Good X_1 dan (b) Good X_2

Berdasarkan Gambar 4.2a dapat dilihat bahwa nilai a_1 dan a_2 untuk *term set lack* berada di bawah 0, sedangkan nilai *Fuzzy set number* berada di antara $[0,1]$ sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 untuk *term set lack* pada variabel X_1 didapatkan nilai sebesar 0. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set lack* X_3 , sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 bernilai 0. Gambar 4.2b

menunjukkan nilai a_3 dan a_4 berada di atas nilai 1, sehingga nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 pada *term set over* variabel X_1 bernilai 1. Dengan perlakuan yang sama, nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 *term set over* X_3 bernilai 1.

Gambar 4.3a menunjukkan derajat keanggotaan untuk *term set good* pada X_1 . Dapat dilihat dengan jelas bahwa nilai $a_1, a_2, a_3,$ dan a_4 berada di antara nilai $[0,1]$ sehingga derajat keanggotaannya sesuai dengan *domain*. Dengan kondisi yang sama juga terjadi pada *term set good* untuk X_3 . Gambar 4.3b menunjukkan nilai a_1 dan a_2 untuk *term set good* pada variabel X_2 berada di bawah 0, sehingga nilai dapat dianggap bernilai 0. Berikut merupakan matriks pada masing-masing karakteristik kualitas.

$$\tilde{\varphi}_{X_1} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.15 & 0.30 \\ 0.00 & 0.15 & 0.90 & 1.00 \\ 0.80 & 0.90 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \tilde{\varphi}_{X_2} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \text{ dan}$$

$$\tilde{\varphi}_{X_3} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.17 & 0.33 \\ 0.00 & 0.17 & 0.83 & 1.00 \\ 0.67 & 0.83 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks fungsi keanggotaan akan dilakukan transformasi dari bilangan *crisp* menjadi bilangan *Fuzzy*. Misalkan diambil sampel pada subgrup kedua untuk menghitung proporsi dari masing-masing karakteristik kualitas maka dapat diketahui proporsi pada masing-masing *term set* untuk tiap karakteristik kualitas.

Tabel 4.3 Proporsi Karakteristik Kualitas Variabel

Sub Grup	Crisp Input										
	X ₁			X ₂		X ₃					
	Lack	Good	Over	Good	Over	Lack	Good	Over			
	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{31}	a_{32}	a_{33}			
2	16	15	1	20	12	4	20	8			
	16	15	1	20	12	4	20	8			
Proporsi	$\frac{16}{32}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{20}{32}$	$\frac{12}{32}$	$\frac{4}{32}$	$\frac{20}{32}$	$\frac{8}{32}$			
	=0.500	=0.469	=0.031	=0.625	=0.375	=0.125	=0.625	=0.250			

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui nilai proporsi dari masing-masing karakteristik kualitas. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Fuzzy input* dengan menggunakan persamaan (2.8).

$$TrFN(X_1) = [0.5 \quad 0.469 \quad 0.031] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.15 & 0.30 \\ 0.00 & 0.15 & 0.90 & 1.00 \\ 0.80 & 0.90 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$= [0.025 \quad 0.098 \quad 0.528 \quad 0.650]$$

$$\begin{aligned} TrFN(X_2) &= [0.625 \quad 0.375] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.266 \quad 0.375 \quad 0.375 \quad 0.881] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TrFN(X_3) &= [0.125 \quad 0.625 \quad 0.25] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.17 & 0.33 \\ 0.00 & 0.17 & 0.83 & 1.00 \\ 0.67 & 0.83 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.168 \quad 0.210 \quad 0.686 \quad 0.833] \end{aligned}$$

Perhitungan nilai representatif untuk masing-masing karakteristik kualitas dihitung dengan menggunakan *Fuzzy Median Transformation*. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas. Misalkan diambil contoh pada subgrup kedua yang sebelumnya telah dilakukan perhitungan. Untuk X_1 didapatkan nilai representatif sebagai berikut.

Jika $(a_2+a_3) \leq (a_1+a_4) \Leftrightarrow (0.098+0.528) \leq (0.025+0.650) \Leftrightarrow 0.627 \leq 0.675$ maka

$$R_{12} = 0.650 - \sqrt{\frac{(0.650-0.548)(0.650-0.098)(0.650-0.025)}{3}} = 0.532, \text{ sebaliknya}$$

$$R_{12} = 0.025 + \sqrt{\frac{(0.650-0.025)(0.528-0.025)(0.098-0.025)}{3}} = 0.113$$

Berdasarkan perhitungan di atas pada subgrup kedua didapatkan nilai representatif sebesar 0.532 dikarenakan 0.627 lebih kecil daripada 0.675. Dengan menggunakan persamaan yang sama, dilakukan perhitungan pada seluruh subgrup dan seluruh karakteristik kualitas yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai statistik T^2 pada tiap subgrup dengan menggunakan persamaan (2.14), yang sebelumnya sudah harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan matriks varians kovarians dan rata-rata dari nilai representatif. Berikut merupakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata yang didapatkan dari nilai representatif.

$$\begin{aligned} \bar{R} &= [0.329 \quad 0.478 \quad 0.488] \\ S &= \begin{bmatrix} 0.0277 & 0.0043 & -0.0002 \\ 0.0043 & 0.0056 & -0.0013 \\ -0.0002 & -0.0013 & 0.0352 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata akan dilakukan perhitungan nilai statistik T^2 . Jika dimisalkan diambil contoh pada subgrup kedua, perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$T_{f(2)}^2 = \left(\begin{bmatrix} 0.532 & 0.652 & 0.318 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.329 & 0.478 & 0.488 \end{bmatrix} \right)^T \begin{bmatrix} 0.0277 & 0.0043 & -0.0002 \\ 0.0043 & 0.0056 & -0.0013 \\ -0.0002 & -0.0013 & 0.0352 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\left(\begin{bmatrix} 0.532 & 0.652 & 0.318 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.329 & 0.478 & 0.488 \end{bmatrix} \right) = 6.131$$

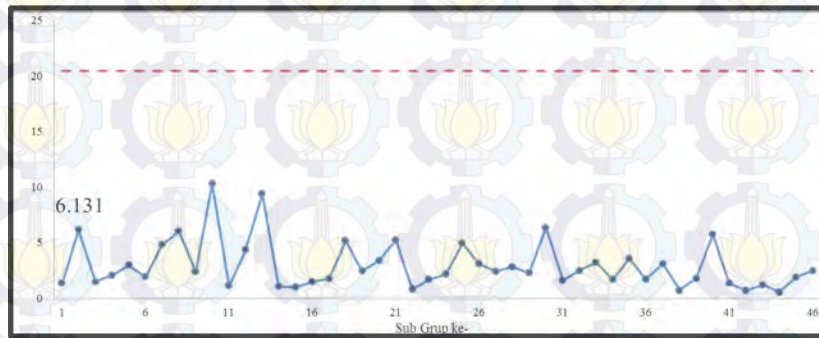
Nilai T^2 pada subgrup kedua didapatkan nilai T^2 sebesar 6.131. Dengan menggunakan cara yang sama maka akan didapatkan nilai statistik T^2 pada seluruh subgrup beserta nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 1

Sub Grup	Nilai Representatif			T^2	Sub Grup	Nilai Representatif			T^2
	R_1	R_2	R_3			R_1	R_2	R_3	
1	0.532	0.652	0.318	1.311	24	0.225	0.458	0.242	2.146
2	0.214	0.435	0.322	6.131	25	0.645	0.547	0.276	4.904
3	0.241	0.412	0.709	1.459	26	0.218	0.547	0.268	3.081
4	0.413	0.412	0.733	2.042	27	0.198	0.481	0.242	2.391
5	0.223	0.435	0.713	2.958	28	0.198	0.412	0.251	2.815
6	0.210	0.568	0.715	1.896	29	0.198	0.481	0.251	2.260
7	0.664	0.481	0.725	4.764	30	0.588	0.412	0.275	6.329
8	0.321	0.412	0.275	6.013	31	0.227	0.481	0.682	1.561
9	0.241	0.672	0.643	2.363	32	0.198	0.412	0.725	2.470
10	0.290	0.503	0.652	10.288	33	0.198	0.412	0.225	3.208
11	0.664	0.525	0.581	1.090	34	0.476	0.435	0.534	1.664
12	0.626	0.692	0.326	4.313	35	0.538	0.435	0.333	3.576
13	0.355	0.412	0.527	9.357	36	0.168	0.481	0.341	1.659
14	0.298	0.503	0.321	1.019	37	0.198	0.568	0.477	3.100
15	0.206	0.481	0.652	0.948	38	0.306	0.435	0.385	0.693
16	0.223	0.435	0.699	1.448	39	0.198	0.412	0.659	1.744
17	0.268	0.611	0.275	1.720	40	0.671	0.568	0.682	5.715
18	0.206	0.412	0.725	5.142	41	0.168	0.412	0.543	1.319
19	0.569	0.435	0.527	2.417	42	0.214	0.435	0.547	0.671
20	0.645	0.568	0.682	3.383	43	0.233	0.435	0.341	1.175
21	0.233	0.458	0.617	5.179	44	0.233	0.435	0.527	0.509
22	0.241	0.435	0.703	0.791	45	0.223	0.412	0.318	1.859
23	0.532	0.652	0.318	1.669	46	0.431	0.481	0.225	2.445

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa nilai T^2 tiap subgrup sehingga langkah selanjutnya adalah menentukan *Upper Limit Control* (UCL) dan membuat diagram T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan nilai statistik T^2 yang telah didapatkan untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak. Berdasarkan persamaan (2.15), dengan jumlah karakteristik yang digunakan (p) sebanyak 3 dan jumlah pengamatan (m) sebanyak 46 maka didapatkan nilai UCL sebesar 20.427 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$UCL = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}} = \frac{(46-1)^2}{46} \beta_{0.05, \frac{3}{2}, \frac{46-3-1}{2}} = 20.427$$

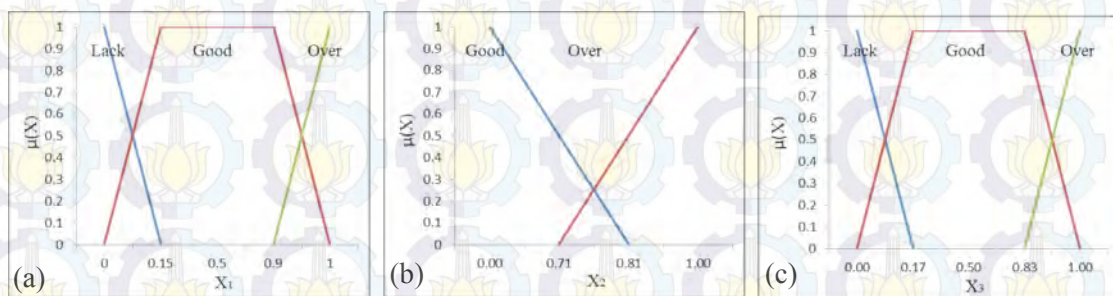


Gambar 4.4 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 1

Pada Gambar 4.4 dapat diketahui secara visual bahwa tidak terdapat pengamatan atau subgrup yang berada di atas UCL, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi telah terkendali atau *in control*. Langkah selanjutnya adalah membuat diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan skenario 2.

Skenario 2

Skenario 2 adalah melakukan modifikasi pada variabel X_1 dan X_3 dengan tetap menggunakan representasi kurva *trapezoidal*. Berdasarkan Gambar 3.2 akan dilakukan interpolasi menggunakan persamaan (2.6) untuk seluruh variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Hasil interpolasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 2 Setelah Interpolasi,

(a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*

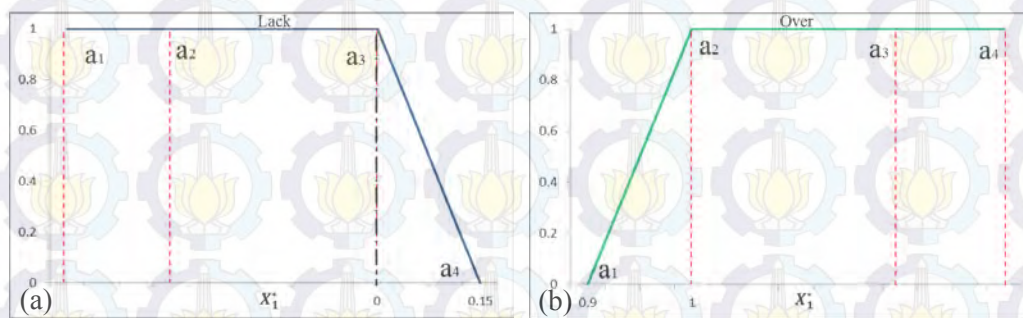
Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui matriks fungsi keanggotaan untuk skenario 2 pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan.

Sama seperti skenario 1, skenario 2 juga memiliki tingkat kesimetrisan yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tingkat Kesimetrisan Skenario 2

Variabel	Term Set	a_1	a_2	a_3	a_4
X_1	Lack	-	-	0	0.15
	Good	0	0.15	0.9	1
	Over	0.8	0.9	-	-
X_2	Good	-	-	0	0.81
	Over	0.71	1	-	-
X_3	Lack	-	-	0	0.17
	Good	0	0.17	0.83	1
	Over	0.83	1	-	-

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa skenario 2 memiliki representasi kurva *trapezoidal* yang tidak simetris karena nilai total dari a_1 dan a_4 tidak sama dengan nilai total dari a_2 dan a_3 . Pembentukan matriks fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4.6 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 2 Untuk X_1 (a) Lack dan (b) Over

Berdasarkan Gambar 4.6a dapat dilihat bahwa nilai a_1 dan a_2 pada *term set lack* berada di bawah 0, sedangkan nilai *Fuzzy set number* berada di antara $[0,1]$ sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 untuk *term set lack* pada variabel X_1 didapatkan nilai sebesar 0. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set lack* X_3 , sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 bernilai 0. Gambar 4.6b menunjukkan nilai a_3 dan a_4 berada di atas nilai 1, sehingga nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 pada *term set over* variabel X_1 bernilai 1. Dengan perlakuan yang sama, nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 *term set over* X_3 bernilai 1.

Derajat keanggotaan untuk *term set good* pada X_1 sama seperti halnya pada skenario 1 bahwa nilai $a_1, a_2, a_3,$ dan a_4 berada di antara nilai $[0,1]$ sehingga derajat keanggotaannya sesuai dengan *domain*. Dengan kondisi yang sama juga terjadi pada *term set good* untuk X_3 . Sehingga dapat diketahui matriks fungsi

keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan. Berikut merupakan matriks pada masing-masing karakteristik kualitas.

$$\tilde{\varphi}_{X_1} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.15 \\ 0.00 & 0.15 & 0.90 & 1.00 \\ 0.90 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \tilde{\varphi}_{X_2} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \text{ dan } \tilde{\varphi}_{X_3} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.17 \\ 0.00 & 0.17 & 0.83 & 1.00 \\ 0.83 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks fungsi keanggotaan pada skenario 2 akan dilakukan transformasi dari bilangan *crisp* menjadi bilangan *Fuzzy*. Sampel yang digunakan adalah sampel yang sama pada skenario 1, yaitu subgrup kedua yang telah diketahui proporsi dari masing-masing *term set* di setiap karakteristik kualitas sehingga langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Fuzzy input* menggunakan persamaan (2.8).

$$\begin{aligned} TrFN(X_1) &= [0.5 \quad 0.469 \quad 0.031] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.15 \\ 0.00 & 0.15 & 0.90 & 1.00 \\ 0.90 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.028 \quad 0.102 \quad 0.453 \quad 0.575] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TrFN(X_2) &= [0.625 \quad 0.375] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.266 \quad 0.375 \quad 0.375 \quad 0.881] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TrFN(X_3) &= [0.125 \quad 0.625 \quad 0.25] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.17 \\ 0.00 & 0.17 & 0.83 & 1.00 \\ 0.83 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.208 \quad 0.356 \quad 0.769 \quad 0.896] \end{aligned}$$

Pada skenario 2, perhitungan nilai representatif untuk masing-masing karakteristik kualitas dihitung juga menggunakan *Fuzzy Median Transformation*. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas. Misalkan diambil contoh pada subgrup kedua yang sebelumnya telah dilakukan perhitungan. Untuk X_1 didapatkan nilai representatif sebagai berikut.

Jika $(a_2+a_3) \leq (a_1+a_4) \Leftrightarrow 0.102+0.453 \leq 0.028+0.575 \Leftrightarrow 0.555 \leq 0.603$ maka

$$R_{12} = 0.575 - \sqrt{\frac{(0.575-0.453)(0.575-0.102)(0.575-0.028)}{3}} = 0.472, \text{ sebaliknya}$$

$$R_{12} = 0.028 + \sqrt{\frac{(0.575-0.028)(0.453-0.028)(0.102-0.028)}{3}} = 0.104$$

Berdasarkan perhitungan di atas pada subgrup kedua pada skenario 2 didapatkan nilai representatif sebesar 0.472 dikarenakan 0.555 lebih kecil daripada 0.603. Dengan menggunakan persamaan yang sama, dilakukan perhitungan pada seluruh subgrup dan seluruh karakteristik kualitas yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai statistik T^2 pada tiap subgrup yang sebelumnya sudah harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan matriks varians kovarians dan rata-rata dari nilai representatif. Berikut merupakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata yang didapatkan dari nilai representatif.

$$\bar{R} = [0.321 \quad 0.478 \quad 0.477]$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.0226 & 0.0038 & 0.0003 \\ 0.0038 & 0.0056 & -0.0011 \\ 0.0003 & -0.0011 & 0.0284 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata akan dilakukan perhitungan nilai statistik T^2 . Pada skenario 2 contoh yang diambil juga subgrup kedua, perhitungan sebagai berikut.

$$T_{f(2)}^2 = \left([0.472 \quad 0.652 \quad 0.346] - [0.321 \quad 0.478 \quad 0.477]^T \right) \begin{bmatrix} 0.0226 & 0.0038 & 0.0003 \\ 0.0038 & 0.0056 & -0.0011 \\ 0.0003 & -0.0011 & 0.0284 \end{bmatrix}^{-1} \left([0.472 \quad 0.652 \quad 0.346] - [0.321 \quad 0.478 \quad 0.477]^T \right) = 5.838$$

Pada skenario 2 nilai T^2 pada subgrup kedua didapatkan nilai T^2 sebesar 5.838 yang tidak jauh berbeda dengan nilai T^2 pada skenario pertama. Dengan menggunakan cara yang sama maka akan didapatkan nilai statistik T^2 pada seluruh subgrup beserta nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas dapat dilihat pada Tabel 4.6.

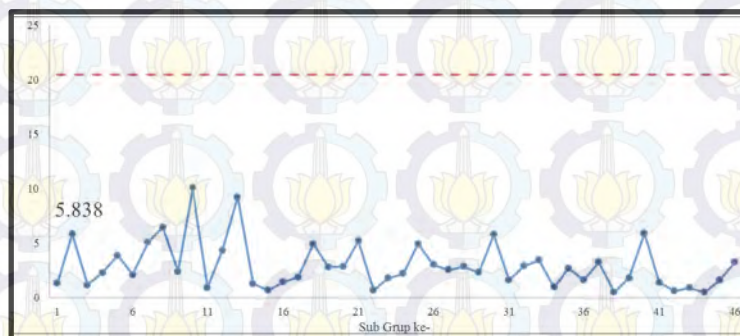
Tabel 4.6a Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 2

Sub Grup	Nilai Representatif			T^2	Sub Grup	Nilai Representatif			T^2
	R_1	R_2	R_3			R_1	R_2	R_3	
1	0.284	0.435	0.654	1.350	24	0.227	0.458	0.251	2.197
2	0.472	0.652	0.346	5.838	25	0.608	0.547	0.292	4.915
3	0.215	0.435	0.357	1.167	26	0.219	0.547	0.284	3.018
4	0.245	0.412	0.690	2.272	27	0.197	0.481	0.248	2.533
5	0.439	0.412	0.720	3.856	28	0.197	0.412	0.263	2.835
6	0.224	0.435	0.691	2.119	29	0.197	0.481	0.263	2.313
7	0.210	0.568	0.696	5.075	30	0.537	0.412	0.289	5.771
8	0.631	0.481	0.711	6.442	31	0.230	0.481	0.654	1.617
9	0.336	0.412	0.289	2.400	32	0.197	0.412	0.711	2.885

Tabel 4.6b Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 2 (Lanjutan)

Sub Grup	Nilai Representatif			T^2	Sub Grup	Nilai Representatif			T^2
	R_1	R_2	R_3			R_1	R_2	R_3	
10	0.245	0.672	0.608	10.065	33	0.197	0.412	0.228	3.431
11	0.301	0.503	0.615	0.928	34	0.403	0.435	0.472	0.950
12	0.631	0.525	0.529	4.326	35	0.479	0.435	0.363	2.682
13	0.585	0.692	0.354	9.206	36	0.163	0.481	0.371	1.602
14	0.374	0.412	0.464	1.275	37	0.197	0.568	0.403	3.261
15	0.309	0.503	0.351	0.663	38	0.319	0.435	0.429	0.475
16	0.206	0.481	0.615	1.425	39	0.197	0.412	0.629	1.809
17	0.224	0.435	0.675	1.883	40	0.638	0.568	0.654	5.894
18	0.276	0.611	0.289	4.935	41	0.163	0.412	0.485	1.402
19	0.206	0.412	0.711	2.812	42	0.215	0.435	0.488	0.620
20	0.515	0.435	0.464	2.836	43	0.236	0.435	0.371	0.910
21	0.608	0.568	0.654	5.198	44	0.236	0.435	0.464	0.487
22	0.236	0.458	0.575	0.667	45	0.224	0.412	0.346	1.603
23	0.245	0.435	0.678	1.793	46	0.461	0.481	0.228	3.260

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai T^2 tiap subgrup pada skenario 2 sehingga langkah selanjutnya adalah membuat diagram T^2 Hotelling Fuzzy dengan nilai UCL yang telah didapatkan pada skenario 1. Nilai statistik T^2 yang telah didapatkan digunakan untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak.



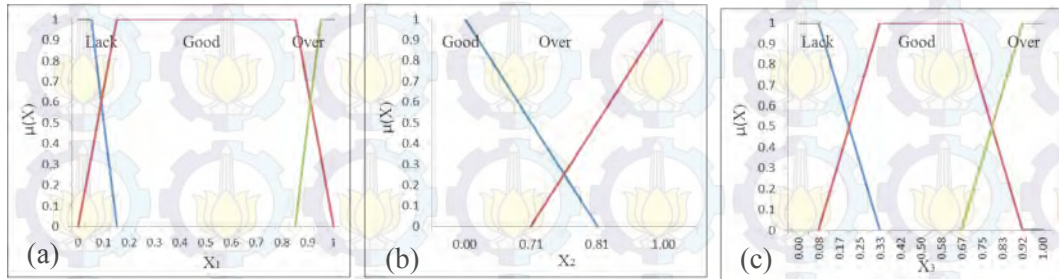
Gambar 4.7 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 2

Pada Gambar 4.7 dapat diketahui secara visual bahwa pada skenario 2 juga tidak terdapat pengamatan atau subgrup yang berada di atas UCL, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi telah *in control*. Langkah selanjutnya adalah membuat diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan skenario 3.

Skenario 3

Skenario 3 adalah representasi kurva *trapezoidal* dengan melakukan modifikasi *trapezoidal* tidak simetris terhadap derajat fungsi keanggotaan pada variabel X_1 dan X_3 . Sama seperti pada skenario 1 dan 2, pada skenario 3 akan dilakukan interpolasi dimana nilai maksimum titik pengamatan bernilai 1 dan nilai

minimum titik pengamatan bernilai 0 untuk seluruh variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Hasil interpolasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



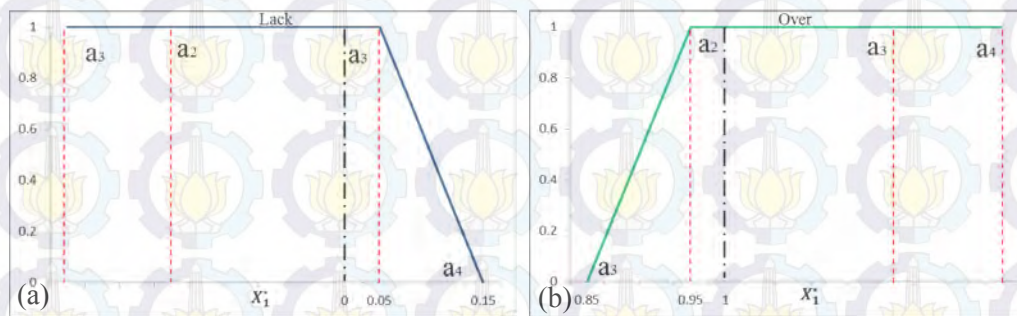
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 3 Setelah Interpolasi, (a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui representasi kurva yang digunakan dan matriks fungsi keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan. Tingkat kesimetrisan pada skenario 3 untuk seluruh karakteristik kualitas yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tingkat Kesimetrisan Skenario 2

Variabel	Term Set	a_1	a_2	a_3	a_4
X_1	Lack	-	-	0.05	0.15
	Good	0	0.15	0.85	1
	Over	0.85	1	-	-
X_2	Good	-	-	0	0.81
	Over	0.71	1	-	-
X_3	Lack	-	-	0.08	0.33
	Good	0.08	0.33	0.67	0.92
	Over	0.67	0.92	-	-

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa skenario 3 memiliki representasi kurva *trapezoidal* yang simetris karena total dari a_1 dan a_4 bernilai sama dengan total dari a_2 dan a_3 . Pembentukan matriks fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4.9 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 3 Untuk X_1 (a) Lack dan (b) Over

Berdasarkan Gambar 4.9a dapat dilihat bahwa nilai a_1 dan a_2 pada skenario 3 untuk *term set lack* berada di bawah 0, sedangkan nilai *Fuzzy set number* berada di antara $[0,1]$ sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 untuk *term set lack* pada variabel X_1 didapatkan nilai sebesar 0. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set lack* X_3 , sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 dan a_2 bernilai 0. Gambar 4.6b menunjukkan nilai a_3 dan a_4 berada di atas nilai 1, sehingga nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 pada *term set over* variabel X_1 bernilai 1. Oleh karena itu nilai derajat keanggotaan a_3 dan a_4 *term set over* X_3 bernilai 1 karena kondisi yang serupa. Pada skenario 3 derajat keanggotaan untuk *term set good* pada X_1 sama seperti halnya pada skenario 1 bahwa nilai a_1 , a_2 , a_3 , dan a_4 berada di antara nilai $[0,1]$ sehingga derajat keanggotaannya sesuai dengan *domain*. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set good* untuk X_3 . Sehingga dapat diketahui matriks fungsi keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan pada skenario 3. Berikut merupakan matriks pada masing-masing karakteristik kualitas.

$$\tilde{\varphi}_{X_1} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.05 & 0.15 \\ 0.05 & 0.30 & 0.80 & 0.95 \\ 0.80 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \tilde{\varphi}_{X_2} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \text{ dan } \tilde{\varphi}_{X_3} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.08 & 0.33 \\ 0.08 & 0.33 & 0.67 & 0.92 \\ 0.75 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah *fuzzifikasi* dari bilangan *crisp* menjadi bilangan *Fuzzy* dengan menggunakan matriks fungsi keanggotaan pada skenario 3. Sampel yang digunakan adalah sampel yang sama pada skenario 1 dan skenario 2, yaitu subgrup kedua yang telah diketahui proporsi dari masing-masing *term set* di tiap karakteristik kualitas sehingga langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Fuzzy input* menggunakan persamaan (2.8).

$$\begin{aligned} TrFN(X_1) &= [0.5 \quad 0.469 \quad 0.031] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.05 & 0.15 \\ 0.05 & 0.30 & 0.80 & 0.95 \\ 0.80 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.048 \quad 0.172 \quad 0.431 \quad 0.552] \\ TrFN(X_2) &= [0.625 \quad 0.375] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.266 \quad 0.375 \quad 0.375 \quad 0.881] \\ TrFN(X_3) &= [0.125 \quad 0.625 \quad 0.25] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.08 & 0.33 \\ 0.08 & 0.33 & 0.67 & 0.92 \\ 0.75 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} \\ &= [0.238 \quad 0.456 \quad 0.679 \quad 0.866] \end{aligned}$$

Pada skenario 3, perhitungan nilai representatif untuk masing-masing karakteristik kualitas dihitung juga menggunakan *Fuzzy Median Transformation* untuk representasi kurva *trapezoidal*. Dengan menggunakan persamaan (2.10) didapatkan nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas. Misalkan diambil contoh pada subgroup kedua yang sebelumnya telah dilakukan perhitungan. Untuk X_1 didapatkan nilai representatif sebagai berikut.

Jika $(a_2+a_3) \leq (a_1+a_4) \Leftrightarrow (0.172+0.431) \leq (0.048+0.552) \Leftrightarrow (0.603 \leq 0.600)$ maka

$$R_{12} = 0.552 - \sqrt{\frac{(0.552-0.431)(0.552-0.172)(0.552-0.048)}{3}} = 0.464, \text{ sebaliknya}$$

$$R_{12} = 0.048 + \sqrt{\frac{(0.552-0.048)(0.431-0.048)(0.172-0.048)}{3}} = 0.137$$

Berdasarkan perhitungan di atas pada subgroup kedua untuk variabel X_1 pada skenario 3 didapatkan nilai representatif sebesar 0.317 dikarenakan 0.628 lebih besar daripada 0.625. Dengan menggunakan persamaan yang sama, dilakukan perhitungan pada seluruh subgroup dan seluruh karakteristik kualitas yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai statistik T^2 pada tiap subgroup yang sebelumnya sudah harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan matriks varians kovarians dan rata-rata dari nilai representatif. Berikut merupakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata yang didapatkan dari nilai representatif.

$$\bar{R} = [0.280 \quad 0.478 \quad 0.491]$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.0052 & -0.0017 & 0.0006 \\ -0.0017 & 0.0056 & -0.0008 \\ 0.0006 & -0.0008 & 0.0189 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata akan dilakukan perhitungan nilai statistik T^2 . Pada skenario 3 contoh yang diambil juga subgroup kedua, perhitungannya nilai statistik T^2 adalah sebagai berikut.

$$T_{f(2)}^2 = ([0.137 \quad 0.652 \quad 0.380] - [0.280 \quad 0.478 \quad 0.491])^T \begin{bmatrix} 0.0047 & -0.0016 & 0.0005 \\ -0.0016 & 0.0056 & -0.0008 \\ 0.0005 & -0.0008 & 0.0189 \end{bmatrix}^{-1} ([0.137 \quad 0.652 \quad 0.380] - [0.280 \quad 0.478 \quad 0.491]) = 7.476$$

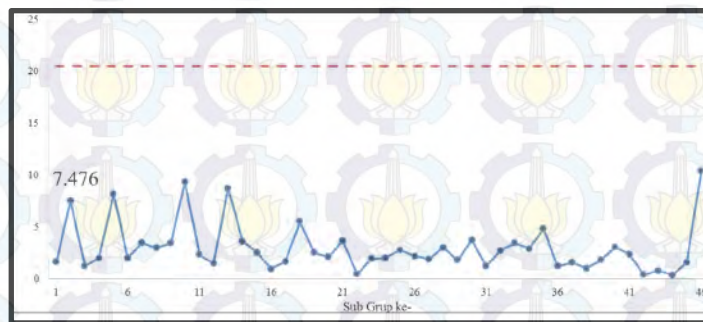
Pada skenario 3 nilai T^2 pada subgroup kedua didapatkan nilai T^2 sebesar 7.476 Dengan menggunakan cara yang sama maka akan didapatkan nilai statistik

T^2 pada seluruh subgrup beserta nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 3

Sub Grup	Nilai Representatif			T^2	Sub Grup	Nilai Representatif			T^2
	R_1	R_2	R_3			R_1	R_2	R_3	
1	0.329	0.435	0.638	1.613	24	0.287	0.458	0.304	1.990
2	0.137	0.652	0.380	7.476	25	0.195	0.547	0.338	2.750
3	0.281	0.435	0.370	1.208	26	0.276	0.547	0.328	2.167
4	0.310	0.412	0.652	2.001	27	0.259	0.481	0.307	1.859
5	0.467	0.412	0.678	8.164	28	0.259	0.412	0.311	2.989
6	0.293	0.435	0.673	1.977	29	0.259	0.481	0.311	1.776
7	0.265	0.568	0.668	3.429	30	0.212	0.412	0.341	3.695
8	0.205	0.481	0.667	2.959	31	0.270	0.481	0.638	1.191
9	0.375	0.412	0.341	3.412	32	0.259	0.412	0.667	2.678
10	0.310	0.672	0.591	9.301	33	0.259	0.412	0.290	3.436
11	0.351	0.503	0.621	2.305	34	0.402	0.435	0.495	2.867
12	0.205	0.525	0.546	1.424	35	0.156	0.435	0.399	4.764
13	0.185	0.692	0.389	8.669	36	0.215	0.481	0.408	1.198
14	0.414	0.412	0.485	3.569	37	0.259	0.568	0.440	1.550
15	0.362	0.503	0.378	2.527	38	0.342	0.435	0.448	0.979
16	0.270	0.481	0.621	0.941	39	0.259	0.412	0.607	1.776
17	0.293	0.435	0.653	1.620	40	0.223	0.568	0.638	3.058
18	0.318	0.611	0.341	5.484	41	0.215	0.412	0.501	2.316
19	0.270	0.412	0.667	2.490	42	0.281	0.435	0.515	0.373
20	0.203	0.435	0.485	2.069	43	0.298	0.435	0.408	0.749
21	0.195	0.568	0.638	3.621	44	0.298	0.435	0.485	0.336
22	0.298	0.458	0.571	0.417	45	0.293	0.412	0.380	1.547
23	0.310	0.435	0.667	1.910	46	0.472	0.481	0.290	10.373

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai T^2 tiap subgrup pada skenario 3 sehingga langkah selanjutnya adalah membuat diagram T^2 Hotelling Fuzzy dengan nilai UCL yang telah didapatkan pada skenario 1. Nilai statistik T^2 yang telah didapatkan digunakan untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak.



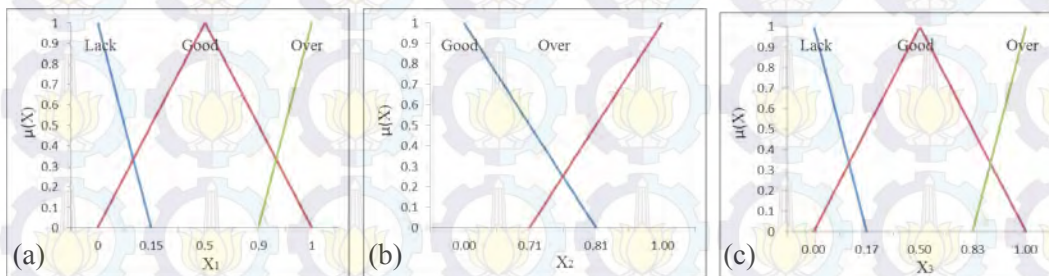
Gambar 4.10 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 3

Pada Gambar 4.10 dapat diketahui secara visual bahwa pada skenario 3 tidak terdapat pengamatan atau subgrup yang berada di atas UCL, sehingga dapat

disimpulkan bahwa proses produksi telah *in control*. Langkah selanjutnya adalah membuat diagram kontrol T^2 *Hotelling Fuzzy* dengan skenario 4.

Skenario 4

Pada skenario 4, kurva representasi yang digunakan adalah representasi kurva segitiga, dimana batas spesifikasi dirubah menjadi titik spesifikasi untuk produk “baik” pada variabel X_1 dan X_3 . Pada skenario 4 juga akan dilakukan interpolasi dimana nilai maksimum titik pengamatan bernilai 1 dan nilai minimum titik pengamatan bernilai 0 untuk seluruh variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Hasil interpolasi pada Gambar 3.4 di dapatkan menggunakan persamaan (2.6) dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan Karakteristik Kualitas Skenario 4 Setelah Interpolasi,

(a). *Moisture*, (b) *Ash*, dan (c) *Gluten*

Pada representasi kurva segitiga juga terdapat tingkat kesimetrisan. Representasi kurva segitiga dikatakan simetris jika nilai total dari a_1 dan a_3 bernilai sama dengan dua kali nilai a_2 . Tingkat kesimetrisan pada skenario 4 untuk seluruh karakteristik kualitas yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Tingkat Kesimetrisan Skenario 4

Variabel	Term Set	a_1	a_2	a_3	a_4
X_1	<i>Lack</i>	-	-	0.05	0.15
	<i>Good</i>	0	0.15	0.85	1
	<i>Over</i>	0.85	1	-	-
X_2	<i>Good</i>	-	-	0	0.81
	<i>Over</i>	0.71	1	-	-
X_3	<i>Lack</i>	-	-	0.08	0.33
	<i>Good</i>	0.08	0.33	0.67	0.92
	<i>Over</i>	0.67	0.92	-	-

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa skenario 3 memiliki representasi kurva *trapezoidal* yang simetris karena total dari a_1 dan a_4 bernilai sama dengan total

dari a_2 dan a_3 . Berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui representasi kurva yang digunakan dan matriks fungsi keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan. Pembentukan matriks fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4.12 Matriks Derajat Keanggotaan Skenario 4 Untuk X_1 (a) Lack dan (b) Good, dan (c) Over

Berdasarkan Gambar 4.12a dapat dilihat bahwa nilai a_1 pada skenario 4 untuk *term set lack* berada di bawah 0 sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 untuk *term set lack* pada variabel X_1 untuk skenario 4 didapatkan nilai sebesar 0. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set lack* variabel X_3 , sehingga nilai derajat keanggotaan a_1 bernilai 0. Dapat dilihat pada Gambar 4.12b, pada skenario 4 derajat keanggotaan untuk *term set good* pada X_1 sama seperti halnya pada skenario 1 bahwa nilai a_1 , a_2 , dan a_3 berada di antara nilai $[0,1]$ sehingga derajat keanggotaannya sesuai dengan *domain*. Kasus yang sama juga terjadi pada *term set good* untuk X_3 . Sehingga dapat diketahui matriks fungsi keanggotaan pada masing-masing karakteristik kualitas yang digunakan pada skenario 4. Gambar 4.12c menunjukkan nilai a_3 berada di atas nilai 1, sehingga pada skenario 4 nilai derajat keanggotaan a_3 pada *term set over* variabel X_1 bernilai 1. Oleh karena itu pada skenario 4 nilai derajat keanggotaan a_3 *term set over* X_3 bernilai 1 karena kondisi yang serupa. Berikut merupakan matriks pada masing-masing karakteristik kualitas pada skenario 4.

$$\tilde{\varphi}_{X_1} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.15 \\ 0.00 & 0.50 & 1.00 \\ 0.90 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \tilde{\varphi}_{X_2} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}, \text{ dan}$$

$$\tilde{\varphi}_{X_3} = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.17 \\ 0.00 & 0.50 & 1.00 \\ 0.83 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah *fuzzifikasi* dari bilangan *crisp* menjadi bilangan *Fuzzy* dengan menggunakan matriks fungsi keanggotaan pada skenario 4. Sampel yang digunakan adalah subgroup kedua yang telah diketahui proporsi

dari masing-masing *term set* di tiap karakteristik kualitas sehingga langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Fuzzy input* menggunakan persamaan (2.8).

$$TrFN(X_1) = [0.5 \quad 0.469 \quad 0.031] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.15 \\ 0.00 & 0.50 & 1.00 \\ 0.90 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} = [0.028 \quad 0.266 \quad 0.575]$$

$$TrFN(X_2) = [0.625 \quad 0.375] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.81 \\ 0.71 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} = [0.266 \quad 0.375 \quad 0.881]$$

$$TrFN(X_3) = [0.125 \quad 0.625 \quad 0.25] \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.17 \\ 0.00 & 0.50 & 1.00 \\ 0.83 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix} = [0.208 \quad 0.563 \quad 0.896]$$

Pada skenario 4, perhitungan nilai representatif untuk masing-masing karakteristik kualitas dihitung menggunakan *Fuzzy Median Transformation* untuk representasi kurva segitiga. Dengan menggunakan persamaan (2.9) didapatkan nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas. Misalkan diambil contoh pada subgrup kedua yang sebelumnya telah dilakukan perhitungan. Untuk X_1 didapatkan nilai representatif sebagai berikut.

$$\text{Jika } (a_2+a_3) \leq (a_1+a_4) \Leftrightarrow 0.266 \leq \frac{0.028+0.575}{2} \Leftrightarrow 0.266 \leq 0.302 \text{ maka}$$

$$R_{12} = 0.575 - \sqrt{\frac{(0.575-0.028)(0.575-0.266)}{2}} = 0.284, \text{ sebaliknya}$$

$$R_{12} = 0.028 + \sqrt{\frac{(0.575-0.028)(0.266-0.028)}{2}} = 0.093$$

Berdasarkan perhitungan di atas pada subgrup kedua untuk variabel X_1 pada skenario 4 dengan menggunakan representasi kurva segitiga didapatkan nilai representatif sebesar 0.284 dikarenakan 0.266 lebih kecil daripada 0.302. Dengan menggunakan persamaan yang sama, dilakukan perhitungan pada seluruh subgrup dan seluruh karakteristik kualitas yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai statistik T^2 pada tiap subgrup yang sebelumnya sudah harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan matriks varians kovarians dan rata-rata dari nilai representatif. Berikut merupakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata yang didapatkan dari nilai representatif.

$$\bar{R} = [0.415 \quad 0.319 \quad 0.249]$$

$$S = \begin{bmatrix} 0.0062 & -0.0014 & 0.0010 \\ -0.0014 & 0.0051 & -0.0010 \\ 0.0010 & -0.0010 & 0.0064 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks varians kovarians dan vektor rata-rata akan dilakukan perhitungan nilai statistik T^2 . Pada skenario 4 contoh yang diambil juga subgrup kedua, perhitungannya nilai statistik T^2 adalah sebagai berikut.

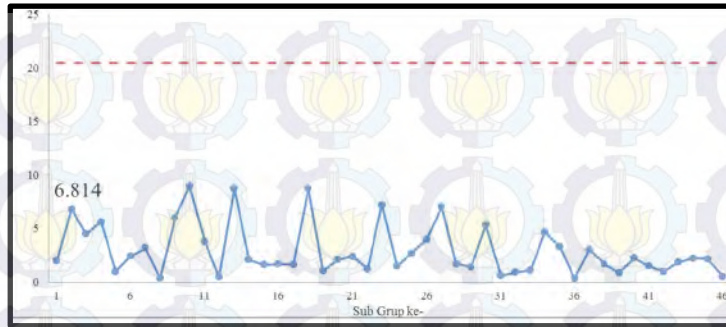
$$T_{f(2)}^2 = \left(\begin{bmatrix} 0.284 & 0.487 & 0.208 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.415 & 0.319 & 0.249 \end{bmatrix} \right)^T \begin{bmatrix} 0.0062 & -0.0014 & 0.0010 \\ -0.0014 & 0.0051 & -0.0010 \\ 0.0010 & -0.0010 & 0.0064 \end{bmatrix}^{-1} \\ \left(\begin{bmatrix} 0.284 & 0.487 & 0.208 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.415 & 0.319 & 0.249 \end{bmatrix} \right) = 6.184$$

Pada skenario 4 nilai T^2 pada subgrup kedua didapatkan nilai T^2 sebesar 5.923. Dengan menggunakan cara yang sama maka akan didapatkan nilai statistik T^2 pada seluruh subgrup beserta nilai representatif masing-masing karakteristik kualitas dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Representatif dan Statistik T^2 Skenario 4

Sub Grup	Nilai Representatif				T^2	Sub Grup	Nilai Representatif				T^2
	R_1	R_2	R_3	T^2			R_1	R_2	R_3	T^2	
1	0.516	0.279	0.305	1.956	24	0.486	0.299	0.325	1.497		
2	0.284	0.487	0.208	6.814	25	0.370	0.382	0.130	2.705		
3	0.486	0.279	0.411	4.471	26	0.472	0.382	0.130	3.978		
4	0.267	0.258	0.273	5.634	27	0.457	0.320	0.052	7.024		
5	0.425	0.258	0.299	0.993	28	0.457	0.258	0.336	1.687		
6	0.500	0.279	0.350	2.420	29	0.457	0.320	0.336	1.402		
7	0.457	0.403	0.321	3.184	30	0.357	0.258	0.104	5.298		
8	0.385	0.320	0.281	0.362	31	0.444	0.320	0.305	0.604		
9	0.329	0.258	0.104	6.003	32	0.457	0.258	0.281	0.886		
10	0.267	0.508	0.243	8.935	33	0.457	0.258	0.304	1.098		
11	0.304	0.341	0.338	3.818	34	0.271	0.279	0.208	4.634		
12	0.385	0.361	0.260	0.491	35	0.299	0.279	0.208	3.323		
13	0.356	0.529	0.208	8.720	36	0.399	0.320	0.208	0.301		
14	0.369	0.258	0.190	2.088	37	0.457	0.403	0.167	3.043		
15	0.316	0.341	0.233	1.591	38	0.503	0.279	0.311	1.672		
16	0.471	0.320	0.338	1.651	39	0.457	0.258	0.250	0.870		
17	0.500	0.279	0.313	1.633	40	0.400	0.403	0.305	2.248		
18	0.502	0.445	0.104	8.747	41	0.399	0.258	0.197	1.502		
19	0.471	0.258	0.281	1.039	42	0.486	0.279	0.245	0.998		
20	0.343	0.279	0.190	2.061	43	0.501	0.279	0.208	1.842		
21	0.370	0.403	0.305	2.402	44	0.501	0.279	0.190	2.237		
22	0.501	0.299	0.246	1.235	45	0.500	0.258	0.208	2.167		
23	0.267	0.279	0.361	7.205	46	0.438	0.320	0.304	0.533		

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa nilai T^2 tiap subgrup pada skenario 3 sehingga langkah selanjutnya adalah membuat diagram T^2 Hotelling Fuzzy dengan nilai UCL yang telah didapatkan pada skenario 1. Nilai statistik T^2 yang telah didapatkan digunakan untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak.



Gambar 4.13 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Fuzzy Dengan Fungsi Keanggotaan Skenario 4

Pada Gambar 4.13 dapat diketahui secara visual bahwa pada skenario 4 tidak terdapat subgrup yang berada di atas UCL, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi telah *in control* pada skenario 4. Tetapi fungsi keanggotaan tidak sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Langkah selanjutnya adalah membuat diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas.

4.2.2 Penerapan Diagram Kontrol W^2

Langkah pertama dalam membuat diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas adalah menghitung proporsi pada tiap pengamatan atau subgrup dari data yang telah dikelompokkan menjadi beberapa kategori di tiap-tiap karakteristik kualitas. Untuk menghitung proporsi pengamatan digunakan persamaan (2.26). Misalkan digunakan subgrup ke-2 maka perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$Z_{21}^2 = (32)(32) \left(\frac{\left(\frac{16}{32} - \frac{4}{32}\right)^2}{16 + 4} + \frac{\left(\frac{15}{32} - \frac{23}{32}\right)^2}{15 + 23} + \frac{\left(\frac{1}{32} - \frac{5}{32}\right)^2}{1 + 5} \right) = 11.551$$

$$Z_{22}^2 = (32)(32) \left(\frac{\left(\frac{20}{32} - \frac{30}{32}\right)^2}{20 + 30} + \frac{\left(\frac{12}{32} - \frac{2}{32}\right)^2}{12 + 2} \right) = 9.143$$

$$Z_{23}^2 = (32)(32) \left(\frac{\left(\frac{4}{32} - \frac{8}{32}\right)^2}{4 + 8} + \frac{\left(\frac{20}{32} - \frac{20}{32}\right)^2}{20 + 20} + \frac{\left(\frac{8}{32} - \frac{4}{32}\right)^2}{8 + 4} \right) = 2.667$$

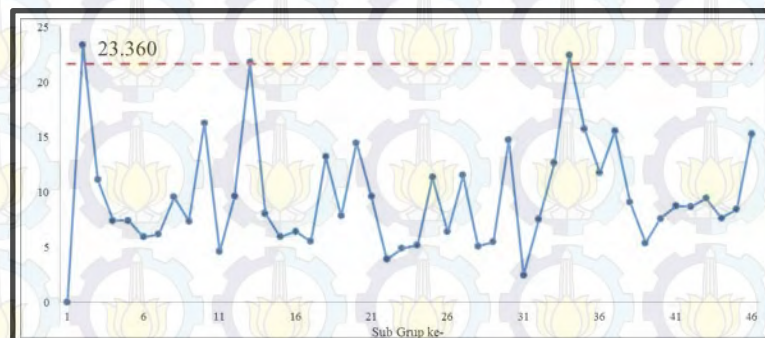
Dalam membuat diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas, statistik W^2 harus dihitung terlebih dahulu. W^2 merupakan jumlah keseluruhan dari proporsi pengamatan pada seluruh karakteristik, sehingga pada subgrup kedua didapatkan nilai W^2 sebesar 23.360. Dengan menggunakan persamaan

(2.27) didapatkan nilai statistik W^2 untuk seluruh subgrup yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Nilai Z^2 dan Statistik W^2

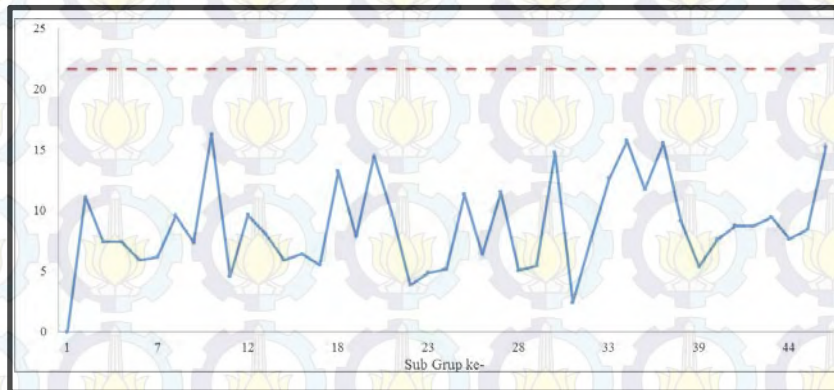
Sub Grup	Z_{i1}^2	Z_{i2}^2	Z_{i3}^2	W^2	Sub Grup	Z_{i1}^2	Z_{i2}^2	Z_{i3}^2	W^2
1	0.000	0.000	0.000	0.000	24	1.749	0.217	3.198	5.164
2	11.551	9.143	2.667	23.360	25	5.329	3.232	2.747	11.309
3	4.026	0.000	7.074	11.099	26	1.469	3.232	1.654	6.355
4	3.778	0.350	3.275	7.403	27	2.987	0.736	7.764	11.486
5	4.259	0.350	2.783	7.392	28	2.987	0.350	1.697	5.033
6	5.391	0.000	0.492	5.884	29	2.987	0.736	1.697	5.419
7	1.480	4.267	0.381	6.128	30	7.856	0.350	6.487	14.693
8	4.612	0.736	4.176	9.523	31	1.654	0.736	0.000	2.389
9	0.498	0.350	6.487	7.335	32	2.987	0.350	4.176	7.512
10	3.778	10.536	1.954	16.268	33	2.987	0.350	9.244	12.581
11	0.750	1.444	2.351	4.544	34	18.036	0.000	4.392	22.428
12	4.612	2.286	2.695	9.593	35	10.675	0.000	5.029	15.703
13	6.143	12.000	3.630	21.773	36	4.000	0.736	6.987	11.723
14	2.492	0.350	5.181	8.023	37	2.987	4.267	8.281	15.535
15	1.984	1.444	2.452	5.879	38	3.282	0.000	5.778	9.060
16	3.300	0.736	2.351	6.386	39	2.987	0.350	2.009	5.346
17	5.391	0.000	0.091	5.482	40	3.300	4.267	0.000	7.566
18	0.133	6.564	6.487	13.184	41	4.000	0.350	4.375	8.725
19	3.300	0.350	4.176	7.825	42	4.026	0.000	4.667	8.692
20	9.257	0.000	5.181	14.438	43	2.443	0.000	6.987	9.430
21	5.329	4.267	0.000	9.596	44	2.443	0.000	5.181	7.624
22	2.443	0.217	1.166	3.826	45	5.391	0.350	2.667	8.408
23	3.778	0.000	1.061	4.839	46	5.240	0.736	9.244	15.220

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa nilai W^2 tiap subgrup maka langkah selanjutnya adalah menentukan *Upper Limit Control* (UCL) dan membuat Diagram Kontrol W^2 dengan nilai statistik W^2 yang telah didapatkan untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak. Nilai UCL diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.29). UCL untuk karakteristik kualitas kedua adalah $\chi_{0.95;2}^2=5.991$ dan untuk karakteristik kualitas pertama dan ketiga adalah $\chi_{0.95;3}^2 = 7.815$, sehingga didapatkan nilai UCL untuk ketiga karakteristik adalah sebesar 21.621.



Gambar 4.14 Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa terdapat tiga pengamatan atau subgrup yang berada diluar batas kendali, subgrup tersebut adalah subgrup ke-2, 13, dan 34 dengan nilai W^2 masing-masing adalah 23.360, 21.773, dan 22.428. Sehingga dilakukan pembuatan diagram kontrol W^2 dengan menghilangkan pengamatan yang *out of control*. Berikut merupakan hasil diagram kontrol W^2 setelah pengamatan yang *out of control* dihilangkan.



Gambar 4.15 Diagram Kontrol W^2 Dengan Pendekatan Probabilitas Setelah Eliminasi

Pada Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa setelah dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang berada diluar batas kendali, tidak terdapat subgrup atau pengamatan yang berada di atas UCL sehingga dapat dikatakan bahwa proses telah *in control*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

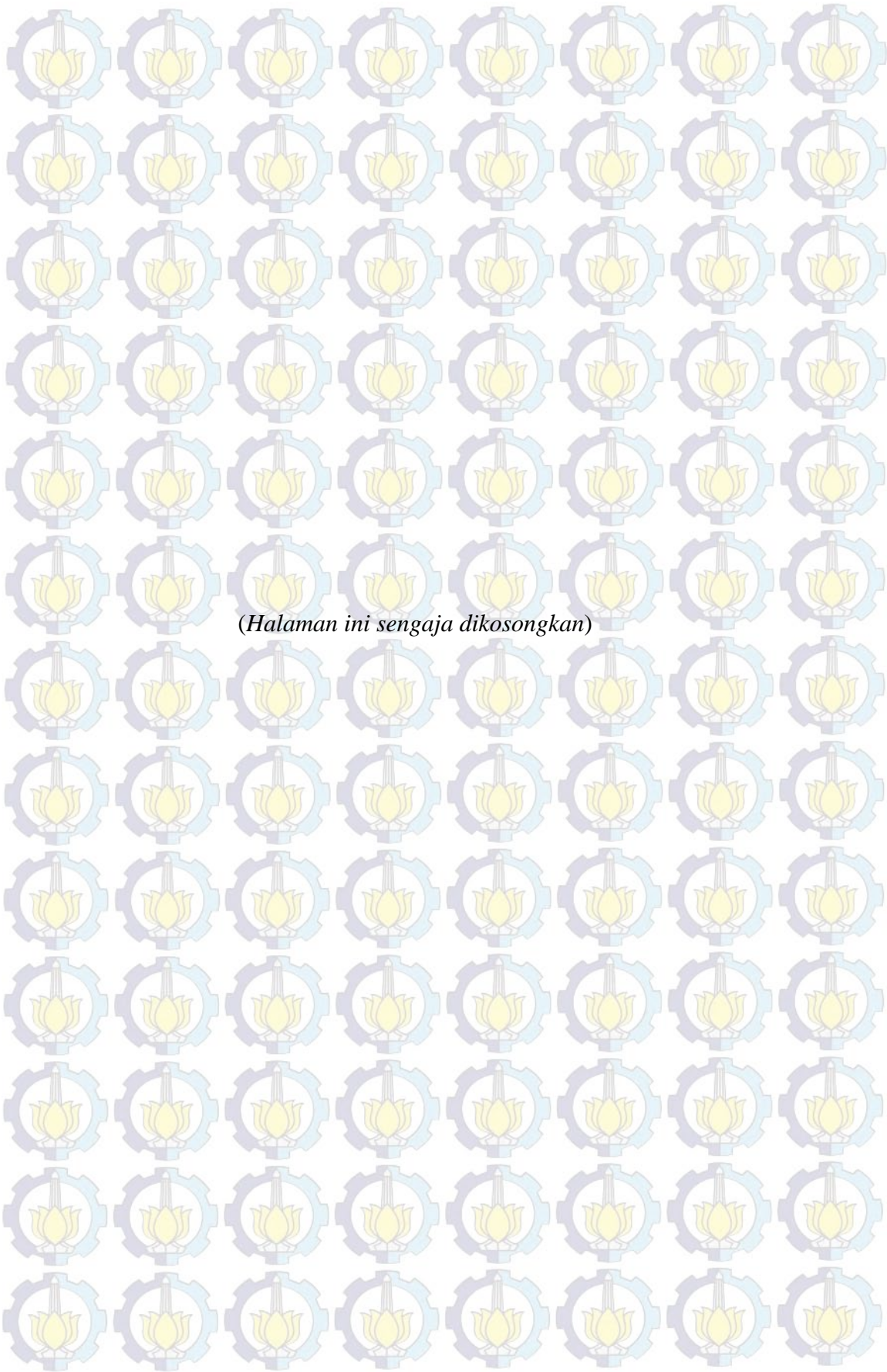
Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dan pembahasan sekaligus yang merupakan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lebih baik menggunakan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas dibandingkan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan karena data yang digunakan bersifat numerik bukan linguistik, sehingga diagram kontrol yang dihasilkan lebih baik jika dibandingkan dengan pendekatan fungsi keanggotaan. Karena matriks fungsi keanggotaan lebih sesuai jika digunakan pada ambiguitas data yang bersifat linguistik.
2. Dengan menerapkan diagram kontrol T^2 Hotelling Fuzzy dengan pendekatan fungsi keanggotaan dengan empat skenario dengan menggunakan representasi kurva segitiga maupun representasi kurva *trapezoidal* menunjukkan bahwa proses terkendali, tetapi dengan menerapkan diagram kontrol W^2 dengan pendekatan probabilitas menunjukkan bahwa proses produksi tidak terkendali.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Bagi perusahaan, perlu dilakukan perbaikan dan pengontrolan proses produksi tepung terigu Palapa. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perbaikan proses produksi.
2. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan studi simulasi untuk mengetahui fungsi keanggotaan yang sesuai serta diagram kontrol dengan pendekatan manakah yang lebih baik.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Proses Produksi Tepung Terigu “Palapa”

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
05-Jan-15	1	13.12	0.56	18.85	06-Jan-15	1	13.15	0.6	26.1
	3	13.91	0.56	25.66		2	13.15	0.6	24.24
	4	13.65	0.5	21.68		3	13.16	0.59	21.95
	5	13.34	0.5	24		4	13.17	0.57	23.02
	6	13.28	0.56	23.33		5	13.22	0.57	24.7
	8	13.59	0.58	23.68		6	13.27	0.56	25.36
	9	13.12	0.56	18.85		7	13.29	0.57	26.37
	10	13.39	0.52	26.1		8	13.29	0.54	22.75
	11	13.91	0.56	25.66		9	13.15	0.6	26.1
	12	13.65	0.5	21.68		10	13.15	0.6	24.24
	13	13.34	0.5	24		11	13.16	0.59	21.95
	14	13.28	0.56	23.33		12	13.17	0.57	23.02
	15	13.57	0.55	26.84		13	13.22	0.57	24.7
	16	13.59	0.56	23.68		14	13.27	0.56	25.36
	19	13.91	0.56	25.66		15	13.29	0.57	26.37
	20	13.65	0.5	21.68		16	13.29	0.54	22.75
	21	13.34	0.5	24		17	13.15	0.6	26.1
	22	13.28	0.56	23.33		18	13.15	0.6	24.24
	23	13.57	0.55	26.84		19	13.16	0.59	21.95
	24	13.59	0.56	23.68		20	13.17	0.57	23.02
	25	13.12	0.56	18.85		21	13.22	0.57	24.7
	26	13.39	0.52	26.1		22	13.27	0.56	25.36
	27	13.91	0.56	25.66		23	13.29	0.57	26.37
	29	13.34	0.5	24		24	13.29	0.54	22.75
	30	13.28	0.56	23.33		25	13.15	0.6	26.1
	32	13.59	0.58	23.68		26	13.15	0.6	24.24
	33	13.12	0.56	18.85		27	13.16	0.59	21.95
	35	13.91	0.56	25.66		28	13.17	0.57	23.02
	36	13.65	0.5	21.68		29	13.92	0.57	24.7
	37	13.34	0.5	24		30	13.27	0.56	25.36
38	13.28	0.56	23.33	31	13.29	0.57	26.37		
40	13.59	0.56	23.68	32	13.29	0.54	22.75		
07-Jan-15	1	13.3	0.56	22.91	12-Jan-15	1	13.09	0.53	24.24
	7	13.44	0.54	23.25		3	13.55	0.55	24.58
	8	13.49	0.55	27.5		4	13.55	0.55	22.3
	9	13.19	0.56	22.91		5	13.57	0.54	23.25
	10	13.29	0.55	21.64		6	13.64	0.53	23.47
	11	13.31	0.56	19.97		8	13.67	0.53	23.47
	12	13.34	0.55	28.44		10	13.49	0.54	20.61
	13	13.38	0.53	21.97		11	13.55	0.55	24.58
	14	13.43	0.55	26.1		12	13.55	0.55	22.3
	15	13.44	0.54	23.25		14	13.64	0.53	23.47
16	13.49	0.55	27.5	15	13.64	0.52	21.07		
17	13.3	0.58	22.91	16	13.67	0.53	23.47		
18	13.29	0.55	21.64	17	13.49	0.53	26.24		
19	13.31	0.56	19.97	18	13.49	0.54	20.61		
21	13.38	0.53	21.97	19	13.55	0.55	24.58		
22	13.43	0.55	26.1	20	13.55	0.55	22.3		
23	13.44	0.54	23.25	21	13.57	0.54	23.25		
24	13.49	0.55	27.5	22	13.64	0.53	23.47		
25	13.3	0.56	22.91	24	13.91	0.53	23.47		
26	13.29	0.55	21.64	25	13.49	0.53	24.24		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
07-Jan-15	27	13.31	0.56	19.97	12-Jan-15	27	13.55	0.55	24.58
	28	13.34	0.55	28.44		28	13.55	0.58	22.3
	29	13.38	0.53	21.97		29	13.57	0.54	23.25
	30	13.43	0.55	26.1		30	13.64	0.53	23.47
	31	13.44	0.54	23.25		31	13.64	0.52	21.07
	32	13.92	0.55	27.5		32	13.67	0.53	23.47
	33	13.19	0.56	22.91		35	13.55	0.55	24.58
	34	13.29	0.55	21.64		36	13.55	0.55	22.3
	35	13.31	0.58	19.97		37	13.57	0.54	23.25
	36	13.34	0.55	28.44		38	13.64	0.53	23.47
	39	13.44	0.54	23.25		39	13.64	0.52	21.07
	40	13.49	0.55	27.5		40	13.92	0.53	23.47
13-Jan-15	1	13.83	0.52	22.78	14-Jan-15	1	13.37	0.53	24
	2	13.89	0.52	19.2		2	13.44	0.52	25.01
	3	13.12	0.53	26.19		5	13.5	0.54	25.01
	4	13.82	0.52	22.3		6	13.27	0.52	24.06
	5	13.88	0.51	23.56		8	13.39	0.46	26.1
	6	14.07	0.51	23.77		9	13.37	0.53	24
	7	14.25	0.49	22.78		10	13.44	0.52	25.01
	8	13.6	0.55	23.19		11	13.38	0.54	21.95
	9	13.83	0.52	22.78		12	13.55	0.56	21.03
	10	13.89	0.52	19.2		13	13.5	0.54	25.01
	11	13.82	0.53	23.19		14	13.18	0.52	24.06
	12	13.72	0.52	22.3		15	13.7	0.59	26.84
	13	13.98	0.51	23.56		16	13.39	0.46	26.1
	14	14.07	0.51	23.77		17	13.37	0.53	24
	15	14.25	0.49	22.78		18	13.44	0.52	25.01
	16	13.6	0.55	23.19		20	13.55	0.56	21.03
17	13.83	0.52	22.78	22	13.27	0.52	24.06		
18	13.89	0.52	19.2	23	13.93	0.59	26.84		
19	13.92	0.58	23.19	24	13.39	0.46	26.1		
20	13.82	0.52	22.3	25	13.37	0.53	24		
21	13.88	0.51	23.56	26	13.44	0.52	25.01		
22	14.07	0.51	23.77	27	13.38	0.54	21.95		
23	14.25	0.49	22.78	28	13.55	0.56	21.03		
24	13.6	0.55	26.18	29	13.5	0.54	25.01		
25	13.83	0.52	22.78	30	13.27	0.52	24.06		
26	13.89	0.52	19.2	33	13.37	0.53	24		
27	13.87	0.53	23.19	34	13.44	0.52	25.01		
28	13.81	0.52	22.3	35	13.38	0.54	21.95		
29	13.98	0.51	23.56	36	13.55	0.56	21.03		
30	14.07	0.51	23.77	37	13.5	0.54	25.01		
31	14.25	0.49	22.78	38	13.27	0.52	24.06		
32	13.6	0.55	23.19	40	13.39	0.46	26.1		
19-Jan-15	1	13.61	0.55	21.03	20-Jan-15	1	13.59	0.55	23.56
	2	13.28	0.61	24.7		3	13.58	0.54	25.08
	4	13.57	0.56	23.88		4	13.11	0.56	23.77
	5	13.11	0.54	24.58		6	13.02	0.56	23.25
	6	13.74	0.57	22.46		7	13.4	0.54	24.58
	7	13.51	0.56	25.14		8	13.54	0.5	21.13
	8	13.55	0.56	28.09		9	13.59	0.55	23.56
	9	13.61	0.55	21.03		11	13.58	0.54	25.08

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
19-Jan-15	10	13.28	0.61	24.7	20-Jan-15	12	14.11	0.56	23.77
	12	13.57	0.56	23.88		13	13.28	0.58	27.3
	13	13.11	0.54	24.58		14	13.02	0.56	23.25
	14	13.74	0.57	22.46		15	13.4	0.54	24.58
	15	13.51	0.56	25.14		16	13.54	0.5	21.13
	17	13.91	0.55	21.03		17	13.59	0.55	23.56
	18	13.28	0.61	24.7		18	13.41	0.58	24.58
	19	13.78	0.61	20.98		19	13.58	0.54	25.08
	20	13.57	0.56	23.88		20	13.11	0.56	23.77
	21	13.11	0.54	24.58		22	13.02	0.56	23.25
	23	13.51	0.56	25.14		23	13.4	0.54	24.58
	24	13.55	0.56	28.09		24	13.54	0.5	21.13
	26	13.28	0.61	24.7		25	13.59	0.55	23.56
	27	13.94	0.61	20.98		26	13.41	0.58	24.58
	28	13.57	0.56	23.88		28	13.11	0.56	23.77
	29	13.11	0.54	24.58		30	13.02	0.56	23.25
	30	13.74	0.57	22.46		31	13.4	0.54	24.58
	31	13.51	0.56	25.14		33	13.59	0.55	23.56
	32	13.55	0.56	28.09		34	13.41	0.58	24.58
	34	13.28	0.61	24.7		35	13.58	0.54	25.08
35	13.78	0.61	20.98	36	13.11	0.56	23.77		
36	13.57	0.56	23.88	38	13.02	0.56	23.25		
37	13.11	0.54	24.58	39	13.4	0.54	24.58		
40	13.55	0.56	28.09	40	13.54	0.5	21.13		
21-Jan-15	1	13.95	0.56	24	26-Jan-15	1	13.77	0.6	22.87
	3	13.28	0.55	24.68		4	13.77	0.6	24.06
	4	13.47	0.54	22.71		5	13.6	0.62	25.9
	6	13.74	0.63	24		6	13.54	0.51	24.58
	7	13.97	0.56	25.08		7	13.49	0.52	23.84
	8	13.39	0.55	23.63		8	13.85	0.57	20.82
	9	13.95	0.56	24		11	13.55	0.54	20.26
	10	13.15	0.54	23.63		12	13.77	0.6	24.06
	11	13.28	0.55	24.68		13	13.6	0.62	25.9
	12	13.47	0.54	21.71		14	13.54	0.51	24.58
	13	13.6	0.54	26.37		15	13.49	0.52	23.84
	16	13.39	0.55	23.63		16	13.85	0.57	20.82
	17	13.95	0.56	24		17	13.77	0.6	22.87
	18	13.15	0.54	23.63		19	13.55	0.54	20.26
	19	13.28	0.55	24.68		20	13.77	0.6	26.06
	20	13.47	0.54	22.71		21	13.1	0.62	25.9
	21	13.6	0.54	26.37		22	13.54	0.51	24.58
	22	13.74	0.57	24		23	13.49	0.52	23.84
	23	13.97	0.56	25.08		24	13.95	0.57	20.82
	25	13.95	0.56	24		25	13.77	0.6	22.87
26	13.15	0.54	23.63	27	13.55	0.54	20.26		
27	13.28	0.55	24.68	28	13.77	0.6	24.06		
28	13.47	0.54	22.71	29	13.6	0.62	25.9		
29	13.6	0.54	26.37	30	13.54	0.51	24.58		
30	13.74	0.57	24	31	13.49	0.52	23.84		
32	13.39	0.55	23.63	32	13.94	0.57	20.82		
35	13.28	0.55	24.68	33	13.77	0.6	22.87		
36	13.47	0.54	22.71	35	13.55	0.54	20.26		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
21-Jan-15	37	13.6	0.54	26.37	26-Jan-15	37	13.6	0.62	25.9
	38	13.74	0.57	24		38	13.54	0.51	24.58
	39	13.97	0.56	25.08		39	13.49	0.52	23.84
	40	13.39	0.55	23.63		40	13.85	0.57	20.82
27-Jan-15	1	13.79	0.55	23.84	02-Feb-15	1	13.31	0.56	17.66
	2	13.67	0.56	23.6		2	13.43	0.55	21.94
	3	13.95	0.54	21.03		4	13.55	0.53	22.21
	4	13.49	0.54	26.84		5	13.04	0.56	20
	5	13.13	0.53	27.3		6	13.82	0.6	24
	6	13.78	0.59	22.58		7	13.02	0.54	22.87
	8	13.67	0.53	21.03		8	13.7	0.52	26.84
	9	13.79	0.55	23.84		9	13.31	0.56	17.66
	10	13.67	0.56	23.6		10	13.43	0.55	21.94
	11	13.95	0.54	21.03		12	13.55	0.53	22.21
	12	13.49	0.54	26.84		13	13.04	0.56	20
	14	13.78	0.59	22.58		14	13.92	0.6	24
	16	13.17	0.53	21.03		15	13.02	0.54	22.87
	17	13.79	0.55	23.84		16	13.7	0.52	26.84
	18	13.67	0.56	23.6		18	13.43	0.55	21.94
	19	13.95	0.54	21.03		20	13.55	0.53	22.21
	20	13.49	0.54	26.84		21	13.04	0.56	20
	21	13.43	0.53	27.3		22	13.82	0.6	24
	22	13.78	0.59	22.58		23	13.02	0.54	22.87
	24	13.67	0.53	21.03		24	13.7	0.52	26.84
25	13.79	0.55	23.84	25	13.31	0.56	17.66		
26	13.67	0.56	23.6	27	13.55	0.58	21.13		
27	13.95	0.54	21.03	28	13.55	0.53	22.21		
29	13.43	0.53	27.3	29	13.04	0.56	20		
30	13.78	0.59	22.58	30	13.82	0.6	24		
31	13.7	0.6	21.3	31	13.02	0.54	22.87		
32	13.67	0.53	21.03	32	13.7	0.52	26.84		
33	13.79	0.55	23.84	33	13.31	0.56	17.66		
34	13.67	0.56	23.6	34	13.43	0.55	21.94		
35	13.95	0.54	21.03	36	13.55	0.53	22.21		
37	13.43	0.53	27.3	37	13.04	0.56	20		
40	13.67	0.53	21.03	38	13.82	0.6	24		
03-Feb-15	1	13.18	0.55	23.31	04-Feb-15	1	13.54	0.56	23.25
	2	13.68	0.6	23.58		2	13.64	0.56	25.58
	4	13.66	0.56	22.94		3	13.83	0.56	24.07
	6	13.35	0.59	27.31		4	13.89	0.54	21.3
	7	13.41	0.58	22.94		5	13.9	0.55	20.41
	8	13.48	0.57	26.37		6	13.91	0.53	21.14
	9	13.18	0.55	23.31		7	13.95	0.48	23.22
	10	13.68	0.6	23.58		8	13.62	0.5	17.66
	11	13.1	0.48	20.41		9	13.14	0.58	23.25
	12	13.66	0.56	22.94		10	13.64	0.56	25.58
	13	13.08	0.62	24.24		11	13.83	0.56	26.07
	15	13.41	0.58	22.94		12	13.89	0.54	21.3
	16	13.48	0.57	26.37		13	13.9	0.55	20.41
	17	13.18	0.55	23.31		14	13.91	0.53	21.14
	18	13.68	0.6	23.58		15	13.95	0.48	23.22
	19	13.1	0.48	20.41		16	13.62	0.5	17.66

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
03-Feb-15	20	13.66	0.56	22.94	04-Feb-15	17	13.54	0.56	23.25
	21	13.08	0.62	24.24		18	13.64	0.56	25.58
	22	13.35	0.59	27.31		19	13.83	0.56	24.07
	24	13.48	0.57	26.37		20	13.89	0.54	21.3
	25	13.18	0.55	23.31		21	13.9	0.55	20.41
	26	13.98	0.6	23.58		22	13.91	0.53	21.14
	28	13.66	0.56	22.94		23	13.95	0.48	23.22
	29	13.08	0.62	24.24		24	13.62	0.5	17.66
	32	13.48	0.57	26.37		25	13.54	0.56	23.25
	33	13.18	0.55	23.31		26	13.64	0.56	25.58
	34	13.68	0.6	23.58		27	13.83	0.56	24.07
	35	13.1	0.48	20.41		28	13.89	0.54	21.3
	36	13.66	0.56	22.94		29	13.9	0.55	20.41
	38	13.35	0.59	27.31		30	13.91	0.53	21.14
	39	13.41	0.58	22.94		31	13.95	0.48	23.22
	40	13.48	0.57	26.37		32	13.62	0.5	17.66
09-Feb-15	1	13.54	0.55	22.24	10-Feb-15	1	13.29	0.53	21.95
	2	14.01	0.53	24.18		2	13.31	0.52	21.91
	3	13.21	0.55	24.68		4	13.31	0.52	24.29
	5	13.36	0.52	20.41		5	13.45	0.59	23.88
	7	13.61	0.56	28.44		6	13.83	0.57	26.1
	8	13.29	0.59	24.24		7	13.18	0.56	21.68
	9	13.54	0.55	22.24		8	13.76	0.54	23.77
	10	14.01	0.53	24.18		10	13.31	0.52	21.91
	12	13.45	0.53	26.37		11	13.31	0.56	27.3
	13	13.36	0.52	20.41		12	13.31	0.52	24.29
	14	13.31	0.56	21.13		14	13.83	0.57	26.1
	15	13.61	0.56	28.44		16	13.76	0.54	23.77
	16	13.29	0.59	24.24		17	13.29	0.53	21.95
	18	14.01	0.53	24.18		18	13.31	0.52	21.91
	19	13.11	0.55	24.68		20	13.31	0.52	24.29
	20	13.45	0.53	26.37		21	13.45	0.59	23.88
	22	13.31	0.56	21.13		22	13.83	0.57	26.1
	23	13.61	0.56	28.44		23	13.18	0.56	21.68
	24	13.29	0.59	24.24		24	13.76	0.54	23.77
	25	13.54	0.55	22.24		25	13.29	0.53	21.95
26	14.01	0.53	24.18	28	13.31	0.52	24.29		
28	13.45	0.53	26.37	29	13.45	0.59	23.88		
29	13.36	0.52	20.41	30	13.93	0.57	26.1		
31	13.61	0.56	28.44	31	13.18	0.56	21.68		
32	13.29	0.59	24.24	32	13.76	0.54	23.77		
33	13.54	0.55	22.24	33	13.29	0.53	21.95		
34	14.01	0.53	24.18	34	13.31	0.52	21.91		
35	13.21	0.55	24.68	35	13.31	0.56	27.3		
36	13.45	0.53	26.37	36	13.31	0.52	24.29		
37	13.36	0.52	20.41	37	13.45	0.59	23.88		
39	13.61	0.56	28.44	38	13.83	0.57	26.1		
40	13.29	0.59	24.24	40	13.76	0.54	23.77		
11-Feb-15	1	13.84	0.53	26.84	16-Feb-15	1	13.57	0.55	26.1
	4	13.25	0.56	24.29		2	13.78	0.52	25.36
	5	13.64	0.57	18.61		4	13.92	0.55	25.79
	6	13.65	0.54	22.29		5	12.93	0.56	25.9

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
11-Feb-15	7	13.86	0.51	25.9	16-Feb-15	6	13.45	0.59	21.85
	8	13.51	0.55	24.7		7	13.89	0.56	25.5
	10	13.49	0.54	25.9		8	13.57	0.6	23.45
	11	13.28	0.59	21.64		9	13.57	0.55	26.1
	12	13.25	0.56	24.29		10	13.78	0.52	25.36
	13	13.64	0.57	18.61		12	13.92	0.55	25.79
	15	13.86	0.51	25.9		13	12.93	0.56	25.9
	17	13.84	0.53	26.84		14	13.45	0.59	23.85
	18	13.49	0.54	25.9		15	13.89	0.56	25.5
	20	13.15	0.56	24.29		16	13.57	0.6	23.45
	21	13.64	0.57	18.61		18	13.78	0.52	25.36
	22	13.65	0.54	22.29		20	13.92	0.55	25.79
	23	13.86	0.51	25.9		21	12.93	0.56	25.9
	24	13.51	0.55	24.7		22	13.45	0.59	23.85
	25	13.94	0.53	26.84		23	13.89	0.56	25.5
	26	13.49	0.54	25.9		24	13.57	0.6	23.45
	27	13.28	0.59	21.64		25	13.57	0.55	26.1
	28	13.25	0.56	24.29		26	13.78	0.52	25.36
	29	13.64	0.57	18.61		28	13.92	0.55	25.79
	31	13.86	0.51	25.9		29	12.93	0.56	25.9
32	13.51	0.55	24.7	30	13.45	0.59	23.85		
33	13.84	0.53	26.84	32	13.57	0.6	23.45		
34	13.49	0.54	25.9	33	13.57	0.55	26.1		
36	13.25	0.56	24.29	36	13.92	0.55	25.79		
37	13.64	0.57	18.61	37	12.93	0.56	25.9		
38	13.65	0.54	22.29	38	13.45	0.59	23.85		
39	13.86	0.51	25.9	39	13.89	0.56	25.5		
40	13.51	0.55	24.7	40	13.57	0.6	23.45		
17-Feb-15	1	13.52	0.53	23.85	18-Feb-15	1	13.15	0.49	18.75
	3	13.29	0.49	23.45		2	13.97	0.56	21.97
	4	13.63	0.53	22.91		3	13.55	0.56	25.66
	6	13.44	0.53	21.95		5	13.67	0.51	24.11
	7	13.37	0.53	23.45		6	13.11	0.52	21.46
	8	13.51	0.56	24.29		7	13.7	0.54	21.14
	9	13.52	0.53	23.85		9	13.15	0.49	18.75
	12	13.63	0.53	22.91		10	13.97	0.58	21.97
	13	13.42	0.48	22.58		11	13.55	0.56	26.16
	14	13.44	0.53	21.95		12	13.04	0.58	22.94
	15	13.37	0.53	23.45		14	13.11	0.52	21.46
	16	13.51	0.56	26.19		15	13.7	0.54	21.14
	17	13.52	0.53	23.85		16	13.15	0.55	23.77
	18	13.17	0.57	24.58		17	13.15	0.49	18.75
	19	13.29	0.49	23.45		18	13.97	0.56	21.97
	20	13.93	0.53	22.91		19	13.55	0.56	25.66
	21	13.42	0.58	22.58		20	13.04	0.56	22.94
23	13.37	0.53	23.45	21	13.67	0.51	24.11		
25	13.52	0.53	23.85	22	13.11	0.52	21.46		
26	13.17	0.57	24.58	24	13.15	0.55	23.77		
27	13.29	0.49	23.45	25	13.15	0.49	18.75		
28	13.63	0.53	22.91	26	13.97	0.56	21.97		
29	13.42	0.48	22.58	27	13.55	0.56	25.66		
30	13.44	0.53	21.95	28	13.04	0.56	22.94		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
17-Feb-15	31	13.37	0.53	23.45	18-Feb-15	29	13.67	0.51	24.11
	33	13.52	0.53	23.85		31	13.7	0.54	21.14
	34	13.17	0.57	24.58		32	13.15	0.55	23.77
	36	13.63	0.53	22.91		33	13.15	0.49	18.75
	37	13.42	0.48	22.58		35	13.55	0.56	25.66
	38	13.44	0.53	21.95		36	13.04	0.56	22.94
	39	13.37	0.53	23.45		37	13.67	0.51	24.11
	40	13.51	0.56	24.29		39	13.7	0.54	21.14
23-Feb-15	1	12.91	0.58	23.17	24-Feb-15	1	13.19	0.55	19.97
	2	13.21	0.58	27.31		2	13.18	0.55	22.94
	3	13.22	0.57	22.24		3	13.27	0.53	21.03
	4	13.24	0.56	23.47		4	13.27	0.61	21.3
	5	13.26	0.55	23.6		6	13.31	0.54	24.11
	6	13.18	0.56	23.95		7	13.92	0.54	22.46
	7	13.2	0.55	21.97		8	13.39	0.54	22.98
	8	13.2	0.55	21.95		9	13.21	0.55	19.97
	9	12.91	0.58	23.17		11	13.27	0.53	21.03
	10	13.21	0.58	27.31		14	13.31	0.54	24.11
	11	13.12	0.57	22.24		15	13.37	0.54	22.46
	12	13.24	0.56	23.47		16	13.93	0.54	22.98
	13	13.16	0.55	23.6		17	13.21	0.55	19.97
	14	13.28	0.56	23.95		18	13.21	0.61	22.94
	15	13.2	0.55	21.97		20	13.27	0.53	21.3
	16	13.2	0.55	21.95		22	13.31	0.54	24.11
	17	13.91	0.58	23.17		23	13.37	0.54	22.46
	18	13.11	0.58	27.31		24	13.39	0.54	22.98
	19	13.12	0.57	22.24		25	13.21	0.55	19.97
	20	13.24	0.56	23.47		26	13.21	0.55	22.94
21	13.26	0.55	23.6	27	13.27	0.53	21.03		
22	13.2	0.56	23.95	29	13.28	0.54	22.26		
23	13.2	0.55	21.97	30	13.31	0.54	26.11		
24	13.2	0.55	21.95	31	13.37	0.54	22.46		
25	12.91	0.58	23.17	32	13.39	0.54	22.98		
26	13.11	0.58	27.31	33	13.21	0.55	19.97		
27	13.22	0.57	22.24	34	13.21	0.61	22.94		
28	13.14	0.56	23.47	36	13.27	0.53	22.3		
29	13.26	0.55	23.6	37	13.28	0.54	20.26		
30	13.28	0.56	23.95	38	13.31	0.54	26.11		
31	13.2	0.55	21.97	39	13.37	0.54	22.46		
32	13.2	0.55	21.95	40	13.39	0.54	22.98		
25-Feb-15	1	13.41	0.55	21.46	09-Mar-15	1	13.27	0.57	25.9
	3	13.5	0.54	25.62		2	13.89	0.55	23.21
	4	13.5	0.54	27.31		3	13.31	0.54	23.95
	6	13.65	0.53	26.1		5	13.49	0.58	27.31
	7	13.91	0.53	25.97		6	13.82	0.56	24.11
	8	13.93	0.52	23.77		7	13.49	0.53	24.18
	9	13.11	0.55	21.46		8	13.45	0.54	24.58
	10	13.44	0.54	21.64		9	13.27	0.57	25.9
	11	13.5	0.54	25.62		10	13.89	0.55	23.21
	12	13.5	0.64	27.31		11	13.31	0.54	23.95
	13	13.55	0.53	22.98		13	13.49	0.58	27.31
	15	13.71	0.53	25.97		14	13.92	0.56	24.11

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
25-Feb-15	16	13.73	0.52	23.77	09-Mar-15	15	13.49	0.53	24.18
	18	13.44	0.54	21.64		16	13.45	0.54	24.58
	19	13.5	0.54	25.62		18	13.89	0.55	23.21
	20	13.5	0.54	27.31		19	13.31	0.54	23.95
	21	13.55	0.63	20.98		20	13.08	0.53	18.61
	22	13.65	0.53	26.1		22	13.82	0.56	24.11
	23	13.71	0.53	25.97		23	13.49	0.53	24.18
	24	13.73	0.52	23.77		24	13.45	0.54	24.58
	25	13.41	0.55	22.46		25	13.27	0.57	25.9
	26	13.44	0.54	22.64		26	13.89	0.55	23.21
	28	13.5	0.54	27.31		28	13.08	0.53	18.61
	29	13.55	0.53	20.98		29	13.49	0.58	27.31
	30	13.65	0.53	26.1		30	13.93	0.56	24.11
	31	13.71	0.53	25.97		31	13.49	0.53	24.18
	32	13.73	0.52	23.77		32	13.45	0.54	24.58
	34	13.44	0.54	21.64		34	13.89	0.55	23.21
	35	13.5	0.54	25.62		35	13.31	0.54	23.95
	37	13.55	0.53	20.98		36	13.08	0.53	18.61
	39	13.71	0.53	25.97		38	13.82	0.56	24.11
	40	13.73	0.52	23.77		39	13.49	0.53	24.18
25-Feb-15	2	13.08	0.61	25.9	11-Mar-15	1	13.35	0.58	25.66
	4	13.66	0.54	27.31		3	13.81	0.59	21.56
	5	13.18	0.54	22.46		4	13.12	0.54	25.26
	6	13.73	0.52	24.72		6	13.44	0.5	24.22
	7	13.55	0.55	25.9		7	13.24	0.56	22.4
	8	13.43	0.51	25.36		8	13.38	0.5	29.02
	10	13.08	0.61	25.9		10	13.66	0.52	24.11
	12	13.66	0.54	27.31		11	13.91	0.59	21.56
	13	13.18	0.54	22.46		13	13.89	0.53	22.12
	15	13.55	0.55	25.9		14	13.44	0.5	24.22
	17	13.98	0.59	20.7		16	13.38	0.5	29.02
	18	13.28	0.61	25.9		18	13.66	0.52	24.11
	19	13.28	0.53	23.56		19	13.92	0.59	21.56
	20	13.66	0.54	27.31		20	13.12	0.54	25.26
	21	13.18	0.54	22.46		21	13.89	0.53	22.12
	23	13.55	0.55	25.9		23	13.24	0.56	22.4
	24	13.43	0.51	25.36		24	13.38	0.5	29.02
	25	13.48	0.59	20.7		25	13.35	0.58	25.66
	27	13.08	0.53	23.56		26	13.66	0.52	24.11
	28	13.66	0.54	27.31		28	13.12	0.54	25.26
29	13.18	0.54	22.46	29	13.89	0.53	22.12		
30	13.73	0.52	24.72	30	13.44	0.5	24.22		
31	13.55	0.55	25.9	31	13.24	0.56	22.4		
32	13.43	0.51	25.36	32	13.38	0.5	29.02		
33	13.48	0.59	20.7	33	13.35	0.58	25.66		
34	13.08	0.61	25.9	34	13.66	0.52	24.11		
35	13.08	0.53	23.56	35	13.81	0.59	21.56		
36	13.66	0.54	27.31	36	13.12	0.54	25.26		
37	13.18	0.54	22.46	37	13.89	0.53	22.12		
38	13.73	0.52	24.72	38	13.44	0.5	24.22		
39	13.55	0.55	25.9	39	13.24	0.56	22.4		
40	13.43	0.51	25.36	40	13.38	0.5	29.02		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
16-Mar-15	1	13.69	0.57	25.78	18-Mar-15	1	13.89	0.56	24.1
	2	13.44	0.55	23.74		2	13.53	0.54	24.11
	3	13.81	0.52	25.79		3	13.23	0.55	25.9
	4	13.35	0.59	23.82		4	13.52	0.49	21.65
	5	13.21	0.51	24.52		5	13.41	0.53	24.22
	6	13.59	0.54	22.82		6	13.66	0.55	23.26
	7	13.23	0.55	22.59		7	13.46	0.57	26.03
	8	13.12	0.54	23.1		8	12.91	0.53	24.98
	9	13.69	0.57	25.78		9	13.89	0.56	24.1
	10	13.44	0.55	23.74		10	13.53	0.54	24.11
	11	13.91	0.52	25.79		11	13.93	0.62	25.9
	12	13.35	0.59	23.82		12	13.52	0.49	21.65
	13	13.21	0.51	24.52		13	13.41	0.53	24.22
	14	13.59	0.54	22.82		14	13.66	0.55	23.26
	15	13.23	0.55	22.59		15	13.46	0.57	26.03
	16	13.12	0.54	21.1		16	12.91	0.53	24.98
	17	13.69	0.57	25.78		17	13.89	0.56	24.1
	18	13.44	0.55	23.74		18	13.53	0.54	24.11
	19	13.81	0.52	25.79		19	13.23	0.55	25.9
	20	13.35	0.59	23.82		20	13.52	0.49	21.65
	21	13.21	0.51	24.52		21	13.41	0.53	24.22
	22	13.59	0.54	22.82		22	13.66	0.55	23.26
	23	13.23	0.55	22.59		23	13.46	0.57	26.03
	24	13.12	0.54	23.1		24	12.91	0.53	24.98
	25	13.69	0.57	26.18		25	13.89	0.56	24.1
	26	13.44	0.55	23.74		26	13.53	0.54	24.11
	27	13.81	0.52	25.79		27	13.23	0.55	25.9
	28	13.35	0.59	23.82		28	13.52	0.49	21.65
	29	13.21	0.51	26.52		29	13.41	0.53	24.22
	30	13.59	0.54	22.82		30	13.66	0.55	23.26
	31	13.23	0.55	22.59		31	13.46	0.57	26.03
	32	13.12	0.54	23.1		32	12.91	0.53	24.98
23-Mar-15	1	13.28	0.51	22.94	24-Mar-15	1	13	0.49	26.34
	2	13.43	0.53	21.7		2	13.19	0.54	22.19
	3	13.31	0.55	23.11		3	12.96	0.48	23.22
	4	13.52	0.54	25.73		4	13.12	0.55	22.1
	5	12.99	0.55	24.72		5	14.03	0.56	24.18
	6	13.53	0.52	25.08		6	13.42	0.53	23.88
	7	13.31	0.52	25.53		7	13.71	0.55	25.51
	8	13.91	0.58	28.32		8	12.85	0.54	25.46
	9	13.28	0.51	22.94		9	13	0.49	26.34
	10	13.43	0.53	21.7		10	13.29	0.64	22.19
	11	13.31	0.55	23.11		11	12.96	0.48	23.22
	12	13.52	0.54	25.73		12	13.22	0.55	22.1
	13	12.99	0.55	24.72		13	14.03	0.56	24.18
	14	13.53	0.52	25.08		14	13.42	0.53	23.88
	15	13.31	0.52	25.53		15	13.71	0.55	25.51
	16	13.51	0.58	28.32		16	12.85	0.54	25.46
	17	13.28	0.51	22.94		17	13.2	0.49	26.34
	18	13.43	0.53	21.7		18	13.19	0.54	22.19
	19	13.31	0.55	23.11		19	12.96	0.48	23.22
	20	13.52	0.54	25.73		20	13.22	0.55	21.9

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
23-Mar-15	21	12.99	0.55	24.72	24-Mar-15	21	14.03	0.56	24.18
	22	13.53	0.52	25.08		22	13.42	0.53	23.88
	23	13.31	0.52	25.53		23	13.71	0.55	25.51
	24	13.51	0.58	28.32		24	12.85	0.54	25.46
	25	13.28	0.51	22.94		25	13.2	0.49	26.34
	26	13.43	0.53	21.7		26	13.19	0.54	22.19
	27	13.31	0.55	23.11		27	12.96	0.48	23.22
	28	13.52	0.54	25.73		28	13.22	0.55	22.1
	29	12.99	0.55	24.72		29	14.03	0.56	24.18
	30	13.53	0.52	25.08		30	13.42	0.53	23.88
	31	13.31	0.52	25.53		31	13.71	0.55	25.51
	32	13.51	0.58	28.32		32	12.85	0.54	25.46
25-Mar-15	1	13.7	0.53	22.83	31-Mar-15	1	13.89	0.55	21.84
	2	13.07	0.58	26.17		2	13.53	0.56	24.1
	3	12.88	0.53	19.56		3	13.23	0.61	24.18
	4	13.95	0.54	23.05		4	13.52	0.56	22.99
	5	13.37	0.57	22.17		5	13.41	0.56	24.57
	6	13.26	0.56	22.99		6	13.66	0.54	26.3
	7	13.35	0.53	18.49		7	13.46	0.55	23.26
	8	13.36	0.56	24.57		8	12.91	0.55	23.11
	9	13.7	0.53	22.83		9	13.89	0.55	21.84
	10	13.07	0.58	26.17		10	13.53	0.56	24.1
	11	12.88	0.53	19.56		11	13.23	0.57	24.18
	12	13.95	0.54	23.05		12	13.52	0.56	22.99
	13	13.37	0.57	22.17		13	13.41	0.56	24.57
	14	13.26	0.56	22.99		14	13.66	0.54	25.9
	15	13.35	0.53	18.49		15	13.46	0.55	23.26
	16	13.36	0.56	24.57		16	12.91	0.55	23.11
	17	13.7	0.53	22.83		17	13.93	0.55	21.84
	18	13.07	0.58	26.17		18	13.53	0.56	24.1
	19	12.88	0.53	19.56		19	13.23	0.57	24.18
	20	13.95	0.54	23.05		20	13.52	0.56	22.99
	21	13.37	0.57	22.17		21	13.41	0.56	24.57
	22	13.26	0.56	22.99		22	13.66	0.54	25.9
	23	13.35	0.53	18.49		23	13.46	0.55	23.26
	24	13.36	0.56	24.57		24	12.91	0.55	23.11
	25	13.7	0.53	22.83		25	13.89	0.55	21.84
	26	13.07	0.58	26.17		26	13.53	0.56	24.1
	27	12.88	0.53	19.56		27	13.23	0.57	24.18
	28	13.95	0.54	23.05		28	13.52	0.56	22.99
	29	13.37	0.57	22.17		29	13.41	0.56	24.57
	30	13.26	0.56	22.99		30	13.66	0.54	25.9
	31	13.35	0.53	18.49		31	13.46	0.55	23.26
	32	13.36	0.56	24.57		32	12.91	0.55	23.11
01-Apr-15	1	13.28	0.54	24.72	06-Apr-15	1	13	0.53	24.22
	2	13.43	0.54	22.1		2	13.19	0.53	26.18
	3	13.31	0.55	25.51		3	12.96	0.53	21.7
	4	13.52	0.54	24.11		4	13.12	0.54	23.88
	5	12.99	0.54	25.73		5	14.03	0.53	22.83
	6	13.53	0.53	22.19		6	13.42	0.52	19.56
	7	13.31	0.54	26.12		7	13.71	0.53	18.49
	8	13.51	0.54	23.05		8	12.85	0.52	18.11

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃		
01-Apr-15	9	13.28	0.54	24.72	06-Apr-15	9	13	0.53	24.22		
	10	13.43	0.54	22.1		10	13.19	0.53	24.98		
	11	13.31	0.55	25.51		11	12.96	0.53	21.7		
	12	13.52	0.54	24.11		12	13.12	0.54	23.88		
	13	12.99	0.54	25.73		13	14.03	0.53	22.83		
	14	13.53	0.53	22.19		14	13.42	0.52	19.56		
	15	13.31	0.54	25.46		15	13.71	0.53	18.49		
	16	13.51	0.54	23.05		16	12.85	0.52	18.11		
	17	13.28	0.54	24.72		17	13	0.53	24.22		
	18	13.43	0.54	22.1		18	13.19	0.53	26.38		
	19	13.31	0.55	25.51		19	12.96	0.53	21.7		
	20	13.52	0.54	24.11		20	13.12	0.58	23.88		
	21	12.99	0.54	25.73		21	14.03	0.53	22.83		
	22	13.93	0.63	21.89		22	13.42	0.52	19.56		
	23	13.31	0.54	25.46		23	13.71	0.53	18.49		
	24	13.51	0.54	23.05		24	12.85	0.52	18.11		
	25	13.28	0.54	24.72		25	13	0.53	24.22		
	26	13.43	0.54	22.1		26	13.19	0.53	24.98		
	27	13.31	0.55	25.51		27	12.96	0.53	21.7		
	28	13.52	0.54	24.11		28	13.12	0.58	23.88		
	29	12.99	0.54	25.73		29	14.03	0.53	22.83		
	30	13.53	0.53	22.19		30	13.42	0.52	19.56		
	31	13.31	0.54	25.46		31	13.71	0.53	18.49		
	32	13.51	0.54	23.05		32	12.85	0.52	18.11		
	08-Apr-15	1	12.88	0.48		23.22	13-Apr-15	1	13.24	0.58	21.57
		2	13.25	0.52		22.59		2	13.61	0.55	24.96
		3	12.94	0.55		26.76		3	13.83	0.56	25.04
		4	13.85	0.55		23.19		4	13.15	0.57	26.81
		5	12.74	0.51		23.36		5	13.63	0.52	25.65
		6	13.46	0.56		24.1		6	13.54	0.57	24.85
		7	13.62	0.56		26.99		7	13.57	0.54	26.2
		8	12.85	0.55		22.15		8	12.6	0.51	25.78
9		12.88	0.48	23.22	9	13.24		0.58	24.57		
10		13.25	0.52	21.59	10	13.61		0.55	24.96		
11		12.94	0.55	26.76	11	13.83		0.56	25.04		
12		13.85	0.55	23.19	12	13.15		0.57	26.81		
13		12.74	0.51	23.36	13	13.63		0.52	25.65		
14		13.46	0.56	24.1	14	13.54		0.57	24.85		
15		13.92	0.56	26.99	15	13.57		0.54	26.2		
16		12.85	0.55	21.55	16	12.6		0.51	25.78		
17		12.88	0.48	23.22	17	13.24		0.58	24.57		
18		13.25	0.52	22.59	18	13.61		0.55	24.96		
19		12.94	0.55	26.76	19	13.93		0.56	25.04		
20		13.85	0.65	23.19	20	13.15		0.57	26.81		
21		12.74	0.51	23.36	21	13.63		0.52	25.65		
22		13.46	0.56	24.1	22	13.54		0.57	24.85		
23		13.62	0.62	26.99	23	13.57		0.54	26.2		
24		12.85	0.55	22.15	24	12.6		0.51	25.78		
25		12.88	0.48	23.22	25	13.24		0.58	24.57		
26		13.25	0.52	22.59	26	13.61		0.55	24.96		
27		12.94	0.55	26.76	27	13.83		0.56	25.04		
28		13.95	0.55	23.19	28	13.15		0.57	26.81		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
08-Apr-15	29	12.74	0.51	23.36	13-Apr-15	29	13.63	0.52	25.65
	30	13.46	0.56	24.1		30	13.54	0.57	24.85
	31	13.62	0.56	26.99		31	13.57	0.54	26.2
	32	12.85	0.55	22.15		32	12.6	0.51	25.78
14-Apr-15	1	13.22	0.51	19.6	20-Apr-15	1	13.17	0.52	26.39
	2	13.45	0.52	21.03		2	13.07	0.57	27.44
	3	13.28	0.5	22.93		3	13.36	0.57	22.97
	4	13.35	0.59	21.41		4	13.97	0.48	21.73
	5	13.32	0.52	23.74		5	13.2	0.54	23.53
	6	13.3	0.57	23.44		6	13.76	0.51	24.76
	7	13.53	0.58	21.5		7	13.52	0.52	25.67
	8	12.87	0.57	26.83		8	14.12	0.53	26.03
	9	13.22	0.51	19.6		9	13.17	0.52	26.39
	10	13.45	0.52	21.03		10	13.07	0.62	27.44
	11	13.28	0.5	22.93		11	13.36	0.62	22.97
	12	13.35	0.59	21.41		12	13.97	0.48	21.73
	13	13.32	0.52	23.74		13	13.2	0.54	23.53
	14	13.3	0.57	23.44		14	13.76	0.51	24.76
	15	13.53	0.58	21.5		15	13.52	0.52	25.67
	16	12.87	0.57	21.83		16	14.12	0.53	26.03
	17	13.22	0.51	19.6		17	13.17	0.52	26.39
	18	13.45	0.52	21.03		18	13.07	0.57	27.44
	19	13.28	0.5	22.93		19	13.36	0.57	22.97
	20	13.35	0.59	21.41		20	13.97	0.48	21.73
	21	13.32	0.52	23.74		21	13.2	0.54	23.53
	22	13.3	0.57	23.44		22	13.76	0.51	24.76
	23	13.93	0.58	21.5		23	13.52	0.52	25.67
	24	12.87	0.57	21.83		24	14.12	0.53	26.03
	25	13.22	0.51	19.6		25	13.17	0.52	26.39
	26	13.45	0.52	21.03		26	13.07	0.57	27.44
	27	13.28	0.5	22.93		27	13.36	0.57	22.97
	28	13.35	0.59	21.41		28	13.97	0.48	21.73
	29	13.32	0.52	23.74		29	13.2	0.54	23.53
	30	13.3	0.57	23.44		30	13.76	0.51	24.76
	31	13.53	0.58	21.5		31	13.52	0.52	25.67
	32	12.87	0.57	21.83		32	14.12	0.53	26.03
22-Apr-15	1	13.88	0.52	24.55	29-Apr-15	1	13.08	0.58	24.57
	2	13.36	0.45	22.34		2	13.21	0.53	24.56
	3	13.4	0.55	19.54		3	13.95	0.57	21.48
	4	13.74	0.52	19.74		4	13.24	0.5	26.62
	5	13.07	0.56	24.17		5	13.26	0.57	22.07
	6	13.78	0.54	23.69		6	13.25	0.57	25.3
	7	13.71	0.53	22.1		7	13.16	0.57	25.37
	8	13.48	0.56	23.32		8	13.2	0.6	19.76
	9	13.88	0.52	24.55		9	13.08	0.58	24.57
	10	13.36	0.45	22.34		10	13.21	0.53	24.56
	11	13.4	0.55	19.54		11	13.25	0.57	21.48
	12	13.74	0.52	19.74		12	13.14	0.5	26.62
	13	13.07	0.56	24.17		13	13.26	0.57	22.07
	14	13.78	0.54	23.69		14	13.25	0.57	25.3
	15	13.71	0.53	22.1		15	13.26	0.57	25.37
	16	13.48	0.56	23.32		16	13.2	0.6	19.76

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
22-Apr-15	17	13.88	0.52	24.55	29-Apr-15	17	13.08	0.58	24.57
	18	13.36	0.45	22.34		18	13.23	0.53	24.56
	19	13.4	0.55	19.54		19	13.25	0.57	21.48
	20	13.74	0.52	19.74		20	13.14	0.5	26.62
	21	13.07	0.56	24.17		21	13.96	0.57	22.07
	22	13.78	0.54	23.69		22	13.25	0.57	25.3
	23	13.71	0.53	22.1		23	13.16	0.57	25.37
	24	13.48	0.56	23.32		24	13.2	0.6	19.76
	25	13.93	0.52	24.55		25	13.28	0.58	24.57
	26	13.36	0.45	22.34		26	13.21	0.53	24.56
	27	13.4	0.55	19.54		27	13.25	0.57	21.48
	28	13.74	0.52	19.74		28	13.24	0.5	26.62
	29	13.07	0.56	26.17		29	13.16	0.57	22.07
	30	13.78	0.54	23.69		30	13.15	0.57	25.3
31	13.71	0.53	22.1	31	13.26	0.57	25.37		
32	13.48	0.62	23.32	32	13.2	0.6	19.76		
04-Mei-15	1	13.19	0.57	20.5	06-Mei-15	1	13.34	0.56	25.34
	2	13.19	0.56	23.09		2	13.95	0.5	21.99
	3	13.2	0.5	23.25		3	13.34	0.55	21.55
	4	13.21	0.56	21.5		4	13.36	0.53	30.12
	5	13.22	0.53	21.14		5	13.36	0.54	25.72
	6	13.23	0.56	21.41		6	13.35	0.55	21.19
	7	13.24	0.53	24.95		7	13.36	0.55	20.54
	8	13.95	0.56	23.34		8	13.17	0.5	23.83
	9	13.19	0.58	20.5		9	13.34	0.58	25.34
	10	13.19	0.56	23.09		10	13.35	0.5	21.99
	11	13.2	0.5	23.25		11	13.34	0.55	21.55
	12	13.21	0.56	21.5		12	13.36	0.53	30.12
	13	13.22	0.53	21.14		13	13.36	0.54	25.72
	14	13.23	0.56	21.41		14	13.35	0.55	21.19
15	13.24	0.53	24.95	15	13.36	0.55	20.54		
16	13.25	0.56	23.34	16	13.37	0.5	23.83		
17	13.19	0.57	20.5	17	13.34	0.56	25.34		
18	13.19	0.56	23.09	18	13.35	0.5	21.99		
19	13.2	0.5	23.25	19	13.34	0.55	21.55		
20	13.21	0.56	21.5	20	13.36	0.53	30.12		
21	13.22	0.53	21.14	21	13.36	0.54	25.72		
22	13.23	0.56	21.41	22	13.35	0.55	21.19		
23	13.24	0.53	24.95	23	13.36	0.55	20.54		
24	13.25	0.56	23.34	24	13.37	0.5	23.83		
25	13.19	0.57	26.5	25	13.34	0.58	25.34		
26	13.19	0.56	23.09	26	13.15	0.5	21.99		
27	13.2	0.5	23.25	27	13.34	0.55	21.55		
28	13.21	0.56	21.5	28	13.36	0.53	30.12		
29	13.22	0.53	21.14	29	13.36	0.54	25.72		
30	13.23	0.56	21.41	30	13.35	0.55	21.19		
31	13.24	0.53	24.95	31	13.36	0.55	20.54		
32	13.25	0.56	23.34	32	13.37	0.5	23.83		
11-Mei-15	1	13.41	0.55	26.76	12-Mei-15	1	13.48	0.54	20.98
	2	13.41	0.56	23.19		2	13.5	0.54	24.42
	3	13.41	0.55	21.95		3	13.5	0.55	26.26
	4	13.42	0.53	24.96		4	13.11	0.54	25.88

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃		
11-Mei-15	5	13.43	0.54	26.43	12-Mei-15	5	13.51	0.53	20.1		
	6	13.44	0.51	23.58		6	13.54	0.54	16.48		
	7	13.46	0.58	23.01		7	13.55	0.53	23.5		
	8	13.46	0.53	24.39		8	13.56	0.52	21.1		
	9	13.41	0.55	26.76		9	13.48	0.54	20.98		
	10	13.11	0.56	23.19		10	13.5	0.54	24.42		
	11	13.11	0.55	22.15		11	13.5	0.58	24.26		
	12	13.42	0.53	24.96		12	13.91	0.54	25.88		
	13	13.43	0.54	26.43		13	13.91	0.53	20.1		
	14	13.44	0.51	23.58		14	13.54	0.54	16.48		
	15	13.46	0.54	23.01		15	13.55	0.53	23.5		
	16	13.46	0.53	24.39		16	13.56	0.52	21.1		
	11-Mei-15	17	13.41	0.55		26.76	12-Mei-15	17	13.48	0.54	20.98
		18	13.41	0.58		23.19		18	13.5	0.54	24.42
		19	13.41	0.55		22.15		19	13.5	0.55	24.26
		20	13.42	0.53		24.96		20	13.51	0.54	25.88
21		13.43	0.54	26.43	21	13.51		0.53	20.1		
22		13.44	0.51	23.58	22	13.54		0.54	16.48		
23		13.46	0.54	23.01	23	13.55		0.53	23.5		
24		13.46	0.53	24.39	24	13.56		0.59	21.1		
25		13.91	0.55	26.76	25	13.48		0.54	20.98		
26		13.91	0.56	23.19	26	13.1		0.54	24.42		
27		13.41	0.55	22.15	27	13.5		0.55	24.26		
28		13.42	0.53	24.96	28	13.51		0.54	25.88		
29		13.43	0.54	26.43	29	13.51		0.53	20.1		
30		13.44	0.51	23.58	30	13.54		0.54	16.48		
31		13.46	0.54	23.01	31	13.55		0.53	23.5		
32		13.46	0.53	24.39	32	13.56		0.52	21.1		
13-Mei-15	1	13.57	0.53	22.96	20-Mei-15	1	13.84	0.51	22.18		
	2	13.58	0.55	25.19		2	14	0.5	24.22		
	3	13.6	0.53	22.22		3	14.11	0.49	24.82		
	4	13.59	0.48	27.81		4	14.25	0.48	23.88		
	5	13.61	0.52	27.73		5	12.85	0.55	21.55		
	6	13.6	0.53	24.63		6	13.24	0.58	24.57		
	7	13.91	0.51	25.4		7	13.61	0.55	24.96		
	8	13.62	0.53	20.15		8	13.83	0.56	25.04		
	9	13.57	0.53	22.96		9	13.84	0.51	22.18		
	10	13.58	0.55	25.19		10	14	0.5	24.22		
	11	13.6	0.53	22.22		11	14.11	0.49	24.82		
	12	13.59	0.48	27.81		12	14.25	0.48	23.88		
	13	13.61	0.52	27.73		13	12.85	0.55	22.15		
	14	13.16	0.58	24.63		14	13.24	0.58	24.57		
	15	13.61	0.51	25.4		15	13.61	0.55	24.96		
	16	13.62	0.53	20.15		16	13.83	0.56	26.04		
	17	13.57	0.53	22.96		17	13.84	0.51	22.18		
	18	13.58	0.55	25.19		18	14	0.5	24.22		
	19	13.6	0.53	22.22		19	14.11	0.49	24.82		
	20	13.59	0.48	27.81		20	14.25	0.48	23.88		
	21	13.61	0.52	27.73		21	12.85	0.55	22.15		
	22	13.6	0.53	24.63		22	13.24	0.58	24.57		
	23	13.61	0.51	25.4		23	13.61	0.55	24.96		
	24	13.62	0.53	20.15		24	13.83	0.56	25.04		

Lampiran A. (Lanjutan)

Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃	Tanggal	Sampel	X ₁	X ₂	X ₃
13-Mei-15	25	13.57	0.53	22.96	20-Mei-15	25	13.94	0.51	22.18
	26	13.58	0.55	25.19		26	14	0.5	24.22
	27	13.6	0.53	22.22		27	14.11	0.49	24.82
	28	13.59	0.48	27.81		28	14.25	0.48	23.88
	29	13.61	0.52	27.73		29	12.85	0.55	22.15
	30	13.6	0.53	24.63		30	13.24	0.58	24.57
	31	13.61	0.51	25.4		31	13.61	0.55	24.96
	32	13.62	0.53	20.15		32	13.83	0.56	25.04

Lampiran B. Crisp Input Tiap Subgrup

Sub Grup	Crisp Input								
	X ₁			X ₂			X ₃		
	Lack	Good	Over	Good	Over	Lack	Good	Over	
1	4	23	5	30	2	8	20	4	
2	16	15	1	20	12	4	20	8	
3	2	29	1	30	2	11	10	11	
4	1	29	2	31	1	5	26	1	
5	1	20	11	31	1	4	26	2	
6	1	30	1	30	2	7	19	6	
7	5	25	2	24	8	6	22	4	
8	9	22	1	28	4	4	27	1	
9	3	22	7	31	1	1	27	4	
10	1	29	2	19	13	9	22	1	
11	2	25	5	27	5	11	14	7	
12	9	22	1	26	6	14	14	4	
13	11	20	1	18	14	3	21	8	
14	1	23	8	31	1	16	15	1	
15	1	26	5	27	5	6	17	9	
16	3	28	1	28	4	11	14	7	
17	1	30	1	30	2	7	21	4	
18	5	22	5	22	10	1	27	4	
19	3	28	1	31	1	4	27	1	
20	15	13	4	30	2	16	15	1	
21	10	21	1	24	8	8	20	4	
22	2	28	2	29	3	11	19	2	
23	1	29	2	30	2	8	17	7	
24	3	27	2	29	3	3	26	3	
25	10	21	1	25	7	3	24	5	
26	4	26	2	25	7	4	23	5	
27	4	27	1	28	4	1	29	2	
28	4	27	1	31	1	4	24	4	
29	4	27	1	28	4	4	24	4	
30	14	14	4	31	1	1	27	4	
31	8	20	4	28	4	8	20	4	
32	4	27	1	31	1	4	27	1	
33	4	27	1	31	1	1	30	1	
34	20	8	4	30	2	16	14	2	
35	16	14	2	30	2	2	22	8	
36	8	23	1	28	4	1	23	8	
37	4	27	1	24	8	19	12	1	
38	8	16	8	30	2	4	16	12	
39	4	27	1	31	1	8	23	1	
40	9	21	2	24	8	8	20	4	
41	8	23	1	31	1	15	16	1	
42	2	29	1	30	2	16	12	4	
43	2	28	2	30	2	1	23	8	
44	2	28	2	30	2	16	15	1	
45	1	30	1	31	1	4	20	8	
46	4	15	13	28	4	1	30	1	

Lampiran C. Fuzzy Number Skenario 1

Sub Grup	F ₁				F ₂				F ₃			
	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄
1	0.144	0.267	0.806	0.897	0.044	0.063	0.063	0.822	0.126	0.253	0.665	0.811
2	0.100	0.173	0.525	0.647	0.266	0.375	0.375	0.881	0.189	0.335	0.748	0.874
3	0.034	0.173	0.853	0.953	0.044	0.063	0.063	0.822	0.289	0.397	0.603	0.711
4	0.055	0.197	0.877	0.972	0.022	0.031	0.031	0.816	0.048	0.191	0.727	0.890
5	0.280	0.408	0.877	0.944	0.022	0.031	0.031	0.816	0.063	0.211	0.748	0.906
6	0.030	0.173	0.877	0.975	0.044	0.063	0.063	0.822	0.163	0.294	0.686	0.822
7	0.073	0.197	0.783	0.884	0.178	0.250	0.250	0.858	0.116	0.253	0.706	0.853
8	0.067	0.173	0.689	0.800	0.089	0.125	0.125	0.834	0.042	0.191	0.748	0.911
9	0.189	0.314	0.830	0.913	0.022	0.031	0.031	0.816	0.089	0.253	0.809	0.958
10	0.055	0.197	0.877	0.972	0.288	0.406	0.406	0.887	0.069	0.191	0.644	0.806
11	0.134	0.267	0.853	0.941	0.111	0.156	0.156	0.840	0.205	0.314	0.603	0.733
12	0.067	0.173	0.689	0.800	0.133	0.188	0.188	0.846	0.158	0.253	0.541	0.686
13	0.077	0.173	0.642	0.756	0.311	0.438	0.438	0.893	0.183	0.335	0.768	0.895
14	0.205	0.338	0.877	0.953	0.022	0.031	0.031	0.816	0.106	0.191	0.500	0.660
15	0.130	0.267	0.877	0.963	0.111	0.156	0.156	0.840	0.220	0.356	0.706	0.827
16	0.039	0.173	0.830	0.931	0.089	0.125	0.125	0.834	0.205	0.314	0.603	0.733
17	0.030	0.173	0.877	0.975	0.044	0.063	0.063	0.822	0.121	0.253	0.686	0.832
18	0.148	0.267	0.783	0.875	0.222	0.313	0.313	0.869	0.089	0.253	0.809	0.958
19	0.039	0.173	0.830	0.931	0.022	0.031	0.031	0.816	0.042	0.191	0.748	0.911
20	0.170	0.244	0.548	0.659	0.044	0.063	0.063	0.822	0.106	0.191	0.500	0.660
21	0.072	0.173	0.666	0.778	0.178	0.250	0.250	0.858	0.126	0.253	0.665	0.811
22	0.059	0.197	0.853	0.950	0.067	0.094	0.094	0.828	0.100	0.211	0.603	0.759
23	0.055	0.197	0.877	0.972	0.044	0.063	0.063	0.822	0.189	0.314	0.665	0.795
24	0.064	0.197	0.830	0.928	0.067	0.094	0.094	0.828	0.079	0.232	0.768	0.921
25	0.072	0.173	0.666	0.778	0.155	0.219	0.219	0.852	0.121	0.273	0.768	0.911
26	0.069	0.197	0.806	0.906	0.155	0.219	0.219	0.852	0.126	0.273	0.748	0.890
27	0.044	0.173	0.806	0.909	0.089	0.125	0.125	0.834	0.047	0.211	0.809	0.968
28	0.044	0.173	0.806	0.909	0.022	0.031	0.031	0.816	0.105	0.253	0.748	0.895
29	0.044	0.173	0.806	0.909	0.089	0.125	0.125	0.834	0.105	0.253	0.748	0.895
30	0.166	0.244	0.572	0.681	0.022	0.031	0.031	0.816	0.089	0.253	0.809	0.958
31	0.138	0.244	0.713	0.813	0.089	0.125	0.125	0.834	0.126	0.253	0.665	0.811
32	0.044	0.173	0.806	0.909	0.022	0.031	0.031	0.816	0.042	0.191	0.748	0.911
33	0.044	0.173	0.806	0.909	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.191	0.809	0.974
34	0.194	0.244	0.431	0.550	0.044	0.063	0.063	0.822	0.127	0.211	0.500	0.654
35	0.125	0.197	0.525	0.644	0.044	0.063	0.063	0.822	0.178	0.335	0.789	0.916
36	0.063	0.173	0.713	0.822	0.089	0.125	0.125	0.834	0.173	0.335	0.809	0.937
37	0.044	0.173	0.806	0.909	0.178	0.250	0.250	0.858	0.122	0.191	0.438	0.597
38	0.238	0.338	0.713	0.800	0.044	0.063	0.063	0.822	0.273	0.418	0.748	0.853
39	0.044	0.173	0.806	0.909	0.022	0.031	0.031	0.816	0.063	0.191	0.665	0.827
40	0.092	0.197	0.689	0.797	0.178	0.250	0.250	0.858	0.126	0.253	0.665	0.811
41	0.063	0.173	0.713	0.822	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.191	0.521	0.681
42	0.034	0.173	0.853	0.953	0.044	0.063	0.063	0.822	0.169	0.253	0.500	0.644
43	0.059	0.197	0.853	0.950	0.044	0.063	0.063	0.822	0.173	0.335	0.809	0.937
44	0.059	0.197	0.853	0.950	0.044	0.063	0.063	0.822	0.106	0.191	0.500	0.660
45	0.030	0.173	0.877	0.975	0.022	0.031	0.031	0.816	0.189	0.335	0.748	0.874
46	0.344	0.455	0.806	0.872	0.089	0.125	0.125	0.834	0.026	0.191	0.809	0.974

Lampiran D. Fuzzy Number Skenario 2

Sub Grup	F ₁				F ₂				F ₃			
	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄
1	0.141	0.264	0.803	0.894	0.044	0.063	0.063	0.822	0.104	0.231	0.644	0.793
2	0.028	0.102	0.453	0.575	0.266	0.375	0.375	0.881	0.208	0.356	0.769	0.896
3	0.028	0.167	0.847	0.947	0.044	0.063	0.063	0.822	0.285	0.397	0.603	0.715
4	0.056	0.198	0.878	0.973	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.169	0.706	0.870
5	0.309	0.438	0.906	0.973	0.022	0.031	0.031	0.816	0.052	0.201	0.737	0.896
6	0.028	0.172	0.875	0.973	0.044	0.063	0.063	0.822	0.156	0.288	0.680	0.818
7	0.056	0.180	0.766	0.867	0.178	0.250	0.250	0.858	0.104	0.242	0.696	0.844
8	0.028	0.134	0.650	0.761	0.089	0.125	0.125	0.834	0.026	0.175	0.732	0.896
9	0.197	0.322	0.838	0.920	0.022	0.031	0.031	0.816	0.104	0.268	0.825	0.974
10	0.056	0.198	0.878	0.973	0.288	0.406	0.406	0.887	0.026	0.148	0.602	0.767
11	0.141	0.273	0.859	0.947	0.111	0.156	0.156	0.840	0.182	0.293	0.582	0.715
12	0.028	0.134	0.650	0.761	0.133	0.188	0.188	0.846	0.104	0.199	0.488	0.637
13	0.028	0.125	0.594	0.708	0.311	0.438	0.438	0.893	0.208	0.362	0.795	0.922
14	0.225	0.358	0.897	0.973	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.111	0.420	0.585
15	0.141	0.278	0.888	0.973	0.111	0.156	0.156	0.840	0.233	0.372	0.722	0.844
16	0.028	0.163	0.819	0.920	0.089	0.125	0.125	0.834	0.182	0.293	0.582	0.715
17	0.028	0.172	0.875	0.973	0.044	0.063	0.063	0.822	0.104	0.237	0.670	0.818
18	0.141	0.259	0.775	0.867	0.222	0.313	0.313	0.869	0.104	0.268	0.825	0.974
19	0.028	0.163	0.819	0.920	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.175	0.732	0.896
20	0.113	0.186	0.491	0.602	0.044	0.063	0.063	0.822	0.026	0.111	0.420	0.585
21	0.028	0.130	0.622	0.734	0.178	0.250	0.250	0.858	0.104	0.231	0.644	0.793
22	0.056	0.194	0.850	0.947	0.067	0.094	0.094	0.828	0.052	0.163	0.555	0.715
23	0.056	0.198	0.878	0.973	0.044	0.063	0.063	0.822	0.182	0.309	0.660	0.793
24	0.056	0.189	0.822	0.920	0.067	0.094	0.094	0.828	0.078	0.232	0.768	0.922
25	0.028	0.130	0.622	0.734	0.155	0.219	0.219	0.852	0.130	0.284	0.779	0.922
26	0.056	0.184	0.794	0.894	0.155	0.219	0.219	0.852	0.130	0.278	0.753	0.896
27	0.028	0.158	0.791	0.894	0.089	0.125	0.125	0.834	0.052	0.217	0.815	0.974
28	0.028	0.158	0.791	0.894	0.022	0.031	0.031	0.816	0.104	0.253	0.748	0.896
29	0.028	0.158	0.791	0.894	0.089	0.125	0.125	0.834	0.104	0.253	0.748	0.896
30	0.113	0.191	0.519	0.628	0.022	0.031	0.031	0.816	0.104	0.268	0.825	0.974
31	0.113	0.219	0.688	0.788	0.089	0.125	0.125	0.834	0.104	0.231	0.644	0.793
32	0.028	0.158	0.791	0.894	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.175	0.732	0.896
33	0.028	0.158	0.791	0.894	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.191	0.809	0.974
34	0.113	0.163	0.350	0.469	0.044	0.063	0.063	0.822	0.052	0.137	0.426	0.585
35	0.056	0.128	0.456	0.575	0.044	0.063	0.063	0.822	0.208	0.367	0.821	0.948
36	0.028	0.139	0.678	0.788	0.089	0.125	0.125	0.834	0.208	0.372	0.847	0.974
37	0.028	0.158	0.791	0.894	0.178	0.250	0.250	0.858	0.026	0.095	0.343	0.507
38	0.225	0.325	0.700	0.788	0.044	0.063	0.063	0.822	0.311	0.460	0.790	0.896
39	0.028	0.158	0.791	0.894	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.153	0.628	0.793
40	0.056	0.161	0.653	0.761	0.178	0.250	0.250	0.858	0.104	0.231	0.644	0.793
41	0.028	0.139	0.678	0.788	0.022	0.031	0.031	0.816	0.026	0.116	0.446	0.611
42	0.028	0.167	0.847	0.947	0.044	0.063	0.063	0.822	0.104	0.189	0.436	0.585
43	0.056	0.194	0.850	0.947	0.044	0.063	0.063	0.822	0.208	0.372	0.847	0.974
44	0.056	0.194	0.850	0.947	0.044	0.063	0.063	0.822	0.026	0.111	0.420	0.585
45	0.028	0.172	0.875	0.973	0.022	0.031	0.031	0.816	0.208	0.356	0.769	0.896
46	0.366	0.477	0.828	0.894	0.089	0.125	0.125	0.834	0.026	0.191	0.809	0.974

Lampiran E. Fuzzy Number Skenario 3

Sub Grup	F ₁				F ₂				F ₃			
	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄
1	0.167	0.378	0.738	0.858	0.044	0.063	0.063	0.822	0.164	0.351	0.564	0.783
2	0.073	0.197	0.431	0.552	0.266	0.375	0.375	0.881	0.248	0.466	0.679	0.866
3	0.073	0.306	0.759	0.902	0.044	0.063	0.063	0.822	0.310	0.474	0.581	0.745
4	0.097	0.336	0.789	0.928	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.312	0.588	0.830
5	0.308	0.533	0.845	0.942	0.022	0.031	0.031	0.816	0.122	0.341	0.617	0.851
6	0.073	0.314	0.783	0.927	0.044	0.063	0.063	0.822	0.206	0.401	0.603	0.806
7	0.097	0.305	0.695	0.828	0.178	0.250	0.250	0.858	0.164	0.367	0.601	0.819
8	0.073	0.252	0.595	0.727	0.089	0.125	0.125	0.834	0.101	0.320	0.607	0.849
9	0.214	0.430	0.773	0.886	0.022	0.031	0.031	0.816	0.164	0.406	0.693	0.912
10	0.097	0.336	0.789	0.928	0.288	0.406	0.406	0.887	0.101	0.281	0.514	0.757
11	0.167	0.394	0.784	0.908	0.111	0.156	0.156	0.840	0.227	0.391	0.539	0.735
12	0.073	0.252	0.595	0.727	0.133	0.188	0.188	0.846	0.164	0.304	0.453	0.672
13	0.073	0.236	0.548	0.677	0.311	0.438	0.438	0.893	0.248	0.474	0.697	0.885
14	0.238	0.467	0.827	0.938	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.226	0.385	0.628
15	0.167	0.402	0.808	0.933	0.111	0.156	0.156	0.840	0.268	0.472	0.652	0.832
16	0.073	0.298	0.736	0.877	0.089	0.125	0.125	0.834	0.227	0.391	0.539	0.735
17	0.073	0.314	0.783	0.927	0.044	0.063	0.063	0.822	0.164	0.359	0.582	0.801
18	0.167	0.370	0.714	0.833	0.222	0.313	0.313	0.869	0.164	0.406	0.693	0.912
19	0.073	0.298	0.736	0.877	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.320	0.607	0.849
20	0.144	0.270	0.473	0.581	0.044	0.063	0.063	0.822	0.101	0.226	0.385	0.628
21	0.073	0.244	0.572	0.702	0.178	0.250	0.250	0.858	0.164	0.351	0.564	0.783
22	0.097	0.328	0.766	0.903	0.067	0.094	0.094	0.828	0.122	0.286	0.488	0.722
23	0.097	0.336	0.789	0.928	0.044	0.063	0.063	0.822	0.227	0.414	0.595	0.790
24	0.097	0.320	0.742	0.878	0.067	0.094	0.094	0.828	0.143	0.369	0.646	0.872
25	0.073	0.244	0.572	0.702	0.155	0.219	0.219	0.852	0.185	0.411	0.666	0.877
26	0.097	0.313	0.719	0.853	0.155	0.219	0.219	0.852	0.185	0.403	0.648	0.859
27	0.073	0.291	0.713	0.852	0.089	0.125	0.125	0.834	0.122	0.364	0.672	0.907
28	0.073	0.291	0.713	0.852	0.022	0.031	0.031	0.816	0.164	0.383	0.638	0.856
29	0.073	0.291	0.713	0.852	0.089	0.125	0.125	0.834	0.164	0.383	0.638	0.856
30	0.144	0.278	0.497	0.606	0.022	0.031	0.031	0.816	0.164	0.406	0.693	0.912
31	0.144	0.325	0.638	0.756	0.089	0.125	0.125	0.834	0.164	0.351	0.564	0.783
32	0.073	0.291	0.713	0.852	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.320	0.607	0.849
33	0.073	0.291	0.713	0.852	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.343	0.662	0.904
34	0.144	0.231	0.356	0.456	0.044	0.063	0.063	0.822	0.122	0.247	0.396	0.630
35	0.097	0.219	0.438	0.553	0.044	0.063	0.063	0.822	0.248	0.482	0.716	0.903
36	0.073	0.259	0.619	0.752	0.089	0.125	0.125	0.834	0.248	0.490	0.734	0.922
37	0.073	0.291	0.713	0.852	0.178	0.250	0.250	0.858	0.101	0.203	0.330	0.572
38	0.238	0.413	0.663	0.763	0.044	0.063	0.063	0.822	0.331	0.550	0.720	0.876
39	0.073	0.291	0.713	0.852	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.288	0.533	0.775
40	0.097	0.273	0.602	0.728	0.178	0.250	0.250	0.858	0.164	0.351	0.564	0.783
41	0.073	0.259	0.619	0.752	0.022	0.031	0.031	0.816	0.101	0.234	0.404	0.646
42	0.073	0.306	0.759	0.902	0.044	0.063	0.063	0.822	0.164	0.289	0.416	0.635
43	0.097	0.328	0.766	0.903	0.044	0.063	0.063	0.822	0.248	0.490	0.734	0.922
44	0.097	0.328	0.766	0.903	0.044	0.063	0.063	0.822	0.101	0.226	0.385	0.628
45	0.073	0.314	0.783	0.927	0.022	0.031	0.031	0.816	0.248	0.466	0.679	0.866
46	0.355	0.553	0.788	0.870	0.089	0.125	0.125	0.834	0.101	0.343	0.662	0.904

Lampiran F. *Fuzzy Number* Skenario 4

Sub Grup	F ₁			F ₂			F ₃		
	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃
1	0.141	0.516	0.894	0.044	0.063	0.822	0.104	0.438	0.793
2	0.028	0.266	0.575	0.266	0.375	0.881	0.208	0.563	0.896
3	0.028	0.484	0.947	0.044	0.063	0.822	0.285	0.500	0.715
4	0.056	0.516	0.973	0.022	0.031	0.816	0.026	0.438	0.870
5	0.309	0.656	0.973	0.022	0.031	0.816	0.052	0.469	0.896
6	0.028	0.500	0.973	0.044	0.063	0.822	0.156	0.484	0.818
7	0.056	0.453	0.867	0.178	0.250	0.858	0.104	0.469	0.844
8	0.028	0.375	0.761	0.089	0.125	0.834	0.026	0.453	0.896
9	0.197	0.563	0.920	0.022	0.031	0.816	0.104	0.547	0.974
10	0.056	0.516	0.973	0.288	0.406	0.887	0.026	0.375	0.767
11	0.141	0.547	0.947	0.111	0.156	0.840	0.182	0.438	0.715
12	0.028	0.375	0.761	0.133	0.188	0.846	0.104	0.344	0.637
13	0.028	0.344	0.708	0.311	0.438	0.893	0.208	0.578	0.922
14	0.225	0.609	0.973	0.022	0.031	0.816	0.026	0.266	0.585
15	0.141	0.563	0.973	0.111	0.156	0.840	0.233	0.547	0.844
16	0.028	0.469	0.920	0.089	0.125	0.834	0.182	0.438	0.715
17	0.028	0.500	0.973	0.044	0.063	0.822	0.104	0.453	0.818
18	0.141	0.500	0.867	0.222	0.313	0.869	0.104	0.547	0.974
19	0.028	0.469	0.920	0.022	0.031	0.816	0.026	0.453	0.896
20	0.113	0.328	0.602	0.044	0.063	0.822	0.026	0.266	0.585
21	0.028	0.359	0.734	0.178	0.250	0.858	0.104	0.438	0.793
22	0.056	0.500	0.947	0.067	0.094	0.828	0.052	0.359	0.715
23	0.056	0.516	0.973	0.044	0.063	0.822	0.182	0.484	0.793
24	0.056	0.484	0.920	0.067	0.094	0.828	0.078	0.500	0.922
25	0.028	0.359	0.734	0.155	0.219	0.852	0.130	0.531	0.922
26	0.056	0.469	0.894	0.155	0.219	0.852	0.130	0.516	0.896
27	0.028	0.453	0.894	0.089	0.125	0.834	0.052	0.516	0.974
28	0.028	0.453	0.894	0.022	0.031	0.816	0.104	0.500	0.896
29	0.028	0.453	0.894	0.089	0.125	0.834	0.104	0.500	0.896
30	0.113	0.344	0.628	0.022	0.031	0.816	0.104	0.547	0.974
31	0.113	0.438	0.788	0.089	0.125	0.834	0.104	0.438	0.793
32	0.028	0.453	0.894	0.022	0.031	0.816	0.026	0.453	0.896
33	0.028	0.453	0.894	0.022	0.031	0.816	0.026	0.500	0.974
34	0.113	0.250	0.469	0.044	0.063	0.822	0.052	0.281	0.585
35	0.056	0.281	0.575	0.044	0.063	0.822	0.208	0.594	0.948
36	0.028	0.391	0.788	0.089	0.125	0.834	0.208	0.609	0.974
37	0.028	0.453	0.894	0.178	0.250	0.858	0.026	0.219	0.507
38	0.225	0.500	0.788	0.044	0.063	0.822	0.311	0.625	0.896
39	0.028	0.453	0.894	0.022	0.031	0.816	0.026	0.391	0.793
40	0.056	0.391	0.761	0.178	0.250	0.858	0.104	0.438	0.793
41	0.028	0.391	0.788	0.022	0.031	0.816	0.026	0.281	0.611
42	0.028	0.484	0.947	0.044	0.063	0.822	0.104	0.313	0.585
43	0.056	0.500	0.947	0.044	0.063	0.822	0.208	0.609	0.974
44	0.056	0.500	0.947	0.044	0.063	0.822	0.026	0.266	0.585
45	0.028	0.500	0.973	0.022	0.031	0.816	0.208	0.563	0.896
46	0.366	0.641	0.894	0.089	0.125	0.834	0.026	0.500	0.974

DAFTAR PUSTAKA

Arifah, E. 2010. *Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Jumlah Produksi*. Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

As'ad, M. 2004. *Perbandingan Kinerja Diagram Kontrol Multivariat Minimax, Multivariat Shewhart, dan Multivariat Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)*. Surabaya: Thesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bersimis, S., Psarakis, S., & Parentos, J. 2007. *Multivariate Statistical Process Control Chart*. *Journal of Quality and Reliability Engineering International*, 23, 517-543.

Bhattacharya, G.K., & Johnson, R.A. 1977. *Statistical Concepts and Methods*. Canada: John Wiley and Sons.

Gulbay, M., & Kahraman, C. 2006. *Design of Fuzzy Process Control Charts for Linguistic and Imprecise Data*. *Study in Fuzziness and Soft Computing*, 201, 59–88.

Hidayat, E., Gernowo, Rahmat., & Sugiharto, Aris. 2013. *Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Taruna Baru Menggunakan Basis Data Fuzzy-Studi Kasus di AKPELNI Semarang*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Johnson, A. R., & Winchern, D. W. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis 5th*. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.

Kesumawati, A. 2012. *Identifikasi Sinyal Out of Control Pada Diagram Kontrol Fuzzy Multivariat Pada Produksi Botol RC Cola 800 ml PT. IGLAS (PERSERO) Gresik*. Surabaya: Thesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

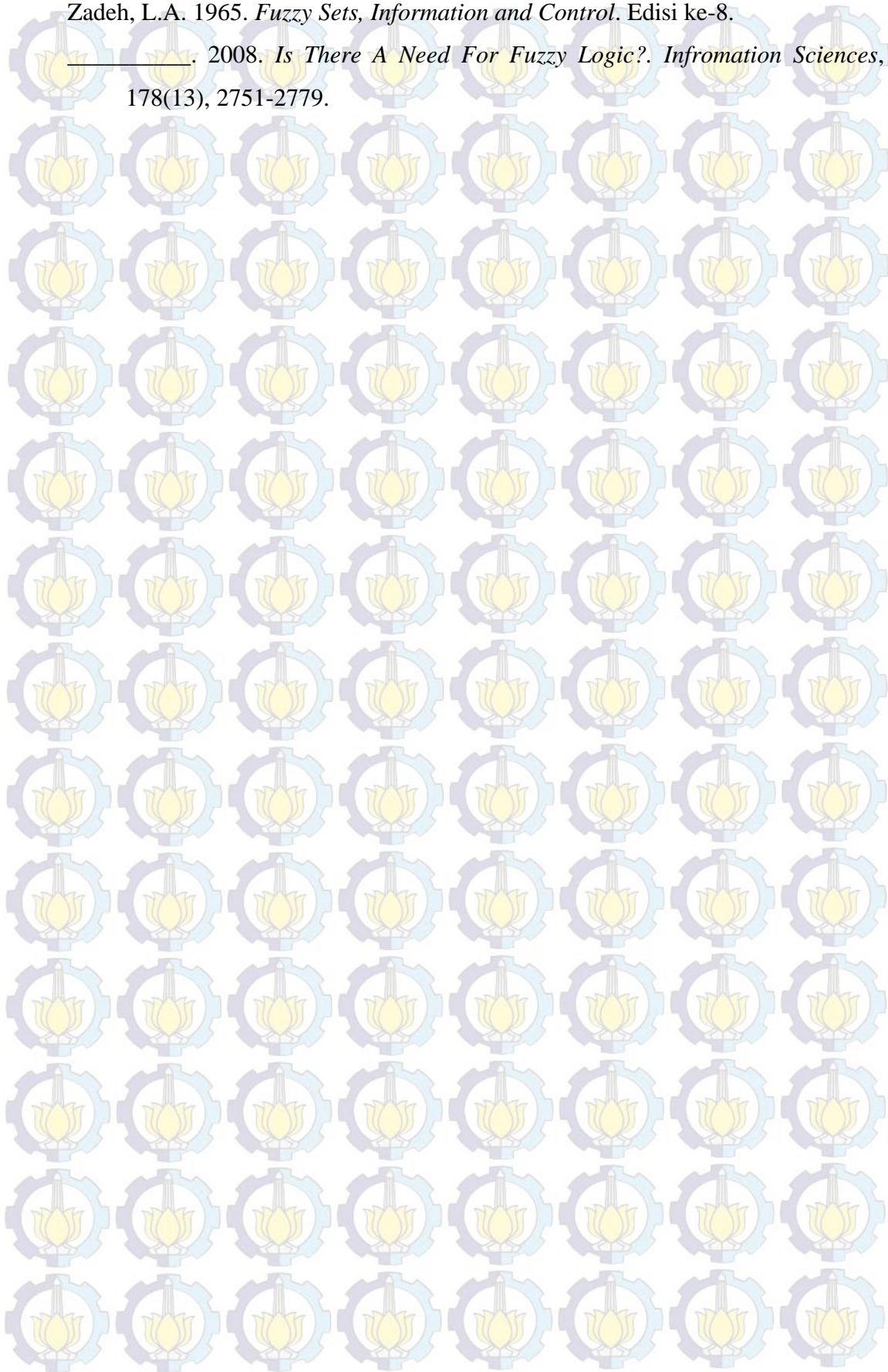
Karson, M. J. 1982. *Multivariate Statistical Methods First Edition*. Ames-Iowa : The Iowa State University Press.

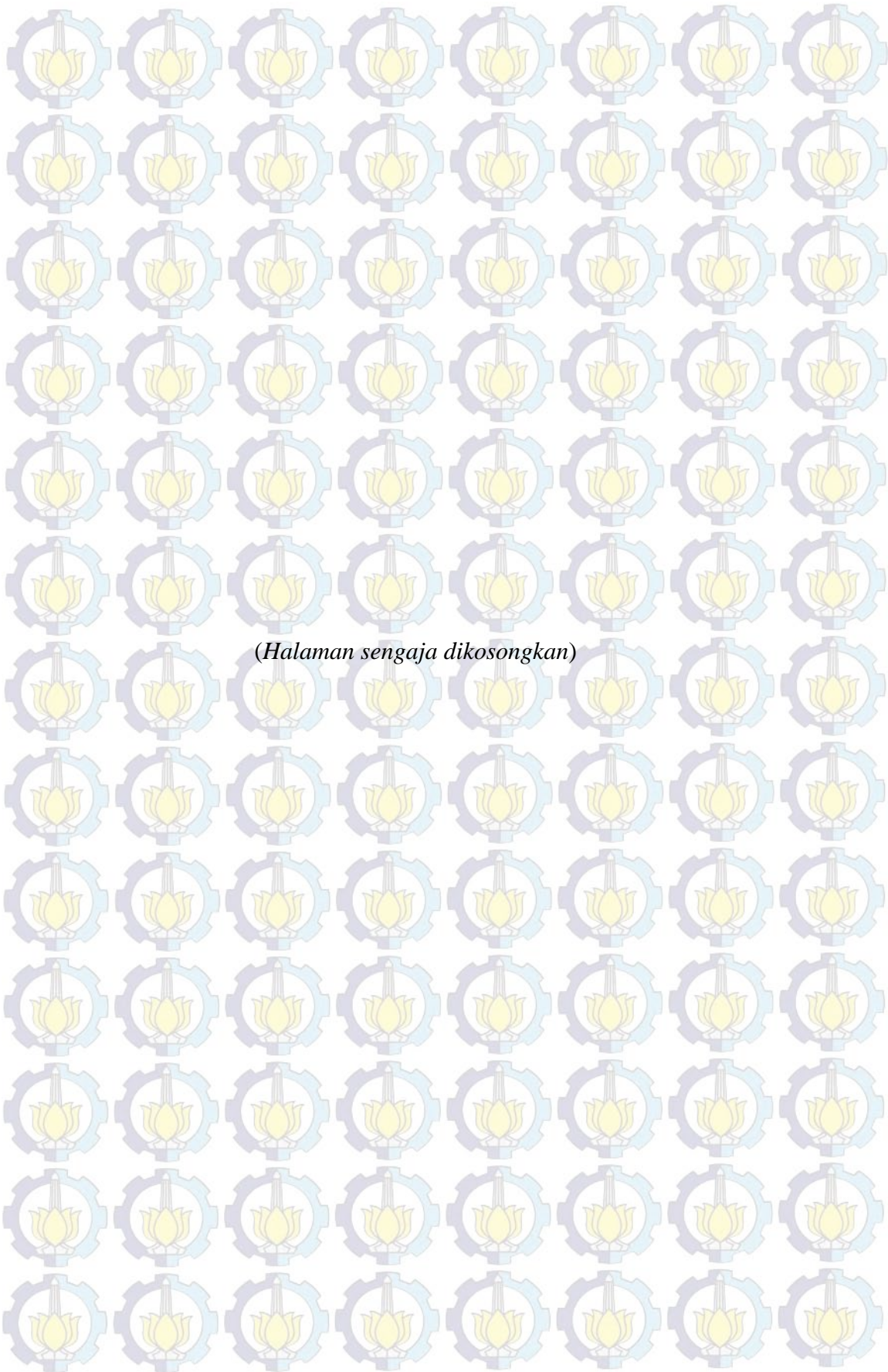
Kusumadewi, S. 2003. *Aritificial Interlligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Kusumadewi, S. & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lowry, C.A., & Montgomery, D.C. 1995. *A Review of Multivariate Control Charts*. IEE Transactions, 27, 800-810.
- Marcucci, M. 1985. *Monitoring Multinomial Processes*. Journal of Quality Technology, 17, 86-91.
- Montgomery, D.C. 1995. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- _____. 2012. *Introduction to Statistical Quality Control 7th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Morrison, D. F. 2005. *Multivariate Statistical Methods 2nd Edition*. New York: The Wharton School. University of Pennsylvania. McGraw Hill.
- Rakhmawati, D. Y. 2011. *Perbandingan Kinerja Diagram Kontrol Multivariat Untuk Variabilitas Berdasarkan Matriks Kovariansi dan Matriks Korelasi*. Prosiding Seminar Nasional Statistika. Universitas Diponegoro.
- Raz, T. & Wang, J. 1990. *Probabilistic and Membership Approaches in the Construction of Control Charts for Linguistic Data*. *Production Planning and Control*.
- Shabbak, A., Midi, H. 2012. *An Improvement of the Hotelling T^2 Statistic in Monitoring Multivariate Quality Characteristics*. Math Problem in Engineering. 2012, 102-116.
- Setiadji. 2009. *Himpunan dan Logika Samar Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Taleb, H. & Limam, M. 2002. *On Fuzzy and Probabilistic Control Charts*. International Journal of Production Research, 40, 2849-2863.
- Taleb, H., Limam, M., & Hirota, K. 2006. *Multivariate Fuzzy Multinomial Control Charts*. Journal of Quality Technology and Quantitative Management, 3(4), 437-453
- Taleb, H. 2009. *Control Charts Applications for Multivariate Attribute Process*. Computers and Industrial Engineering, 56, 399-410
- Walpole, R. E. 1995. *Pengantar Statistika 3rd Edition*. (B. Sumantri, Penerj.) Jakarta: PT Gramedia Pustaka utama.

Zadeh, L.A. 1965. *Fuzzy Sets, Information and Control*. Edisi ke-8.

_____. 2008. *Is There A Need For Fuzzy Logic?. Infromation Sciences*,
178(13), 2751-2779.





(Halaman sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Alkindi yang biasa dipanggil Al atau Kindi. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 18 Mei 1990. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal yaitu TK ABA, SDN Kepuh Kiriman II, SMP Muhammadiyah 5 Surabaya, dan SMA Muhammadiyah 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2008, penulis sempat menjadi mahasiswa DIII Teknik Mesin ITS. Kemudian pada tahun 2009, penulis mengikuti tes dan diterima menjadi mahasiswa DIII Statistika ITS dan terdaftar dengan NRP 1309030037. Selama kuliah, penulis pernah menjadi salah satu anggota BEM FMIPA ITS 2010/2011. Setelah lulus dan memiliki gelar sebagai Ahli Madya (A.Md.), penulis melanjutkan studi Sarjana Statistika 2012 dengan NRP 1312105025. Setelah mendapatkan gelar sarjana, penulis melanjutkan studi Magister Statistika dengan NRP 1314201047 di tempat yang sama. Segala kritik dan saran yang membangun, dapat dikirim melalui email: alkindi.statistika@gmail.com