

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK PROSES PRODUKSI  
BOTOL JENEWER MK MENGGUNAKAN GRAFIK PENGENDALI  
*FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION* DAN *DIRECT FUZZY  
APPROACH***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DINA MARIA MUNIKA**  
NIM. 10610098



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2014**

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK PROSES PRODUKSI  
BOTOL JENEWER MK MENGGUNAKAN GRAFIK PENGENDALI  
FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION DAN DIRECT FUZZY  
APPROACH**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:  
**DINA MARIA MUNIKA**  
**NIM. 10610098**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2014**

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK PROSES PRODUKSI  
BOTOL JENEWER MK MENGGUNAKAN GRAFIK PENGENDALI  
FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION DAN DIRECT FUZZY  
APPROACH**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DINA MARIA MUNIKA**  
**NIM. 10610098**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 5 September 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Fachrur Rozi, M.Si  
NIP. 19800527 200801 1 012

Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd  
NIP. 19630502 198703 1 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika,

Dr. Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001

**PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK PROSES PRODUKSI  
BOTOL JENEWER MK MENGGUNAKAN GRAFIK PENGENDALI  
FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION DAN DIRECT FUZZY  
APPROACH**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
DINA MARIA MUNIKA  
NIM. 10610098**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 11 September 2014

Penguji Utama	: <u>Ir. Nanang Widodo, M.Si</u> NIP. 19630210 198912 1 002	_____
Ketua Penguji	: <u>Abdul Aziz, M.Si</u> NIP. 19760318 200604 1 002	_____
Sekretaris Penguji	: <u>Fachrur Rozi, M.Si</u> NIP. 19800527 200801 1 012	_____
Anggota Penguji	: <u>Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd</u> NIP. 19630502 198703 1 005	_____

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dina Maria Munika

NIM : 10610098

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Pengendalian Kualitas Statistik Proses Produksi Botol Jenewer

MK Menggunakan Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange*

*Transformation dan Direct Fuzzy Approach*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 September 2014  
Yang membuat pernyataan,

Dina Maria Munika  
NIM.10610098

## MOTO

*Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka berdo`a): "Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami tersalah. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang yang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri maafilah kami; ampunilah kami; dan rahmatilah kami. Engkaulah Penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir".*

QS. Al-Baqarah: 286

## **PERSEMBAHAN**

**Bismillahirrohmanirrohim**

**Penulis mempersembahkan skripsi ini untuk  
Allah Swt yang selalu memberikan nikmat-NYA**

**Nabi Muhammad Saw**

**Ibu tersayang, Masruroh**

**Bapak tercinta, Chofi**

**Adik penulis satu-satunya, Muhammad Syahrul Faizin**

**Semua keluarga besar penulis**

**Teman-teman seperjuangan, Nova Khoirun Nisa' dan Mayassaroh**

**Teman kos penulis, Karimatin Nisa' yang selalu memberi semangat**

**Teman Matematika C yang tidak dapat disebutkan satu persatu**

**Sekeluarga Yoyon yang memperlakukan penulis seperti keluarga**

**Pihak PT. IGLAS (Persero) yang sangat baik pada para mahasiswa**

**Dan semua dosen yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini**

**Alhamdulillahirobbilalamin**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengendalian Kualitas Statistik Proses Produksi Botol Jenever MK Menggunakan Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan *Direct Fuzzy Approach*”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad Saw, keluarga, dan sahabat-sahabatnya yang telah menunjukkan jalan yang terang benderang yakni Islam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dari banyak pihak. Maka penulis memberikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak sebagai berikut:

1. Prof. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd selaku ketua Jurusan Matematika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Fachrur Rozi, M.Si selaku dosen pembimbing sains.
5. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd selaku dosen pembimbing agama.
6. Segenap dosen yang selalu memberikan ilmunya.
7. Bapak, Ibu, Adik dan semua keluarga atas do'a dan dukungannya.
8. Teman-teman mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2010 khususnya teman seperjuangan Nova Khoirun Nisa' dan Mayassaroh.

9. Pihak PT. IGLAS (Persero) yang memberikan data dalam skripsi ini.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga Allah Swt selalu memberikan hidayah-Nya. *Amiin.*

Malang, September 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	
<b>HALAMAN PENGANTAR</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b>	
<b>HALAMAN MOTO</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
ملخص البحث.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Logika Fuzzy.....	7
2.2 Bilangan Fuzzy.....	11
2.3 Grafik Pengendali.....	13
2.4 Grafik Pengendali untuk Data Atribut.....	14
2.5 Pembobotan dan Pembentukan <i>Fuzzy Number</i> .....	15
2.6 Grafik Pengendali <i>Fuzzy</i> Berdasarkan $\alpha$ -cut.....	16
2.7 <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> .....	18
2.8 <i>Direct Fuzzy Approach (DFA)</i> .....	19
2.9 Profil Perusahaan.....	21
2.10 Logika <i>Fuzzy</i> dalam Kajian Agama.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data.....	25
3.2 Variabel Penelitian.....	26
3.3 Metode Analisis Data.....	28
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	28
3.3.2 Analisis Data.....	28
3.4 <i>Flowchart</i> Analisis Data.....	30
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 Perhitungan Batas Kendali <i>Fuzzy</i> dan Batas Kendali <i>Fuzzy</i> $\alpha$ -cut.....	32

4.2	Grafik Pengendali <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> .....	36
4.3	Grafik Pengendali <i>Direct Fuzzy Approach</i> (DFA) .....	38
4.4	Perbandingan Grafik Pengendali <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> Dengan <i>Direct Fuzzy Approach</i> (DFA) .....	40
4.5	Konsep Kecacatan dalam Kajian Agama.....	42
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		47
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Himpunan <i>Fuzzy</i> untuk Variabel Umur.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Representasi Kurva Segitiga.....	12
<b>Gambar 2.4</b> Representasi Kurva Trapesium.....	12
<b>Gambar 2.5</b> <i>Fuzzy</i> Trapesium dan <i>Fuzzy</i> Segitiga.....	16
<b>Gambar 2.6</b> Representasi dari UCL, CL dan LCL .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Ilustrasi Kemungkinan Area yang Berada di Luar Batas Kendali <i>Fuzzy</i> .....	20
<b>Gambar 3.1</b> Botol Jenewer MK.....	25
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Pengendali <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> .....	38
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Pengendali DFA Subgrup 15 .....	40



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Karakteristik Kualitas pada Setiap Kelas Cacat.....	27
<b>Tabel 4.1</b> <i>Fuzzy Number</i> .....	33
<b>Tabel 4.2</b> Nilai $a^\alpha$ dan $d^\alpha$ .....	35
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Sampel Area dan Hasil Keputusan Grafik Pengendali <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> .....	37
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Sampel Area, <i>Area Out</i> , $\beta_j$ dan Hasil Keputusan Grafik Pengendali DFA.....	39
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Keputusan <i>Fuzzy Midrange Transformation</i> dengan DFA.....	40



## ABSTRAK

Munika, Dina Maria. 2014. **Pengendalian Kualitas Statistik Proses Produksi Botol Jenewer MK Menggunakan Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan *Direct Fuzzy Approach***. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.  
Pembimbing: (I) Fachrur Rozi, M.Si  
(II) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

**Kata kunci:** Grafik pengendali *fuzzy*,  $\alpha$ -cut, Grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*, *Direct Fuzzy Approach*

Di masa sekarang, kualitas menjadi salah satu faktor penting dalam memenuhi kepuasan konsumen. Dalam hal ini Pengendalian Kualitas Statistik menjadi salah satu alternatif ilmu dalam pengendalian kualitas suatu proses produksi. Untuk melihat terkendalinya suatu proses produksi maka digunakan suatu grafik pengendali. Salah satu grafik pengendali yang telah dikembangkan adalah grafik pengendali *fuzzy*. Logika *fuzzy* dianggap lebih flexibel karena dapat digunakan untuk data dengan karakteristik kualitas yang banyak atau data yang menghasilkan subjektifitas peneliti.

Dalam penelitian ini digunakan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan *Direct Fuzzy Approach* (DFA) dalam mengendalikan proses produksi botol Jenewer MK. Kedua metode tersebut menggunakan  $\alpha$ -cut dalam menentukan batas kendali dan nilai sampel.  $\alpha$ -cut diartikan sebagai tingkat keketatan inspeksi yang ditentukan oleh peneliti, semakin besar nilai  $\alpha$ -cut maka semakin ketat proses inspeksinya. Pada grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* nilai sampel diperoleh dengan mentransformasikan bilangan *fuzzy* ke dalam bilangan *crisp* sedangkan pada grafik pengendali DFA data linguistik tidak ditransformasikan ke dalam nilai-nilai menggunakan *fuzzy* transformasi untuk menghindari hilangnya informasi yang terkandung dalam sampel *fuzzy*. Jadi pada grafik pengendali DFA baik sampel maupun batas kendali direpresentasikan dalam bilangan *fuzzy*.

Berdasarkan kedua grafik pengendali tersebut dapat disimpulkan bahwa proses produksi belum terkendali secara statistik karena terdapat beberapa sampel data yang keluar batas kendali. Grafik pengendali DFA dengan nilai  $\beta$  kurang dari 1 dapat memberikan alternatif keputusan yang bersifat linguistik yakni bukan hanya *in control* dan *out of control* saja melainkan juga dapat menghasilkan keputusan *rather in control* atau *rather out of control*.

## ABSTRACT

Munika, Dina Maria. 2014. **Statistical Quality Control Production Process of the Jenewer MK Bottle Using Fuzzy Midrange Transformation and Direct Fuzzy Approach Control Chart**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Counsellor: (I) Fachrur Rozi, M.Si

(II) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

**Keywords:** Fuzzy control charts,  $\alpha$ -cut, Fuzzy Midrange Transformation control chart, Direct Fuzzy Approach

At the present time, quality becomes an important factor in customer satisfaction. In this case Statistical Quality Control become one of the alternative knowledge in the quality control of a production process. To show a controlled production process, a control chart is used. One of the control chart that has been developed is fuzzy control chart. Fuzzy logic is considered to be more flexible because it can be used for data with a lot of quality characteristics or data to produce a researcher subjectivity.

This study used a Fuzzy Midrange Transformation and Direct Fuzzy Approach (DFA) control chart in controlling the production process of the Jenewer MK bottle. Both methods use the  $\alpha$ -cut in determining control limits and the sample values.  $\alpha$ -cut is defined as the level tightness of inspection specified by the researcher, the greater the value of  $\alpha$ -cut, the more strict the inspection process. In the Fuzzy Midrange Transformation control chart, sample values obtained by transforming the fuzzy numbers into crisp numbers where as in DFA control chart, linguistic data is not transformed into representative values using fuzzy transformation in order not to lose information in the fuzzy samples. So, both samples and control limits are transformed in fuzzy numbers.

From both the control charts we can conclude that the production process has not been statistically controlled because there are some data samples that out of control limits. DFA control chart with  $\beta$  values less than 1 can provide an alternative decisions which is linguistic that not only in control and out of control but also can result the decisions rather in control or rather out of control.

## ملخص البحث

مونيك، دينا ماريا . ٢٠١٤ . تنظيم جودة الإحصاء لعملية إنتاج زجاجة جنيوار.م.ك باستخدام الخطوط التنظيمي

***Fuzzy Midrange Transformation* و الخطوط التنظيمي *Direct Fuzzy Approach***

بحث جامعي . قسم الرياضية . كلية العلوم والتكنولوجيا . الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج .

المشرف: (١) فخر الرازي الماجستير

(٢) الدكتور الحاج إمام سوجاروو الماجستير

الكلمات الأساسية: الخطوط التنظيمي فوْزي، قطع  $\alpha$  ، الخطوط التنظيمي *Fuzzy Midrange Transformation* , *Direct Fuzzy Approach*

في الوقت الحاضر، أصبحت الجودة عامل مهم في استيفاء متطلبات المستهلكين. في هذه الحالة صار تنظيم جودة الإحصاء أحد من العلوم البديلة في مراقبة الجودة للمنتج. لرؤية عملية الإنتاج التي تسيطر عليها، فسوف تستخدم الخطوط التنظيمي. وأما من الرسوم البيانية المسيطرة المستخدمة فهي الرسم البياني فوْزي الذي تم تطويره. يعتبر المنطق الضبابي أن تكون أكثر مرونة لأنه يمكن استخدامها للبيانات مع الكثير من الخصائص أو بيانات الجودة لإنتاج ذاتية الباحث. في هذه الدراسة استخدمت الخطوط التنظيمي *Fuzzy Midrange Transformation* و *Direct Fuzzy Approach* (DFA) في ضبط عملية إنتاج زجاجة جنيوار.م.ك. وتستخدم كلتا الطريقتين في تحديد الحد ضبط قطع  $\alpha$  وقيمة العينة. ويعرف قطع  $\alpha$  ومستوى التشدد في التفتيش الذي حدده الباحث، فثأثر زيادة قيمة  $\alpha$  المعالم على أشد صرامة عملية التفتيش. في الخطوط التنظيمي *Fuzzy Midrange Transformation* حصلت قيمة العينة بتحويل فوْزي الأرقام إلى أرقام *crisp* حين في الخطوط التنظيمي DFA لا يتم تحويل البيانات اللغوية إلى قيم باستخدام فوْزي التحول لتجنب فقدان المعلومات الواردة في عينات فوْزي بذلك في الخطوط التنظيمي كلا من العينة او الحد ضبط تتمثل في عدد فوْزي. ويمكن استنتاجه من هذين الرسمين البيانيين أن عملية الإنتاج لم تسيطر إحصائيا لأن هناك بعض عينة البيانات خارج من الحد ضبط. قد تنتج DFA نتيجة  $\beta$  أنقص من 1 تحصل على القرارات اللغوية التي لها القرار *in control* و القرار *out of control* و بل أدت أيضا إلى قرار *rather in control* و *rather out of control*.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang kualitas menjadi salah satu faktor yang penting dalam memenuhi kepuasan konsumen. Kualitas dari produk adalah kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan dan harapan dari pelanggan. Kualitas merupakan suatu strategi dasar bisnis yang menghasilkan barang dan jasa yang memenuhi kebutuhan dan kepuasan konsumen (Ariani, 2004:5).

Dalam al-Quran dijelaskan konsep kualitas sebagaimana firman Allah Swt surat ar-Ra'du ayat 11 yang berbunyi:

لَهُ مِعْقَبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ  
حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ ۗ وَمَا لَهُمْ مِنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ



Artinya: *“Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia.”*

Dalam ayat tersebut jelas sekali bahwa Allah memerintahkan umatnya agar selalu berusaha memperbaiki hidupnya dengan berusaha dan berproduktifitas dalam jalan kebenaran serta berbuat baik pada sesama (*ishlah*).

Selain itu Allah berfirman dalam surat al-Mujadalah ayat 11 yang berbunyi:

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَأَفْسَحُوا يَفْسَحَ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ  
 أَدْنُوا فَأَدْنُوا يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ

خَيْرٌ

Artinya: *Hai orang-orang yang beriman, apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majelis", maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*

Dari surat dan ayat tersebut, implikasi yang berkaitan dengan kualitas adalah bahwa manusia akan lebih berkualitas hidupnya ketika dia beriman dan berilmu. nabi Muhammad Saw pernah bersabda,

من اراد الدنيا فعليه بالعلم ومن اراد الآخرة فعليه بالعلم ومن اراد هما فعليه بالعلم

Artinya: *"Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akherat, maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu". (HR. Turmudzi)*

Dari pernyataan nabi tersebut jelas tersirat bahwa manusia yang berkualitas adalah manusia yang berilmu dan mengamalkan ilmu yang dimilikinya untuk khalayak ramai di jalan kebenaran.

Untuk melihat apakah proses produksi berada dalam kendali statistik maka digunakan grafik pengendali statistik. Grafik pengendali digunakan sebagai alat pengendalian manajemen guna mencapai tujuan tertentu berkenaan dengan kualitas proses produksi. Studi kemampuan proses produksi seperti itu dapat dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen produksi seperti keputusan membuat atau membeli, peningkatan pabrik dan perjanjian kontrak dengan langganan atau penjual mengenai kualitas produk (Montgomery, 1990:125). Oleh karena itu dalam suatu proses produksi perlu adanya

pengendalian proses produksi secara statistik menggunakan grafik pengendali statistik guna melihat apakah proses produksi terkendali secara statistik atau tidak.

Grafik pengendali dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe umum. Apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan, ini biasanya dinamakan grafik pengendali variabel. Sedangkan karakteristik kualitas yang tidak dapat diukur dengan skala kuantitatif, grafik pengendali untuk karakteristik kualitas ini dinamakan grafik pengendali sifat (*attribut*) (Montgomery, 1990:125-126). Sebuah produk umumnya dikelompokkan dalam cacat dan tidak cacat pada grafik pengendali atribut. Pada variabel linguistik, produk dapat dikelompokkan menjadi data linguistik daripada data numerik seperti ‘sempurna’, ‘baik’, ‘jelek’, dan ‘jelek sekali’. Oleh karena itu, pendekatan *fuzzy* cocok untuk grafik pengendali atribut (*p*, *np*, *c*, dan *u chart*) ketika data berupa data linguistik, data dengan informasi yang tak pasti atau berdasarkan subjektif pribadi seseorang.

Pada tahun 2007, Gulbay dan Karahman mengembangkan grafik pengendali *fuzzy* dengan pendekatan *Direct Fuzzy Approach* (DFA). Dengan DFA data linguistik tidak diubah menjadi nilai-nilai yang ditransformasikan dengan metode *fuzzy transformation* untuk menghindari hilangnya informasi yang terkandung dalam sampel *fuzzy*. Pada metode DFA baik sampel maupun batas kendali direpresentasikan ke dalam *fuzzy number* (Gulbay dan Kahraman, 2007:1471). Dalam jurnalnya, Gulbay dan Karahman juga mengembangkan grafik pengendali *fuzzy* transformasi yakni *fuzzy mode*, *fuzzy midrange* dan *fuzzy median*. Pada tahun 2012, Ikalia Sugihartanti mengaplikasikan grafik pengendali DFA yang dibandingkan dengan grafik pengendali *fuzzy-p* dan demerit dalam pengendalian kualitas produksi botol sting 240 ml. Berbeda dengan tugas akhir

yang ditulis Ikalia, dalam penelitian ini grafik pengendali DFA dibandingkan dengan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* karena keduanya memiliki konsep yang berbeda dalam menentukan nilai sampel tetapi sama dalam penentuan batas kendalinya. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk membahas pengendalian kualitas statistik dengan menggunakan grafik pengendali DFA dengan membandingkannya dengan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* pada proses produksi botol Jenewer MK di PT. IGLAS (Persero) Gresik.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil penerapan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) pada pengendalian kualitas proses produksi botol Jenewer MK?
2. Bagaimana perbandingan hasil grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dengan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) pada pengendalian kualitas proses produksi botol Jenewer MK?
3. Bagaimana integrasi pengendalian kualitas proses produksi dengan kajian agama?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil penerapan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) pada pengendalian kualitas proses produksi botol Jenewer MK.

2. Membandingkan hasil grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dengan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) pada pengendalian kualitas proses produksi botol Jenewer MK.
3. Mengetahui integrasi pengendalian kualitas proses produksi dengan kajian agama.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil penerapan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) pada proses produksi botol Jenewer MK yang diproduksi pada tanggal 7 Januari sampai 17 Februari 2014. Adapun penelitian ini dibatasi hanya meneliti dalam satu periode produksi saja.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat pada pihak berikut:

##### **1. Bagi Penulis**

Manfaat bagi penulis adalah dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama proses perkuliahan terutama dalam pengendalian kualitas statistik.

##### **2. Bagi Pembaca**

- a. Menambah pengetahuan dalam bidang pengendalian kualitas statistik.
- b. Sebagai tambahan literatur bagi pembaca yang ingin mempelajari pengendalian kualitas statistik.

##### **3. Bagi Perusahaan**

Dapat dijadikan sebagai masukan bagi perusahaan dalam mengambil kebijakan produksi sesuai dengan hasil penelitian ini.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

### Bab II Kajian Pustaka

Dalam bab ini membahas tentang landasan teori yang menjadi dasar dalam penulisan penelitian ini diantaranya yaitu tentang logika *fuzzy*, grafik pengendali *fuzzy* berdasarkan  *$\alpha$ -cut*, *Fuzzy Midrange Transformation* dan *Direct Fuzzy Approach* (DFA).

### Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai sumber data, variabel penelitian, metode analisis data dan *flowchart* analisis data.

### Bab IV Pembahasan

Pada bab ini akan dibahas mengenai pembuatan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan grafik pengendali *Direct Fuzzy Approach* (DFA) berdasarkan data yang diperoleh serta membandingkan kedua grafik pengendali sesuai dengan hasil keputusan yang dihasilkan kedua grafik.

### Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan yang telah diuraikan dan berisi mengenai saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Logika Fuzzy

Dalam kamus oxford, istilah *fuzzy* didefinisikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *indistinct* (tidak jelas), *imprecisely defined* (didefinisikan secara tidak presisi), *confused* (membingungkan), *vague* (tidak jelas). Secara umum logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata yang digunakan dalam logika *fuzzy* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia. Manusia bisa langsung merasakan nilai dari variabel kata-kata yang sudah dipakainya sehari-hari (Naba, 2009:1).

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan *fuzzy*. Lotfi Asker Zadeh adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Berkeley. Meskipun logika *fuzzy* dikembangkan di Amerika, namun ia lebih populer dan banyak diaplikasikan secara luas oleh praktisi Jepang dengan mengadaptasinya ke bidang kendali (*control*). Maka tidak heran kalau saat ini banyak dijual produk elektronik buatan Jepang yang menerapkan prinsip logika *fuzzy*, seperti mesin cuci, AC, dan lain-lain (Munir, 2012:80).

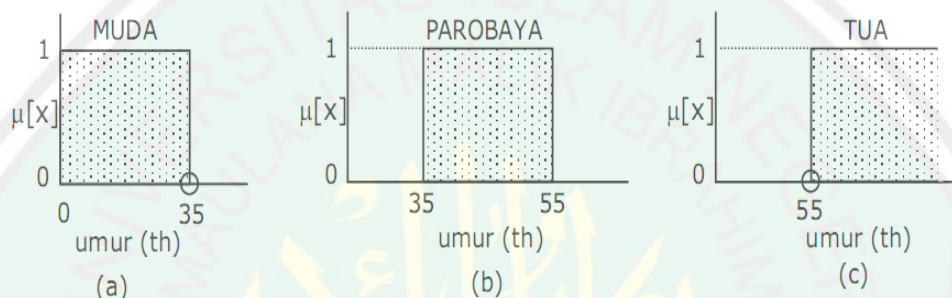
Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan, yaitu:

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu *item* menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau

- Nol (0), yang berarti bahwa suatu *item* tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan (Kusumadewi dan Purnomo, 2004:3).

Misalkan variabel umur dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- MUDA                    umur < 35 tahun
- PAROBAYA            umur ≤ 55 tahun
- TUA                     umur > 55 tahun

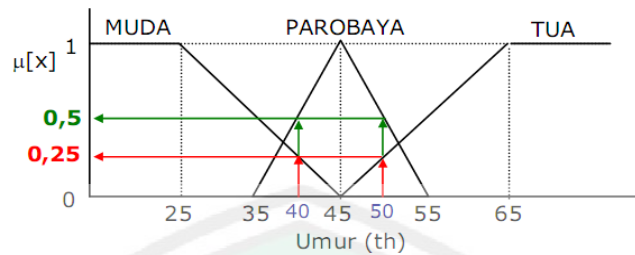


Gambar 2.1 Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA  
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004:3)

- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ( $\mu_{MUDA}[34] = 1$ );
- Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ( $\mu_{MUDA}[35 \text{ th} - 1 \text{ hr}] = 0$ );

Dari sini bisa dikatakan bahwa pemakaian himpunan *crisp* untuk menyatakan umur sangat tidak adil, adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dsb.

Gambar berikut menunjukkan himpunan *fuzzy* untuk variabel umur.



Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* untuk Variabel Umur  
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004:3)

Seseorang yang berumur 40 tahun termasuk dalam himpunan MUDA dengan  $\mu_{MUDA}[40] = 0,25$ ; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan  $\mu_{PAROBAYA}[40] = 0,5$  (Kusumadewi dan Purnomo, 2004:6).

Kalau pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaannya hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $\mu_A[x] = 0$  berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , demikian pula apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $\mu_A[x] = 1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$  (Kusumadewi dan Purnomo, 2004:6).

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu:

- Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel yaitu: 40, 50, 25, dsb.

Contoh himpunan *fuzzy*, misalnya variabel temperatur terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya. Contoh: semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $[0, +\infty)$ .

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

$$\text{MUDA} = [0, 45]$$

$$\text{PAROBAYA} = [35, 55]$$

$$\text{TUA} = [45, +\infty) \quad (\text{Kusumadewi dan Purnomo, 2004:6 - 7}).$$

## 2.2 Bilangan Fuzzy

### Definisi:

Jika  $\tilde{A}$  adalah himpunan fuzzy dalam  $\mathbb{R}$ , dan  $A_\alpha$  adalah interval tertutup untuk setiap  $0 \leq \alpha \leq 1$ , maka  $\tilde{A}$  disebut sebagai bilangan fuzzy.

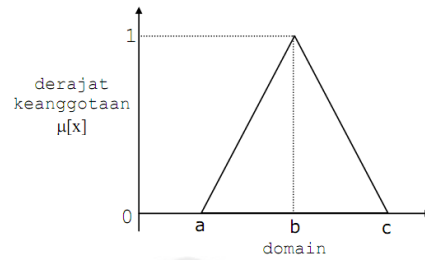
Bilangan fuzzy L-R,  $\tilde{A}$ , yang dinotasikan dengan  $(\mu, \alpha, \beta)$  adalah suatu himpunan fuzzy yang memiliki fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{\alpha}\right); x \leq m \\ R\left(\frac{x-m}{\beta}\right); x \geq m \end{cases} \quad (2.1)$$

Dengan  $\alpha, \beta > 0$  sebagai rentang kiri dan kanan.  $L$  bersifat monoton naik menuju ke 1, sedangkan  $R$  bersifat monoton turun dari 1. Jika bilangan fuzzy L-R bersifat linear baik  $L$  maupun  $R$ , maka bilangan fuzzy tersebut dikenal dengan nama bilangan fuzzy segitiga, yang dinotasikan dengan  $\tilde{A} = (\mu, \alpha, \beta)$  dengan  $\alpha$  adalah lebar sisi kiri dan  $\beta$  adalah lebar sisi kanan untuk  $x$ . Jika bilangan fuzzy L-R memiliki  $m_{\tilde{A}1} \leq m_{\tilde{A}2} \leq m_{\tilde{A}3}$ , maka bilangan fuzzy tersebut dikenal dengan nama bilangan fuzzy trapesium yang dinotasikan dengan  $\tilde{A} = (m_{\tilde{A}1}, m_{\tilde{A}2}, \alpha, \beta)$  dengan  $\alpha$  adalah lebar sisi kiri dan  $\beta$  adalah lebar sisi kanan untuk  $x$  (Kusumadewi dan Hartati, 2006:41-43).

### Triangular Fuzzy Number

Bilangan fuzzy segitiga adalah bilangan fuzzy yang direpresentasikan oleh tiga titik  $A=(a,b,c)$ .



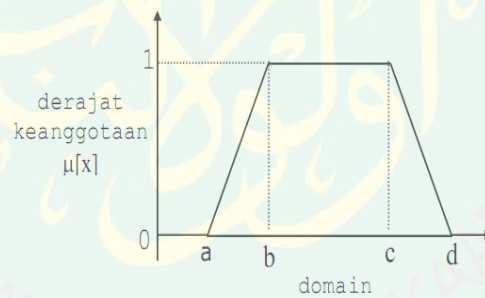
Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga  
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004:6)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.2)$$

### Trapezoidal Fuzzy Number

Bilangan *fuzzy* trapesium adalah bilangan *fuzzy* yang direpresentasikan oleh empat titik  $A=(a,b,c,d)$ .



Gambar 2.4 Representasi Kurva Trapesium  
(Sumber: Kusumadewi dan Purnomo, 2004:6)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.3)$$

### 2.3 Grafik Pengendali

Untuk melihat apakah proses produksi berada dalam kendali statistik maka digunakan grafik pengendali statistik. Grafik pengendali digunakan sebagai alat pengendalian manajemen guna mencapai tujuan tertentu berkenaan dengan kualitas proses produksi. Studi kemampuan proses produksi seperti itu dapat dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen produksi seperti keputusan membuat atau membeli, peningkatan pabrik dan perjanjian kontrak dengan langganan atau penjual mengenai kualitas produk. Grafik pengendali dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe umum. Apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan, ini biasanya dinamakan grafik pengendali variabel. Sedangkan karakteristik kualitas yang tidak dapat diukur dengan skala kuantitatif, grafik pengendali untuk karakteristik kualitas ini dinamakan grafik pengendali sifat (*attribut*) (Montgomery, 1990:125-126).

Bentuk umum dari grafik pengendali adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} UCL &= \mu_w + k\sigma_w \\ CL &= \mu_w \\ LCL &= \mu_w - k\sigma_w \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan,

$UCL$  : batas kendali atas

$CL$  : garis tengah

$LCL$  : batas kendali bawah

$w$  : statistik sampel yang digunakan sebagai ukuran suatu karakteristik kualitas

$k$  : jarak batas-batas pengendali dari garis tengah yang dinyatakan dalam unit standar deviasi

$\mu_w$  : mean dari  $w$

$\sigma_w$  : standar deviasi dari  $w$

Teori umum grafik pengendali ini pertama kali ditemukan oleh Dr. Walter A. Shewhart, sehingga grafik pengendali yang dikembangkan menurut asas-asas ini sering disebut grafik pengendali Shewhart (Montgomery, 1990:144).

#### 2.4 Grafik Pengendali untuk Data Atribut

Atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan spesifikasi atau tidak sesuai dengan spesifikasi. Atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan misalnya goresan, kesalahan, warna atau ada bagian yang hilang (Ariani, 2004:130).

Ada dua kelompok besar peta pengendali kualitas proses statistik untuk data atribut, yaitu kelompok pengendali untuk unit-unit ketidaksesuaian seperti *p-chart* yang menunjukkan proporsi ketidaksesuaian dalam sampel. Peta pengendali lain dalam kelompok ini adalah banyaknya ketidaksesuaian (*np-chart*). Kelompok kedua yang menggunakan distribusi poisson terdapat *c-chart* dan *u-chart*. *C-chart* menunjukkan bagian ketidaksesuaian dalam unit yang diinspeksi seperti mobil, pakaian, atau satu gulung kain dan lain-lain. Sedangkan *u-chart* digunakan pada situasi dimana ukuran sampel bervariasi. Kategori lain dari peta pengendali kualitas proses untuk data atribut ini berkaitan dengan kombinasi ketidaksesuaian berdasarkan bobot. Bobot ini dipengaruhi oleh banyak sedikitnya ketidaksesuaian. Jenis peta pengendali tersebut disebut demerit *control chart* (Ariani, 2004:131). Adapun dalam penelitian ini, grafik pengendali *fuzzy* yang digunakan merupakan

pengembangan dari grafik pengendali *c-chart*. Batas kendali untuk *c-chart* dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} CL &= \bar{c} \\ LCL &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\ UCL &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

dimana  $\bar{c}$  adalah mean dari banyak ketidaksesuaian (Montgomery, 1990:170).

### 2.5 Pembobotan dan Pembentukan *Fuzzy Number*

Pada setiap kelas cacat dilakukan pembobotan ( $w$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$w_k = \frac{D_k}{\sum_{k=1}^3 D_k} \times 100\% \quad \text{dengan} \quad D_k = \frac{1}{\sum_{k=1}^3 AQL_k} \quad (2.6)$$

dimana:  $k=1$  adalah kelas minor,

$k=2$  adalah kelas mayor dan

$k=3$  adalah kelas kritis.

Untuk membentuk *triangular fuzzy number* ( $a, b, c, d$ ) dimana  $b=c$ , maka dihitung sesuai rumus berikut:

$$\begin{aligned} a &= c_1 \times w_1 \\ b &= c_2 \times w_2 \\ c &= c_2 \times w_2 \\ d &= c_3 \times w_3 \end{aligned} \quad (2.7)$$

dimana:  $c_1$  = cacat minor,

$c_2$  = cacat mayor,

$c_3$  = cacat kritis,

$w_1$  = pembobot kelas minor,

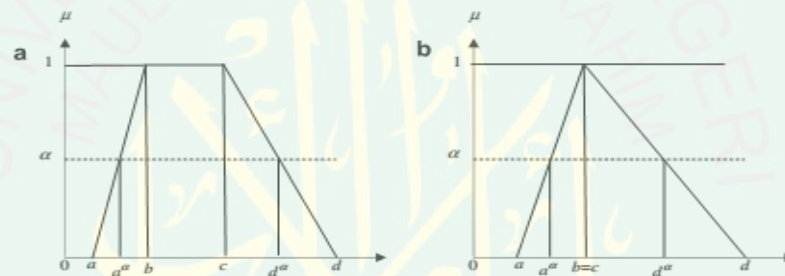
$w_2$  = pembobot kelas mayor dan

$w_3 =$  pembobot kelas kritis

(Sugihartanti, 2012:23).

## 2.6 Grafik Pengendali *Fuzzy* Berdasarkan $\alpha$ -cut

Pada kasus *fuzzy*, setiap sampel atau subgrub direpresentasikan ke dalam bilangan *fuzzy* trapesium (a,b,c,d) atau bilangan *fuzzy* segitiga (a,b,c) atau (a,c,d) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.5. Bilangan *fuzzy* trapesium akan menjadi bilangan *fuzzy* segitiga ketika  $b = c$ . Bilangan *fuzzy* segitiga juga bisa direpresentasikan menjadi bilangan *fuzzy* trapesium dengan (a,b,b,d) atau (a,c,c,d) (Gulbay dan Kahraman, 2007:1466).



Gambar 2.5 (a) *Fuzzy* Trapesium dan (b) *Fuzzy* Segitiga  
(Sumber: Gulbay dan Kahraman, 2007:1466)

Pada grafik pengendali *fuzzy*, garis tengah,  $\widetilde{CL}$  adalah mean dari sampel yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\widetilde{CL} = \left( \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m d_j}{m} \right) = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) \quad (2.8)$$

dengan  $m$  adalah jumlah sampel (Gulbay dan Kahraman, 2007:1466).

Batas atas dan batas bawah dari grafik pengendali *fuzzy* dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\widetilde{LCL} = (\bar{a} - 3\sqrt{\bar{d}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{a}}) = (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \quad (2.9)$$

$$\widetilde{UCL} = (\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}) = (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4) \quad (2.10)$$

$\alpha$ -cut adalah himpunan *non-fuzzy* yang terdiri dari elemen-elemen yang memiliki derajat keanggotaan lebih besar atau sama dengan  $\alpha$ . Nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dinyatakan sebagai berikut:

$$a^\alpha = a + \alpha(b - a) \quad (2.11)$$

$$d^\alpha = d - \alpha(d - c) \quad (2.12)$$

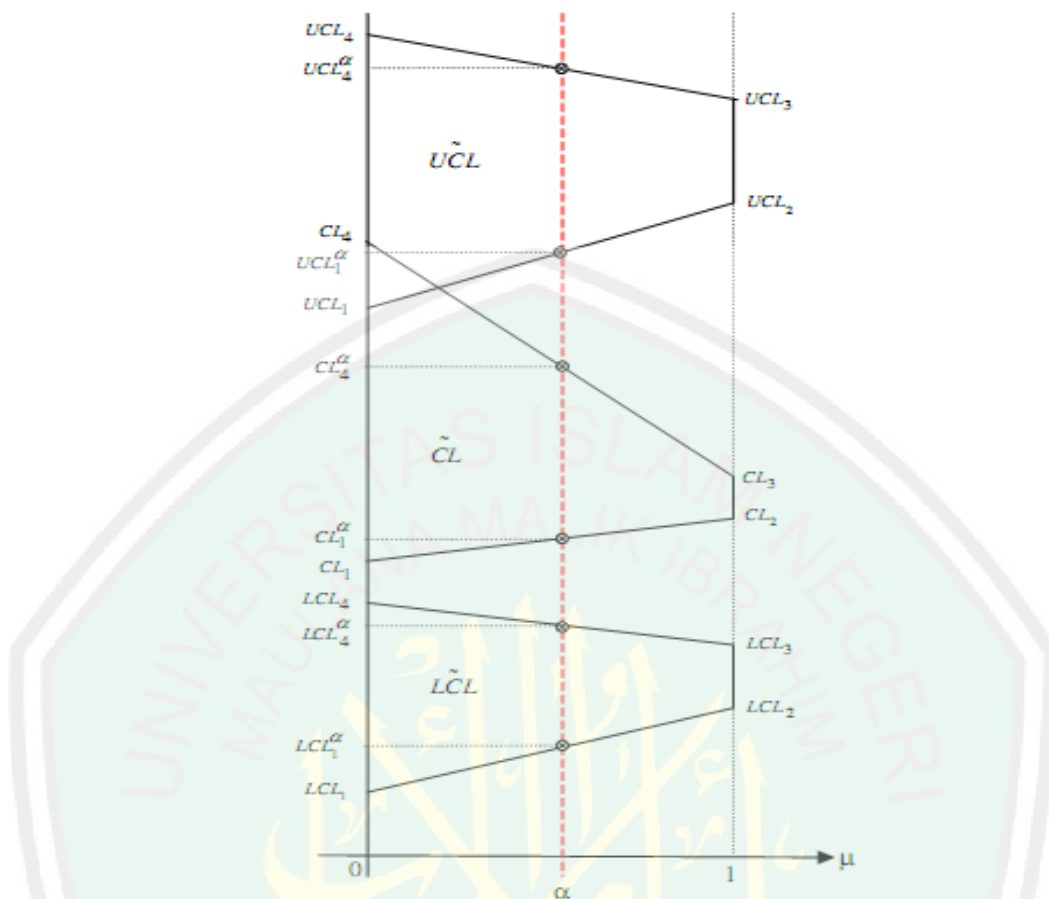
Sehingga batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\widetilde{CL}^\alpha = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha) \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}^\alpha &= (\bar{a}^\alpha - 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{d}^\alpha - 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}) \\ &= (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}^\alpha &= (\bar{a}^\alpha + 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha + 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) \\ &= (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Hasil persamaan tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.6. Nilai  $\alpha$ -cut dapat diartikan sebagai tingkat keketatan pemeriksaan yang didefinisikan oleh manajer mutu secara subjektif (Gulbay dan Kahraman, 2007:1467).



Gambar 2.6 Representasi dari UCL, CL, dan LCL  
(Sumber: Gulbay dan Kahraman, 2007:1467)

**2.7 Fuzzy Midrange Transformation**

Wang dan Raz (1990:481) menyatakan bahwa *Fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$  didefinisikan sebagai titik tengah pada  $\alpha$ -cut. Jika  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  titik akhir pada  $\alpha$ -cut maka,

$$f_{mr}^\alpha = \frac{1}{2}(a^\alpha + d^\alpha) \tag{2.16}$$

Sehingga sampel *fuzzy midrange* pada  $\alpha$ -cut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_{mr,j}^\alpha = \frac{1}{2}(a_j^\alpha + d_j^\alpha) = \frac{(a_j + d_j) + \alpha[(b_j - a_j) - (d_j - c_j)]}{2} \tag{2.17}$$

dapun batas kendali *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$  adalah sebagai berikut:

$$CL_{mr}^{\alpha} = f_{mr}^{\alpha}(\overline{CL}) = \frac{CL_1^{\alpha} + CL_4^{\alpha}}{2} = \frac{CL_1 + CL_4 + \alpha[(CL_2 - CL_1) - (CL_3 - CL_4)]}{2} \quad (2.18)$$

$$LCL_{mr}^{\alpha} = CL_{mr}^{\alpha} - 3\sqrt{CL_{mr}^{\alpha}} \quad (2.19)$$

$$UCL_{mr}^{\alpha} = CL_{mr}^{\alpha} + 3\sqrt{CL_{mr}^{\alpha}} \quad (2.20)$$

Kondisi proses kontrol pada masing-masing sampel dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{proses kontrol} = \begin{cases} \text{in control,} & \text{untuk } LCL_{mr}^{\alpha} \leq S_{mr,j}^{\alpha} \leq UCL_{mr}^{\alpha} \\ \text{out of control,} & \text{lainnya} \end{cases}$$

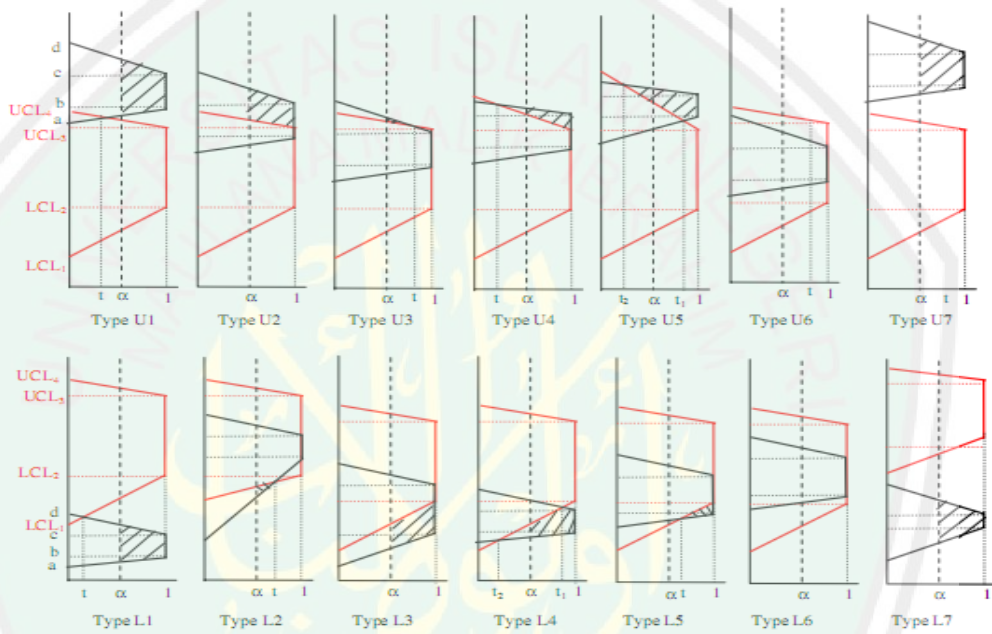
(Gulbay dan Kahraman, 2007:1470-1471).

### 2.8 Direct Fuzzy Approach (DFA)

Pada tahun 2007, Murat Gulbay dan Cengiz Karahman mengembangkan beberapa *fuzzy* transformation untuk grafik pengendali yakni *fuzzy mode*, *fuzzy midrange* dan *fuzzy median*. Selain itu Gulbay juga mengembangkan pendekatan *fuzzy* untuk grafik pengendali yakni *Direct Fuzzy Approach* (DFA). Pada pendekatan ini, data linguistik tidak ditransformasikan menjadi nilai-nilai dengan menggunakan *fuzzy* transformasi sehingga tidak menghilangkan informasi dari data tersebut.

Keputusan apakah proses berada dalam keadaan '*in control*' berdasarkan pada presentase daerah sampel yang berada di dalam UCL dan atau LCL. Jika sampel *fuzzy* seluruhnya berada dalam batas kontrol, maka proses dikatakan '*in control*'. Jika sampel *fuzzy* seluruhnya berada diluar batas kontrol, maka proses dikatakan '*out of control*'. Jika hanya sebagian sampel yang berada pada batas kontrol *fuzzy*, maka pada kasus ini jika persentase daerah yang berada didalam

batas kendali  $fuzzy(\beta_j)$  sama dengan atau lebih besar dari presentase area penerimaan yang telah ditetapkan ( $\beta$ ), maka proses dikatakan ‘rather in control’ dan sebaliknya dikatakan ‘rather out of control’. Keputusan yang mungkin dihasilkan DFA diilustrasikan pada gambar 2.7 (Gulbay dan Kahraman, 2007:1472).



Gambar 2.7 Ilustrasi Kemungkinan Area yang Berada di Luar Batas Kendali Fuzzy  
(Sumber: Gulbay dan Kahraman, 2007:1472)

Luas daerah yang berada di luar batas kontrol dapat dihitung menggunakan komputasi sesuai dengan *flowchart* dan persamaan pada lampiran E dan F. Sedangkan persentase sampel area yang berada dalam batas kontrol dapat dihitung dengan persamaan:

$$\beta_j^\alpha = \frac{S_j^\alpha - A_{out,j}^\alpha}{S_j^\alpha} \quad (2.21)$$

dengan  $S_j^\alpha$  adalah luas sampel pada level  $\alpha$ -cut (Gulbay dan Kahraman, 2007:1472).

## 2.9 Profil Perusahaan

PT. IGLAS (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pembuatan kemasan gelas. PT. IGLAS (Persero) berada dibawah Departemen Perindustrian Direktorat Jenderal Industri Kimia. PT. IGLAS (Persero) didirikan pada 10 November 1941 (sebelum merdeka) dengan nama NV NIGLAS (*Nederlands Indische Fabriken*). Pada tanggal 2 November 1955 Bank Indonesia mengadakan kontrak dengan *Le Havre* Perancis untuk mendatangkan mesin-mesin dan mendidik tenaga-tenaga Indonesia selama 3 bulan. Berdasarkan UU No. 19/1960 tentang Perusahaan Negara untuk pemerintah dikeluarkan PP. No. 130/1961 tanggal 17 April 1961 yang berlaku surat tanggal 1 Januari 1961 tentang pendirian PN IGLAS. Padatanggal 1 November 1979 PN IGLAS berubah menjadi PT. IGLAS dan berdasarkan surat keputusan direksi PT. IGLAS (Persero), ditetapkan hari jadi IGLAS tanggal 29 Oktober 1956 dan penyalaan dapur leburan pertama dilakukan pada tahun 1959.

Pada saat ini PT. IGLAS (Persero) telah menguasai 35% pangsa pasar kemasan gelas di Indonesia dengan memproduksi berbagai jenis botol untuk memenuhi kebutuhan industri minuman ringan, bir, farmasi, makanan dan kosmetika. Total kapasitas yang dimiliki PT. IGLAS (Persero) adalah 340 ton/hari atau 78.205 ton/tahun. Pabrik PT. IGLAS (Persero) berada di Gresik dengan luas area  $\pm$  14,5 ha yang memiliki dapur peleburan dengan kapasitas masing-masing 200 ton/hari dan 140 ton/hari. Produk yang dihasilkan di PT. IGLAS (Persero) memiliki tiga warna utama yaitu hijau (UVA hijau emerald), flint (putih jernih), dan amber (coklat). Peningkatan mutu kinerja dengan bantuan tenaga ahli lokal dan asing mampu meningkatkan mutu produksi sehingga memenuhi standar

internasional dengan pengakuan internasional yaitu memiliki sertifikat ISO 9002. Kebijakan mutu PT. IGLAS (Persero) adalah “Gelas IGLAS Lebih Berkualitas” membuat tekad PT. IGLAS (Persero) untuk menghasilkan kemasan gelas yang memiliki daya saing tinggi dalam mutu, harga, maupun pelayanan yang berorientasi kepada pelanggan.

Proses produksi botol di PT. IGLAS (Persero) melalui beberapa tahapan yaitu:

1. *Batch Plant*

Bahan baku yang ditimbang sesuai dengan dosis kemudian diaduk didalam *mixer*. Bahan baku utama yang digunakan yaitu pasir kwarsa, soda ash, *lime stone*, dolomite, beling dan ditambah bahan baku tambahan seperti aluminium hidroksida, sodium sulfat, sodium bichromat, selenium, cobalt oksida, arang.

2. *Batch Charging*

*Batch charging* digunakan untuk mengontrol kadar ramuan pembentuk culltet (cairan bakal botol yang berbentuk seperti gelali).

3. *Glass Melting*

*Glass melting* atau dapur peleburan dengan suhu sekitar  $1700^{\circ}$  C.

4. *Forehearth Glass Conditioning*

Pada proses ini cairan akan dibagi di 3 mesin yang tersedia kemudian disalurkan ke *gob feeding*.

5. *Gob Feeding*

Cairan dipotong-potong menjadi potongan gelas yang sesuai dengan bentuk dan berat botol yang akan dicetak pada *bottle forming*. Pada proses

pembentukan botol terdapat dua macam pembentukan yaitu *blow and blow* yang digunakan untuk mencetak botol-botol berleher sempit seperti botol minuman dan *press and blow* yang digunakan untuk mencetak botol-botol yang berleher dan bermulut besar seperti botol selai.

6. *Lehr Loading / Stracker*

Botol yang keluar dari proses *bottle forming* berwarna merah dan masih panas, kemudian menggunakan *lehr loading* akan dipindahkan menuju *bottle annealing*. Proses pemindahan ini disebut *hot end control*.

7. *Bottle Annealing*

Pada proses ini akan dilakukan pendinginan botol secara perlahan untuk mendapatkan gelas yang bebas tegangan.

8. *Cold End Transport*

Botol keluar dari *annealing* melalui *belt transport* untuk dilewatkan pada proses penyortiran.

9. *Sorting*

Pada proses ini botol yang cacat yang kemudian dibuang untuk didaur ulang menjadi bahan baku botol.

10. *Packing* / pengemasan botol

## 2.10 Logika Fuzzy dalam Kajian Agama

*Fuzzy* dapat diartikan kabur atau samar-samar. Dalam al-Quran diterangkan tentang gejala kekaburan sebagaimana dijelaskan dalam surat ali Imran ayat 7-8 sebagai berikut:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ عَلَيْكَ الْكِتَابَ مِنْهُ آيَاتٌ مُحْكَمَاتٌ هُنَّ أُمُّ الْكِتَابِ وَأُخْرُ مُتَشَابِهَاتٌ فَأَمَّا الَّذِينَ فِي قُلُوبِهِمْ زَيْغٌ فَيَتَّبِعُونَ مَا تَشَبَهَ مِنْهُ ابْتِغَاءَ الْفِتْنَةِ وَابْتِغَاءَ تَأْوِيلِهِ وَمَا يَعْلَمُ تَأْوِيلَهُ إِلَّا اللَّهُ وَالرَّاسِخُونَ فِي الْعِلْمِ يَقُولُونَ ءَأَمَّنَّا بِهِ كُلٌّ مِنْ عِنْدِ رَبِّنَا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿١٠٦﴾  
 ﴿١٠٧﴾ أَلْوَهَّابُ

Artinya: *Dia-lah yang menurunkan al-Kitab (al-Quran) kepada kamu. Di antara (isi) nya ada ayat-ayat yang muhkamaat itulah pokok-pokok isi al-Quran dan yang lain (ayat-ayat) mutasyaabihaat. Adapun orang-orang yang dalam hatinya condong kepada kesesatan, maka mereka mengikuti sebagian ayat-ayat yang mutasyabihat untuk menimbulkan fitnah dan untuk mencari-cari takwilnya, padahal tidak ada yang mengetahui takwilnya melainkan Allah. Dan orang-orang yang mendalam ilmunya berkata: "Kami beriman kepada ayat-ayat yang mutasyabihat, semuanya itu dari sisi Tuhan kami. Dan tidak dapat mengambil pelajaran (daripadanya) melainkan orang-orang yang berakal. (Mereka berdoa): "Ya Tuhan kami, janganlah Engkau jadikan hati kami condong kepada kesesatan sesudah Engkau beri petunjuk kepada kami, dan karuniakanlah kepada kami rahmat dari sisi Engkau; karena sesungguhnya Engkau-lah Maha Pemberi (karunia)."*

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa terdapat ayat-ayat yang jelas pengertiannya (*muhkamat*) dan ayat yang belum jelas artinya sehingga perlu kajian yang mendalam atau hanya Allah yang mengetahui arti sesungguhnya (*ayat mutashabihat*). Sebagaimana dua ayat tersebut, dalam kehidupan terdapat hal-hal yang masih samar. Sehingga logika *fuzzy* dapat digunakan dalam pengambilan keputusan terhadap hal-hal yang masih kabur dengan memberikan fungsi keanggotaannya.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari bagian pengawasan mutu di PT. IGLAS (Persero) Gresik. Data dalam penelitian ini berupa data kecacatan produk botol Jenewer MK yang diproduksi pada tanggal 7 Januari sampai 17 Februari 2014. Pengamatan yang digunakan sebanyak 42 subgrup dengan sampel setiap subgrupnya sebanyak 768. Berikut adalah gambar dari botol Jenewer MK.



Gambar 3.1 Botol Jenewer MK  
(Sumber: Bagian Pengawasan Mutu PT. IGLAS (Persero) Gresik)

### 3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini data atribut yang digunakan adalah data kecacatan produk botol Jenewer MK yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori cacat sebagai berikut:

1. *Critical Defect* / Cacat Kritis

Suatu cacat botol yang membahayakan orang lain atau pengguna dan dapat mengakibatkan kegagalan dalam proses di pelanggan.

2. *Major Defect* / Cacat Fungsional

Suatu cacat yang dapat mengakibatkan kegagalan dalam proses di pelanggan.

3. *Minor Defect* / Cacat Rupa

Suatu cacat botol yang secara nampak/rupa kurang baik sehingga dapat mempengaruhi penampilan tidak bagus.

Dari tiga klasifikasi cacat tersebut masing-masing diuji dengan pengujian *Random Sampling* berdasarkan *Military Standart 105 D* dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. *Critical Defect*: AQL 0.065%
- b. *Major Defect*: AQL 1%
- c. *Minor Defect*: AQL 6.5%

AQL (*Acceptable Quality Level*) adalah suatu batasan kualitas yang dapat diterima antara pihak produsen dan pelanggan.

Setiap kelas cacat memiliki karakteristik cacat masing-masing sebagai berikut:

Tabel 3.1 Karakteristik Kualitas Pada Setiap Kelas Cacat

<b>Kelas Cacat</b>	<b>Karakteristik Kualitas</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Critical</i>	<i>Over Press</i>	Kelebihan gelas tajam yang menonjol keatas
	<i>Bird Swing</i>	Sebentuk gelas yang melintang di dalam botol
	<i>Sticky Plunger</i>	Kelebihan gelas yang tajam pada lubang <i>bore</i>
<i>Mayor</i>	<i>Cr Und Ring</i>	Retak dibawah <i>ring</i> / kepala botol
	<i>Bad Finish</i>	Bentuk <i>finish/ring</i> yang tidak sempurna
	<i>Cr Body</i>	Retak pada <i>body</i> botol
	<i>Chipped Finish</i>	Bibir botol gupil
	<i>Cr Bottom</i>	Retak pada dasar botol
	<i>Cr Shoulder</i>	Retak pada pundak botol
	<i>Chipped Ring</i>	<i>Ring</i> botol gupil
	<i>Splith Finish</i>	Bibir botol yang retak membelah dari bibir botol ke bawah
<i>Minor</i>	<i>Loading Mark</i>	Noda kerutan karena loading pada permukaan gelas
	<i>Mold Seam</i>	Kerusakan akibat cetakan, permukaan gelas menjadi kasar
	<i>Bent Neck</i>	Leher botol bengkok/miring
	<i>Offsed Body</i>	Sambungan <i>body</i> tidak rata/bergeser keatas dan ke bawah
	<i>Bad Glass</i>	Ketebalan gelas pada dinding botol tidak rata
	<i>Cold Mold</i>	Distribusi gelas tampak bergelombang karna cetakan dingin
	<i>Blow pp Mark</i>	Bayangan kelebihan gelas di permukaan botol
	<i>Bad Forming</i>	Bentuk botol yang tidak sempurna
	<i>Sunken Body</i>	<i>Body</i> botol yang tepos
	<i>Oval Body</i>	<i>Body</i> botol oval / tidak bundar
	<i>Blank Seam</i>	Noda <i>blank</i> yang kasar
	<i>Sunken Shoulder</i>	Pundak botol yang tepos
	<i>Seam On Ring</i>	Tonjolan gelas pada <i>ring</i> botol
	<i>Baffle Seam</i>	Noda <i>baffle</i> yang kasar
	<i>Crizzle</i>	Lipatan gelas tidak teratur pada permukaan gelas
	<i>Air Mark</i>	Retak halus pada sambungan cetakan
	<i>Dirty Mold</i>	Noda pada permukaan gelas karena cetakan kotor
	<i>Stuck Ware</i>	Kelebihan gelas yang tajam di bagian luar dinding botol
	<i>Seam Und Ring</i>	Sambungan yang kasar dibawah <i>ring</i>
	<i>Seam Body</i>	Tonjolan gelas pada <i>body</i> botol
<i>Bent Ring</i>	<i>Ring</i> yang posisinya bengkok/miring	

Tabel 3.1 (Lanjutan)

<i>Wrinkle</i>	Kerutan pada permukaan botol
Tegangan	Temperatur panas yang kurang rata ketika diproduksi
<i>Wrinkle Bottom</i>	Kerutan pada dasar botol
<i>Offsed Shoulder</i>	Sambungan pundak botol tidak rata bergeser ketas kebawah
<i>Seam On Finish</i>	Tonjolan gelas pada finish/ring
<i>Oil Mark</i>	Noda bintik-bintik pada permukaan gelas karena minyak
<i>Seed</i>	Gelembung udara kecil-kecil
<i>Shrined Shoulder</i>	Lipatan gelas pada pundak botol
<i>Seam Shoulder</i>	Sambungan yang kasar pada pundak botol
<i>Shear Mark on Neck</i>	Noda bekas gunting pada leher botol
<i>Sunken Sambungan</i>	Sambungan yang tidak rata/mencekung

(Sumber: Bagian Pengawasan Mutu PT. IGLAS (Persero) Gresik)

### 3.3 Metode Analisis Data

#### 3.3.1 Persiapan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan sumber referensi utama berupa jurnal yang dikembangkan oleh Gulbay dan Kahraman pada tahun 2007 yang berjudul ‘*An alternative approach to fuzzy control chart: Direct Fuzzy Approach*’. Selain itu penulis juga menggunakan pendekatan kajian kepustakaan berupa buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini dan sumber-sumber lain yang didapat melalui internet. Pada tahap ini juga dilakukan proses pengumpulan data yang dibutuhkan.

#### 3.3.2 Analisis Data

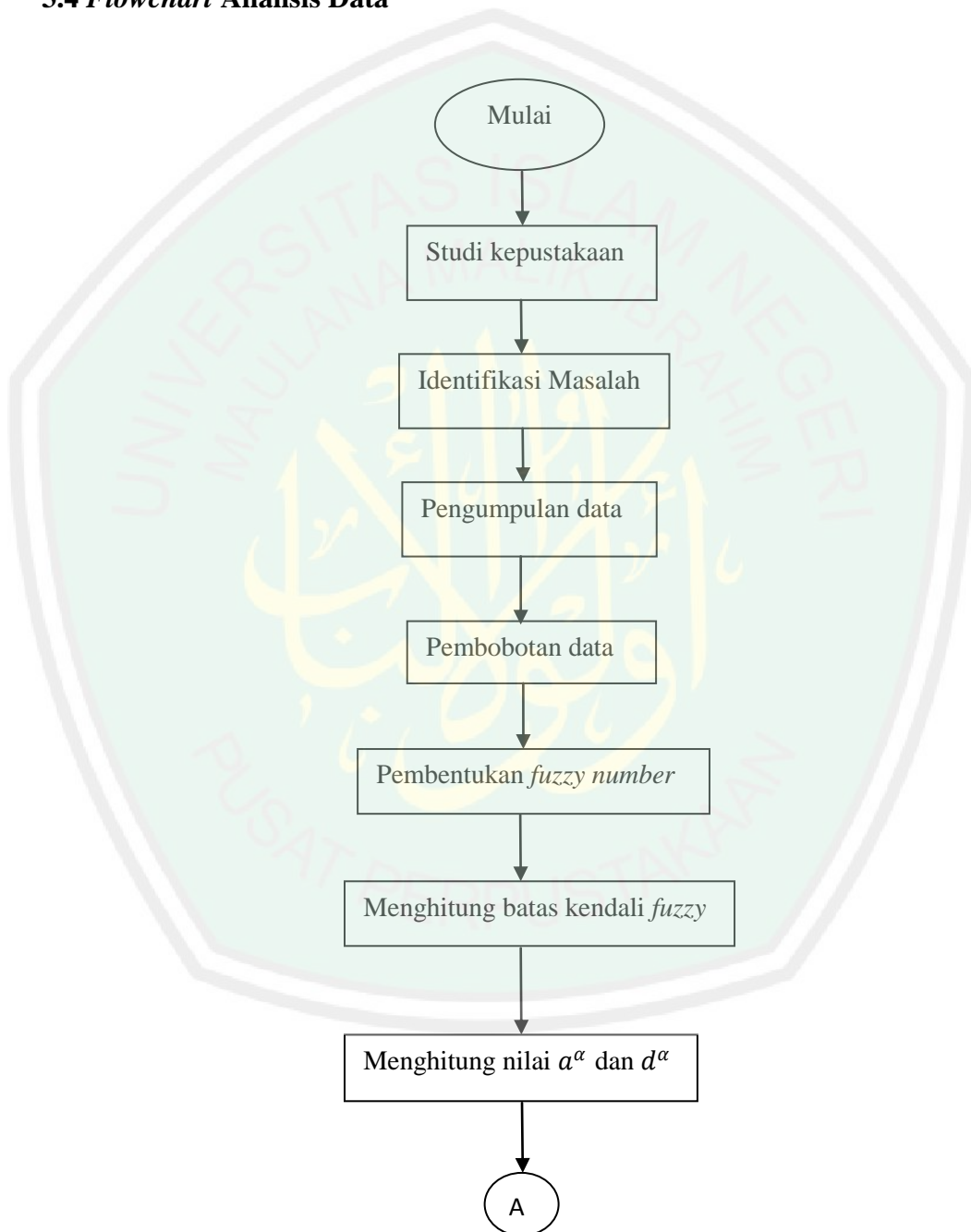
Pada tahap ini akan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

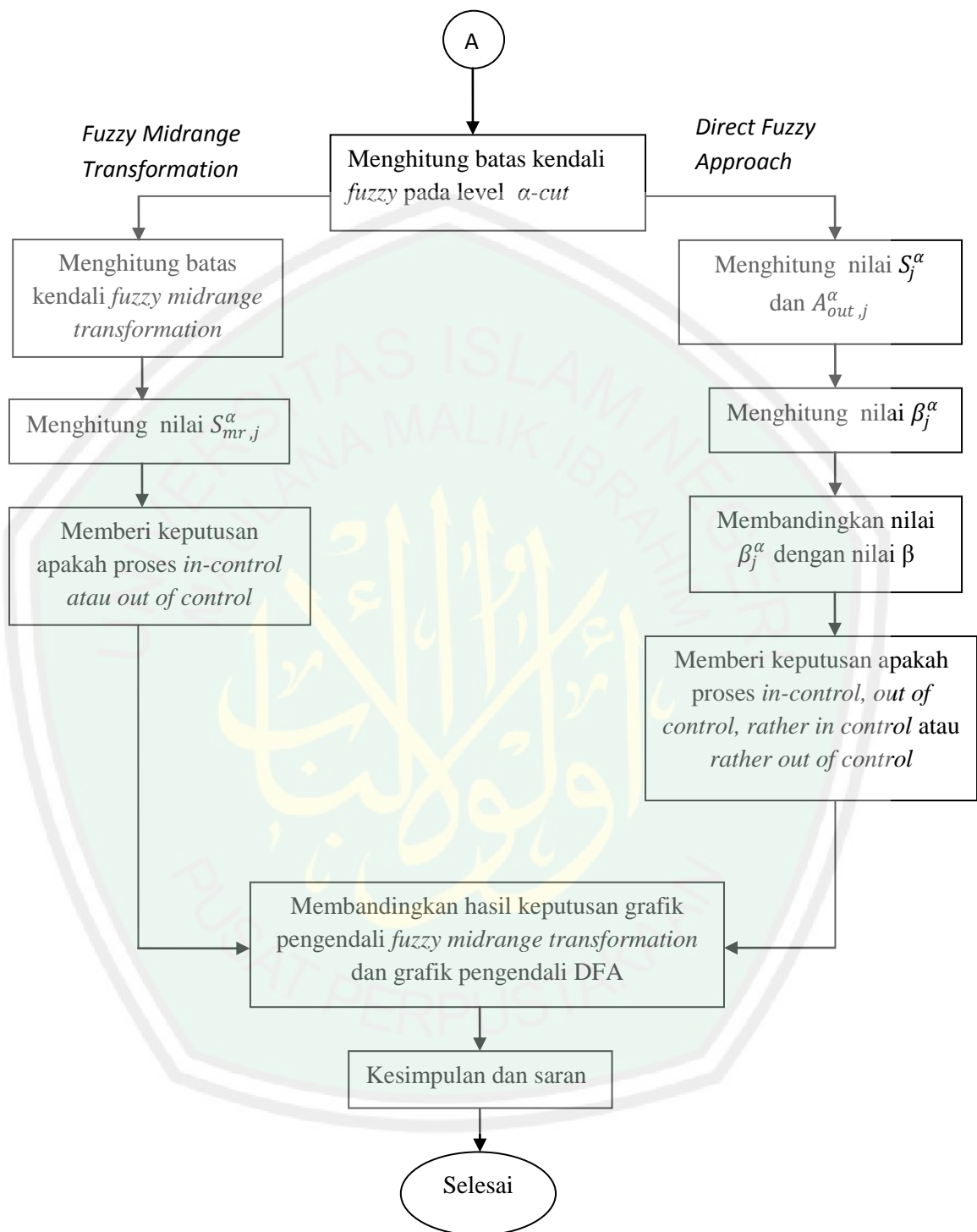
1. Menghitung pembobot setiap kelas cacat menggunakan persamaan (2.6).
2. Mengalikan pembobot dengan setiap subgrup pada masing-masing kelas cacat sehingga didapatkan *fuzzy number* sesuai dengan persamaan (2.7).

3. Menghitung batas kendali *fuzzy* dengan menggunakan persamaan (2.8) sampai (2.10).
4. Menghitung nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dengan persamaan (2.11) dan (2.12).
5. Menghitung batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut dengan menggunakan persamaan (2.13) sampai (2.15).
6. Membentuk grafik pengendali *fuzzy midrange transformation* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Menghitung sampel *fuzzy* pada grafik pengendali *fuzzy midrange transformation* pada level  $\alpha$ -cut dengan menggunakan persamaan (2.17).
  - b. Menghitung batas kendali *fuzzy midrange transformation* pada level  $\alpha$ -cut dengan menggunakan persamaan (2.18) sampai (2.20).
  - c. Apabila sampel area berada diantara batas kendali atas dan bawah maka proses dikatakan *in control*, jika tidak maka proses dikatakan *out of control*.
7. Membentuk grafik pengendali DFA dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Menghitung luas sampel  $S_j^\alpha$  dengan rumus luas segitiga dan menghitung *area out* ( $A_j^\alpha$ ) sesuai dengan *flowchart* pada lampiran F dengan menggunakan program Matlab.
  - b. Menghitung persentase luas area ( $\beta_j^\alpha$ ) yang berada didalam batas kendali dengan menggunakan persamaan (2.21).
  - c. Membandingkan nilai  $\beta_j^\alpha$  dengan nilai  $\beta$ .
  - d. Memberi keputusan apakah proses *in-control*, *out of control*, *rather in control* atau *rather out of control*.

8. Membandingkan keputusan yang dihasilkan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan DFA pada setiap subgrup.
9. Memberikan kesimpulan dan saran.

### 3.4 Flowchart Analisis Data





## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Batas Kendali *Fuzzy* dan Batas Kendali *Fuzzy $\alpha$ -cut*

Sebelum menghitung batas kendali *fuzzy*, maka terlebih dahulu dihitung pembobot masing-masing kelas cacat dengan menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut:

- a. Pembobot kelas cacat minor dengan AQL 6.5%

$$D_1 = \frac{1}{\frac{6.5\%}{7.565\%}} = 1.18 \text{ maka}$$

$$\text{pembobot kelas cacat minor } (w_1) = \frac{1.18}{125.04} \times 100\% = 0.94\%$$

- b. Pembobot kelas cacat mayor dengan AQL 1%

$$D_2 = \frac{1}{\frac{1\%}{7.565\%}} = 7.58 \text{ maka}$$

$$\text{pembobot kelas cacat mayor } (w_2) = \frac{7.58}{125.04} \times 100\% = 6.07\%$$

- c. Pembobot kelas cacat kritis dengan AQL 0.065%

$$D_3 = \frac{1}{\frac{0.065\%}{7.565\%}} = 116.28 \text{ maka}$$

$$\text{pembobot kelas cacat kritis } (w_3) = \frac{116.28}{125.04} \times 100\% = 92.99\%$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung *fuzzy number* pada masing-masing subgrup dengan menggunakan persamaan (2.7). Misal pada subgrup 1 diperoleh

*fuzzy number*,  $a = c_1 \times w_1 = 283 \times 0.0094 = 2.66$ ,  $b = c_2 \times w_2 = 113 \times 0.0607 = 6.86$ ,  $c = c_2 \times w_2 = 113 \times 0.0607 = 6.86$ ,  $d = c_3 \times w_3 = 52 \times 0.9299 = 48.35$ .

Tabel 4.1 *Fuzzy Number*

Subgrup	a	b	c	d
1	2.66	6.86	6.86	48.35
2	2.41	3.22	3.22	14.88
3	2.30	6.37	6.37	7.44
4	2.61	5.40	5.40	16.74
5	3.02	8.62	8.62	13.95
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
42	0.47	1.09	1.09	26.04
Rata-rata	2.45	6.58	6.58	23.29

Keterangan : Data lengkap tersaji dalam lampiran C.

Pada grafik pengendali *fuzzy*, batas kendali mengikuti batas kendali *c-chart* hanya saja setiap sampel atau subgrup direpresentasikan menjadi *trapezoidal fuzzy number* (a,b,c,d) atau *triangular fuzzy number* (a,b,d) atau (a,c,d) dimana  $b=c$ . Untuk mempermudah perhitungan, *triangular fuzzy number* direpresentasikan menjadi *trapezoidal fuzzy number* (a,b,b,d) atau (a,c,c,d) sehingga dapat diperoleh *center line* (CL) sebagai berikut:

$$\widetilde{CL} = \left( \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m d_j}{m} \right) = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$$

dimana  $m$  adalah jumlah sampel *fuzzy* (Gulbay dan Kahraman, 2007:1466).

Sesuai tabel 4.1, pada penelitian ini diperoleh nilai CL sebagai berikut:

$$\widetilde{CL} = (2.45, 6.58, 6.58, 23.29) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)$$

Untuk memperoleh nilai LCL dan UCL digunakan operasi aljabar pada *trapezoidal fuzzy number* sebagai berikut:

Untuk  $M = (a_1, b_1, c_1, d_1)$  dan  $N = (a_2, b_2, c_2, d_2)$  maka,

$$M + N = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$$

$$M - N = (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2) \quad (\text{Chen dan Hwang, 1992:93}).$$

Dari operasi aljabar pada *trapezoidal fuzzy number* diatas diperoleh,

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL} &= \widetilde{CL} - 3\sqrt{\widetilde{CL}} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) - 3\sqrt{(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})} \\ &= (\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}}) = (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL} &= \widetilde{CL} + 3\sqrt{\widetilde{CL}} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) + 3\sqrt{(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})} \\ &= (\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}) = (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4) \end{aligned}$$

Pada penelitian ini diperoleh nilai LCL dan UCL sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL} &= (\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}}) \\ &= (2.45 - 3\sqrt{23.29}, 6.58 - 3\sqrt{6.58}, 6.58 - 3\sqrt{6.58}, 23.29 - 3\sqrt{2.45}) \\ &= (-12.03, -1.12, -1.12, 18.6) = (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL} &= (\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}) \\ &= (2.45 + 3\sqrt{2.45}, 6.58 + 3\sqrt{6.58}, 6.58 + 3\sqrt{6.58}, 23.29 + 3\sqrt{23.29}) \\ &= (7.14, 14.27, 14.27, 37.77) = (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4) \end{aligned}$$

Setelah diperoleh batas kendali *fuzzy* maka langkah berikutnya adalah menghitung batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut. *Trapezoidal Fuzzy Number* memiliki fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Jika dilakukan operasi  $\alpha$ -cut maka dari,

$$\frac{a^\alpha - a}{b - a} = \alpha, \quad \frac{d - d^\alpha}{d - c} = \alpha \text{ diperoleh,}$$

$$a^\alpha = a + \alpha(b - a)$$

$$d^\alpha = -(d - c)\alpha + d = d - \alpha(d - c)$$

Sebelum menghitung batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut, maka pada setiap subgrup dihitung nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  dengan menggunakan persamaan (2.11) dan (2.12) dengan menggunakan  $\alpha=0.6$ . Misal pada subgrup 1 diperoleh nilai

$$a^\alpha = a + \alpha(b - a) = 2.66 + (0.6 * (6.86 - 2.66)) = 5.18 \quad \text{dan} \quad d^\alpha = d - \alpha(d - c) \\ = 48.35 - (0.6 * (48.35 - 6.86)) = 23.46.$$

Tabel 4.2 Nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$

Subgrup	$a^\alpha$	$d^\alpha$
1	5.18	23.46
2	2.89	7.88
3	4.75	6.8
4	4.29	9.94
5	6.38	10.75
.	.	.
.	.	.
.	.	.
42	0.84	11.07
Rata-rata	4.92	13.26

Keterangan : Data lengkap tersaji dalam lampiran C.

Setelah diperoleh nilai  $a^\alpha$  dan  $d^\alpha$  pada setiap subgrup, maka langkah berikutnya adalah menghitung batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut. Dengan menggunakan operasi aljabar pada *trapezoidal fuzzy number* diatas, diperoleh batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut sebagai berikut:

$$\widetilde{CL}^\alpha = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha)$$

$$L\widetilde{CL}^\alpha = \widetilde{CL}^\alpha - 3\sqrt{\widetilde{CL}^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) - 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)}$$

$$= (\bar{a}^\alpha - 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{d}^\alpha - 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}) = (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha)$$

$$\widetilde{UCL}^\alpha = \widetilde{CL}^\alpha + 3\sqrt{\widetilde{CL}^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) + 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)}$$

$$= (\bar{a}^\alpha + 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha + 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) = (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha)$$

Sesuai dengan tabel 4.1 dan tabel 4.2, diperoleh nilai  $CL^\alpha$ ,  $LCL^\alpha$  dan  $UCL^\alpha$

sebagai berikut:

$$\widetilde{CL}^\alpha = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) = (4.92, 6.58, 6.58, 13.26) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha)$$

$$\widetilde{LCL}^\alpha = (\bar{a}^\alpha - 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{d}^\alpha - 3\sqrt{\bar{a}^\alpha})$$

$$= (4.92 - 3\sqrt{13.26}, 6.58 - 3\sqrt{6.58}, 6.58 - 3\sqrt{6.58}, 13.26 - 3\sqrt{4.92})$$

$$= (-6, -1.12, -1.12, 6.61) = (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha)$$

$$\widetilde{UCL}^\alpha = (\bar{a}^\alpha + 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha + 3\sqrt{\bar{d}^\alpha})$$

$$= (4.92 + 3\sqrt{4.92}, 6.58 + 3\sqrt{6.58}, 6.58 + 3\sqrt{6.58}, 13.26 + \sqrt{13.26})$$

$$= (11.58, 14.27, 14.27, 24.19) = (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha)$$

#### 4.2 Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*

Data kecacatan produk botol Jenewer MK di PT. IGLAS (Persero) merupakan data multiatribut yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori cacat yakni cacat minor, mayor dan kritis. Oleh karena itu data tersebut cocok untuk diterapkan pada grafik pengendali *fuzzy*, salah satunya adalah *Fuzzy Midrange Transformation*.

Setelah diperoleh batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut dari subbab 4.1, langkah berikutnya adalah menghitung nilai sampel ( $S_{mr,j}^\alpha$ ) pada setiap subgroup dengan menggunakan persamaan (2.17). Langkah berikutnya adalah menghitung

batas kendali *Fuzzy Midrange Transformation* menggunakan persamaan (2.18) sampai (2.20),

$$CL_{mr}^{\alpha} = \frac{CL_1^{\alpha} + CL_4^{\alpha}}{2} = \frac{4.92 + 13.26}{2} = 9.094$$

$$LCL_{mr}^{\alpha} = CL_{mr}^{\alpha} - 3\sqrt{CL_{mr}^{\alpha}} = 9.094 - 3\sqrt{9.094} = 0.047$$

$$UCL_{mr}^{\alpha} = CL_{mr}^{\alpha} + 3\sqrt{CL_{mr}^{\alpha}} = 9.094 + 3\sqrt{9.094} = 18.14$$

Jika sampel berada diantara batas kendali maka proses *in-control* dan jika tidak maka proses *out of control*.

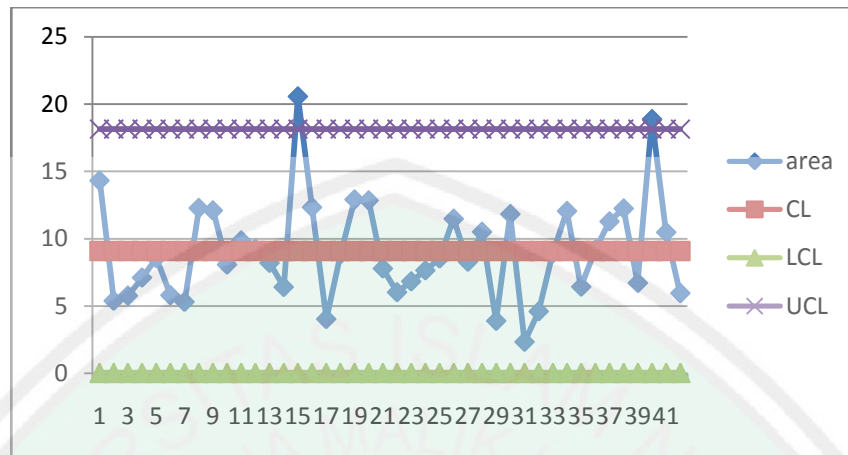
Misal pada subgrup 15 diperoleh nilai  $S_{mr,j}^{\alpha} = \frac{1}{2}(a_j^{\alpha} + d_j^{\alpha}) = \frac{1}{2}(10.54 + 30.6) = 20.57$ . Karena didapatkan nilai  $LCL_{mr}^{\alpha} = 0.047$  dan  $UCL_{mr}^{\alpha} = 18.14$  maka dapat disimpulkan bahwa nilai sampel pada subgrup 15 berada di luar batas kendali sehingga proses *out of control*. Perhitungan yang sama berlaku untuk 41 subgrup lainnya.

Tabel 4.3 Nilai Sampel Area dan Hasil Keputusan Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*

Subgrup	Sampel <i>Fuzzy</i>	Keputusan
1	14.32	<i>in control</i>
2	5.39	<i>in control</i>
.	.	.
.	.	.
.	.	.
15	20.57	<i>out of control</i>
16	12.34	<i>in control</i>
.	.	.
.	.	.
.	.	.
40	18.88	<i>out of control</i>
41	10.48	<i>in control</i>
42	5.96	<i>in control</i>

Keterangan : Data lengkap tersaji dalam lampiran D.

Berikut adalah grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*,



Gambar 4.1 Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*

Berdasarkan gambar 4.1 dapat dikatakan bahwa proses produksi belum terkendali secara statistik karena terdapat dua titik yang keluar batas kendali yakni sampel data ke-15 dan ke-40.

#### 4.3 Grafik Pengendali *Direct Fuzzy Approach (DFA)*

Setelah diperoleh batas kendali *fuzzy* pada level  $\alpha$ -cut, langkah selanjutnya adalah menghitung luas sampel area ( $S_j^\alpha$ ) menggunakan rumus luas segitiga dan menghitung luas area sampel *fuzzy* yang keluar batas kendali ( $A_{out,j}^\alpha$ ) menggunakan program Matlab sesuai dengan *flowchart* pada lampiran F. Kemudian dihitung nilai persentase luas area yang berada didalam batas kendali ( $\beta_j$ ) dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.21) dan hasilnya dibandingkan dengan persentase area penerimaan ( $\beta$ ) yakni sebesar 0.7 atau 70%. Jika sampel *fuzzy* seluruhnya berada dalam batas kendali, maka proses dikatakan '*in control*'. Jika sampel *fuzzy* seluruhnya berada diluar batas kendali, maka proses dikatakan '*out of control*'. Jika hanya sebagian sampel yang berada pada batas kendali *fuzzy*, maka pada kasus ini jika persentase daerah yang berada

di dalam batas kendali fuzzy ( $\beta_j$ ) sama dengan atau lebih besar dari presentase area penerimaan yang telah ditetapkan ( $\beta$ ), maka proses dikatakan '*rather in control*' dan sebaliknya dikatakan '*rather out of control*'.

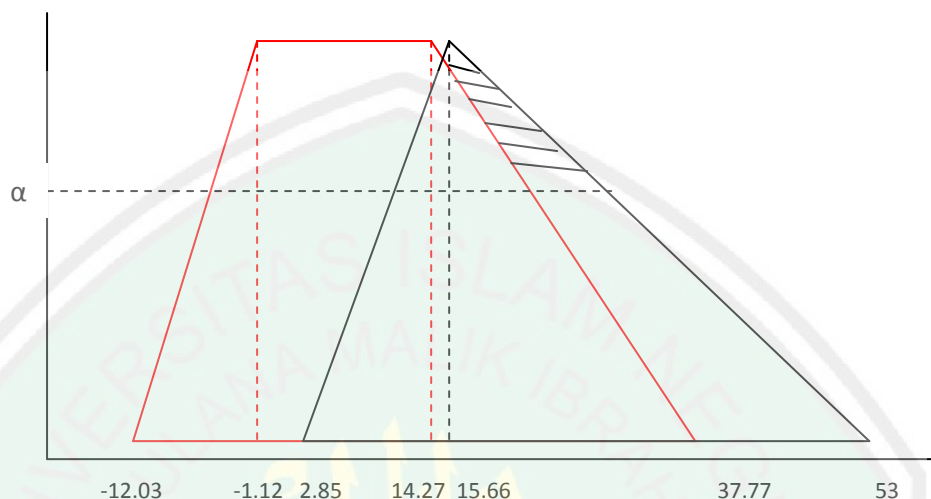
Misal pada subgrup 15 diperoleh nilai  $S_j^\alpha = \frac{1}{2}(d^\alpha - a^\alpha)(1 - \alpha) = \frac{1}{2}(30.6 - 10.54)(1 - 0.6) = 4.01$ . Sesuai dengan *flowchart* maka pada subgrup 15 perhitungan luas area yang keluar batas kendali ( $A_{out,j}^\alpha$ ) menggunakan persamaan A-U1 dan A-L6 sehingga luas area yang keluar batas kendali pada subgrup 15 adalah 1.52. Langkah selanjutnya yaitu menghitung luas area yang berada didalam batas kendali ( $\beta_j$ ) dengan rumus  $\beta_j = \frac{S_j^\alpha - A_{out,j}^\alpha}{S_j^\alpha} = \frac{4.01 - 1.52}{4.01} = 0.6212$  atau 62.12%. Karena  $\beta_j \leq \beta$  maka keputusannya adalah *rather out of control*. Perhitungan yang sama dilakukan untuk 41 subgrup yang lain.

Tabel 4.4 Nilai Sampel Area, Area Out,  $\beta_j$  dan Hasil Keputusan Pada Grafik Pengendali DFA

Subgrup	Sampel Area	Area Out	$\beta_j$	Keputusan
1	3.66	0	100	<i>in control</i>
2	1	0	100	<i>in control</i>
3	0.41	0	100	<i>in control</i>
4	1.13	0	100	<i>in control</i>
5	0.87	0	100	<i>in control</i>
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
15	4.01	1.52	62.12	<i>rather out of control</i>
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
40	5.69	0.93	83.66	<i>rather in control</i>
41	1.81	0	100	<i>in control</i>
42	2.05	0	100	<i>in control</i>

Keterangan : Data lengkap tersaji dalam lampiran E.

Grafik pengendali DFA untuk botol Jenewer MK pada subgrup 15 diilustrasikan dalam gambar berikut:



Gambar 4.2 Grafik Pengendali DFA Subgrup 15

Namun ketika persentase area penerimaan ( $\beta$ ) sebesar 1 atau 100% maka didapatkan keputusan untuk sampel data ke-15 dan ke-40 adalah *out of control*. Hal ini dikarenakan ketika nilai ( $\beta$ ) sebesar 1 atau 100%, nilai sampel dikatakan *in control* jika seluruhnya berada dalam batas kendali dan sebaliknya dikatakan *out of control*.

#### 4.4 Perbandingan Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dengan *Direct Fuzzy Approach (DFA)*

Hasil keputusan dari grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dengan DFA dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.5 Perbandingan Keputusan *Fuzzy Midrange Transformation* dengan DFA

Subgrup	<i>Fuzzy Midrange Transformation</i>	DFA ( $\alpha=0.6, \beta=0.7$ )	DFA ( $\alpha=0.6, \beta=1$ )
1	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
2	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
3	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
4	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
5	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>

Tabel 4.5 (Lanjutan)

6	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
7	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
8	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
9	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
10	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
11	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
12	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
13	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
14	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
15	<i>out of control</i>	<i>rather out of control</i>	<i>out of control</i>
16	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
17	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
18	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
19	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
20	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
21	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
22	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
23	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
24	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
25	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
26	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
27	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
28	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
29	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
30	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
31	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
32	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
33	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
34	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
35	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
36	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
37	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
38	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
39	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
40	<i>out of control</i>	<i>rather in control</i>	<i>out of control</i>
41	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>
42	<i>in control</i>	<i>in control</i>	<i>in control</i>

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa kedua metode menghasilkan keputusan yang berbeda pada beberapa subgrup data. Pada subgrup ke-15 dan ke-40, metode *Fuzzy Midrange Transformation* menghasilkan keputusan *out of control* sedangkan pada metode DFA ketika nilai  $\beta$  sebesar 0.7 pada subgrup ke-15 DFA menghasilkan keputusan *rather out of control* dan pada subgrup ke-40 DFA menghasilkan keputusan *rather in control*. Namun ketika nilai  $\beta$  sebesar 1, pada subgrup ke-15 dan ke-40 DFA menghasilkan keputusan *out of control*. Sehingga dapat disimpulkan ketika metode DFA diberikan nilai  $\beta$  sebesar 1, metode DFA akan menghasilkan keputusan *out of control* dan *in control* saja. Sedangkan ketika nilai  $\beta$  kurang dari 1, maka DFA dapat menyediakan keputusan alternatif selain *in control* atau *out of control* yakni dapat menghasilkan keputusan *rather in control* atau *rather out of control*. Hal ini dikarenakan pada metode *Fuzzy Midrange Transformation* nilai sampel diperoleh dengan mentransformasikannya kedalam bilangan *crisp* sedangkan pada metode DFA data linguistik tidak ditransformasikan ke dalam nilai-nilai menggunakan *fuzzy* transformasi untuk menghindari hilangnya informasi yang terkandung dalam sampel *fuzzy*. Jadi pada grafik pengendali DFA baik sampel maupun batas kendali direpresentasikan dalam bilangan *fuzzy*.

#### 4.5 Konsep Kecacatan dalam Kajian Agama

Berbicara mengenai pengendalian kualitas produksi, maka tidak terlepas dari produk-produk yang cacat. Dalam al-Quran konsep kecacatan dijelaskan dalam kata mubadzir sebagaimana firman Allah Swt dalam surat al-Israa' ayat 26-27 yang berbunyi:

وَأَتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذِرْ تَبْذِيرًا ﴿١١﴾ إِنَّ الْمُبْذِرِينَ كَانُوا  
إِخْوَانَ الشَّيْطَانِ ۗ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا ﴿١٢﴾

Artinya: “Dan berikanlah kepada keluarga-keluarga yang dekat akan haknya, kepada orang miskin dan orang yang dalam perjalanan; dan janganlah kamu menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros. Sesungguhnya pemboros-pemboros itu adalah saudara-saudara syaitan dan syaitan itu adalah sangat ingkar kepada Tuhannya.”

Imam Abi Al-Faraj dalam tafsirnya *Zadul Masir* menjelaskan bahwa ada dua pendapat ulama tentang makna *tabzir*. Beliau mengatakan,

في التبذير قولان: أحدهما: أنه إنفاق المال في غير حق، قاله ابن مسعود، وابن عباس. وقال مجاهد: لو أنفق الرجل ماله كله في حق، ما كان مبدراً، وأنفق مُدًّا في غير حق، كان مبدراً. قال الزجاج: التبذير: النفقة في غير طاعة الله، وكانت الجاهلية تنحر الإبل وتبذّر الأموال تطلب بذلك الفخر والسّمة، فأمر الله عزّ وجلّ بالنفقة في وجهها فيما يقرب منه. والثاني: أنه الإسراف المتلف للمال، ذكره الماوردي. وقال أبو عبيدة: المبدّر: هو الميسرف المفسد العاثر

Artinya:

Tentang makna *tabzir* terdapat dua pendapat:

**Pertama:** membelanjakan harta di luar kebutuhan yang dibenarkan. Ini merupakan pendapat Ibnu Mas’ud dan Ibn Abbas *radhiallahu ‘anhuma*. Salah satu mujahid ulama tafsir periode tabi’in mengatakan “Andaikan ada orang yang membelanjakan seluruh hartanya di jalur yang benar, dia bukan orang yang mubadzir. Dan jika menafkahkan bahan makanan satu cakupan tangan di luar jalur yang dibenarkan maka dia termasuk orang yang mubadzir.” Az-Zajjaj mengatakan, “Sikap *tabzir* adalah membelanjakan harta untuk selain ketaatan kepada Allah. Dulu masyarakat jahiliyah menyembelih unta dan menghambur-

hamburkan harta dalam rangka membanggakan diri dan mencari popularitas. Kemudian Allah memerintahkan untuk membelanjakan harta untuk ibadah dalam rangka mencari wajah Allah” (Al-Faraj, 1964:810).

**Kedua:** makna sikap *tabdzir* adalah menghambur-hamburkan yang menghabiskan harta. Ini adalah keterangan yang disampaikan Al-Mawardi. Abu Ubaidah mengatakan, “Orang yang *mubadzir* adalah orang yang berlebihan, yang menghabiskan dan menghancurkan harta” (Al-Faraj, 1964:810).

Sesuai dengan penjelasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa produk-produk yang cacat termasuk mubadzir. Hal ini dikarenakan dalam setiap produk cacat yang dibuang terdapat biaya produksi yang hilang sehingga termasuk dalam menghambur-hamburkan harta. Oleh karena itu diperlukan suatu pengendalian kualitas produksi untuk mengurangi jumlah produk yang cacat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan *Direct Fuzzy Approach* (DFA), proses produksi botol Jenewer MK di PT. IGLAS (Persero) Gresik pada periode produksi 7 Januari sampai 17 Februari 2014 masih belum terkendali secara statistik karena terdapat beberapa sampel data yang *out of control* dan *rather out of control*.
2. Grafik pengendali DFA dengan nilai  $\beta$  kurang dari 1 dapat memberikan alternatif keputusan yang bersifat linguistik yakni bukan hanya *in control* dan *out of control* saja melainkan juga dapat menghasilkan keputusan *rather in control* atau *rather out of control*. Hal ini dikarenakan pada metode *Fuzzy Midrange Transformation* nilai sampel diperoleh dengan mentransformasikannya ke dalam bilangan *crisp* sedangkan pada metode DFA data linguistik tidak ditransformasikan ke dalam nilai-nilai menggunakan *fuzzy* transformasi untuk menghindari hilangnya informasi yang terkandung dalam sampel *fuzzy*. Jadi pada grafik pengendali DFA baik sampel maupun batas kendali direpresentasikan dalam bilangan *fuzzy*. Pada penelitian ini grafik pengendali *Fuzzy Midrange Transformation* dan DFA dengan nilai  $\beta$  sebesar 1 mendeteksi dua subgrup data yang *out of control* yakni subgrup data ke-15 dan ke-40. Sedangkan ketika DFA dengan nilai  $\beta$

sebesar 0.7, pada subgrup ke-15 DFA menghasilkan keputusan *rather out of control* sedangkan pada subgrup ke-40 DFA menghasilkan keputusan *rather in control*.

3. Dalam konsep agama, produk yang cacat dapat dikategorikan sebagai mubadzir sebagaimana firman Allah Swt dalam al-Quran surat al-Israa' ayat 26-27 karena dalam produk yang cacat tersebut terdapat biaya produksi yang hilang sehingga ternasuk menghambur-hamburkan harta.

## 5.2 Saran

Metode pengendalian kualitas statistik terus berkembang sehingga disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan metode *fuzzy* lainnya dalam mengendalikan proses produksi baik botol maupun untuk produk lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Faroj, I.A.. 1964. *Zadul Masir Fi Ilmit Tafsir*. Lebanon: Dar Ibnu Hazm.
- Anonim. 2005. *Triangular Fuzzy Number*. [http://debian.fmi.uni-sofia.bg/FUZZY\\_BOOK/chap5-3.pdf](http://debian.fmi.uni-sofia.bg/FUZZY_BOOK/chap5-3.pdf). Diakses tanggal 1 Mei 2014.
- Ariani, D.W.. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi.
- Baits, A.N.. 2012. *Makna Mubadzir*. <http://www.konsultasisyariah.com/makna-mubadzir/>. Diakses tanggal 1 Agustus 2014.
- Bertousman. 2011. *Produktifitas dan Kualitas dalam Perspektif Islam*. <http://www.bertousman.wordpress.com/2011/06/24/produktifitas-dan-kualitas-dalam-perspektif-islam/>. Diakses tanggal 3 Agustus 2014.
- Chen, S.J. dan Hwang, C.L.. 1992. *Fuzzy Multi Attribute Decision Making and Applications*. Germany: Springer.
- Gulbay, M. dan Kahraman, C.. 2006. An alternative approach to fuzzy control chart: Direct fuzzy approach. *International Journal of Information Sciences*, Vol. 177 Hal. 1463-1480.
- Gulbay, M. dan Kahraman, C.. 2007. An Alternative Approach to Fuzzy ControlCharts: Direct Fuzzy Approach. *International Journal of Information Sciences*, Vol. 177 Hal. 1463-1480.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H.. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Kusumadewi, S. dan Hartati, S.. 2006. *Fuzzy Multi Attribute Decision Making (MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Montgomery, D.C.. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Munir, R.. 2005. *Matematika Diskrit*. Bandung: INFORMATIKA.
- Naba, A.. 2009. *Belajar Cepat FUZZY Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Raharja, B.S.. 2011. *Sustainability, Produktivitas, Inovasi dan Kualitas dari Sudut Pandang Al-Quran*.

<http://www.bayusindhurharja.wordpress.com/2011/produktivitasinovasi-dan-kualitas-dari-sudut-pandang-al-quran/>. Diakses tanggal 3 Agustus 2014.

Sugihartanti, I. 2012. *Pengontrolan Kualitas Produksi Botol Sting 240 ml di PT. IGLAS dengan Menggunakan Diagram Kontrol Fuzzy dan Direct Fuzzy Approach*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir ITS.

Wang, J.H. dan Raz, T.. 1990. On the Construction of Control Chart Using Linguistic Variables. *International Journal of Production Research*, Vol. 28 Hal. 477-487.



## Lampiran A. Data Kecacatan Produk Botol Jenever MK

Critical Defect			Mayor Defect							
Over press	Bird Swing	Sticky Plunger	Crack Und Ring	Bad Finish	Crack Body (P)	Chipped Finis	Crack Body	Crack Bottom	Crack Shoulder	Splith Finish
52	0	0	77	30	0	0	0	6	0	0
16	0	0	38	15	0	0	0	0	0	0
8	0	0	69	32	0	0	0	4	0	0
18	0	0	85	2	0	2	0	0	0	0
15	0	0	128	10	0	4	0	0	0	0
14	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0
8	0	2	73	6	0	0	0	0	0	0
36	0	0	90	54	0	0	0	0	0	0
36	0	0	118	18	0	0	4	0	0	0
14	0	0	97	37	0	4	0	0	0	0
18	0	0	130	37	2	0	0	0	0	0
20	0	0	99	40	0	0	0	0	0	2
17	0	0	68	32	6	24	0	0	0	0
10	0	0	65	39	0	0	0	4	0	0
57	0	0	59	199	0	0	0	0	0	0
34	0	0	118	32	0	0	0	0	4	0
6	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	130	36	0	0	0	2	0	0
39	0	0	124	4	6	6	0	2	0	0
32	0	0	177	0	2	0	0	0	0	0
16	0	0	118	0	2	0	0	0	0	0
14	0	0	70	0	2	4	0	0	0	0
8	4	0	100	0	10	0	0	2	0	0
10	0	0	136	0	11	0	0	0	0	0
14	0	0	151	0	1	0	0	0	0	0
32	0	0	124	0	8	0	4	2	0	0
28	0	0	35	4	0	0	26	0	0	0
36	0	0	71	0	4	0	3	0	8	0
12	0	0	38	0	0	2	0	0	0	0
46	0	0	68	7	0	0	0	0	0	0
0	5	0	17	2	0	4	6	0	2	0
6	0	0	74	5	0	0	0	0	0	0
34	0	0	51	9	0	0	0	0	0	0
56	0	0	24	10	0	0	2	0	0	0
18	0	0	38	29	5	2	0	0	0	0
16	0	0	85	60	0	5	4	0	0	0
38	0	0	58	32	0	2	6	0	0	0
45	0	0	73	10	0	0	8	0	0	0
14	0	0	69	20	0	0	6	0	0	0
80	0	0	67	17	8	0	0	0	0	0
28	0	0	67	34	25	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0

Minor Defect											
Loading Mark	Mold Seam	Bent Neck	Offsed Body	Bad Glass	Cold Mold	Blow pp Mark	Bad Forming	Sunken Body	Oval Body	Blank Seam	Sunken Shoulder
52	54	0	6	8	5	32	0	26	22	8	0
36	40	0	4	2	28	12	0	40	4	0	0
14	42	48	6	0	34	11	13	12	16	26	0
22	40	14	30	0	32	2	17	18	27	38	0
80	96	4	0	6	20	18	8	31	6	16	0
59	92	12	24	10	29	18	17	40	10	0	0
38	106	22	22	2	8	30	12	36	0	8	4
18	16	28	14	0	12	4	0	22	10	10	0
0	32	18	28	0	12	0	8	4	20	0	0
12	52	36	0	4	20	12	6	6	24	24	0
18	34	80	18	6	4	15	0	4	0	0	0
46	16	48	38	4	10	0	4	14	16	8	0
20	26	0	4	10	12	27	2	2	11	0	0
180	2	24	0	30	4	10	0	0	2	44	0
48	8	98	0	22	30	9	26	2	2	4	0
32	0	74	2	15	14	41	4	0	6	0	0
48	20	6	88	7	42	12	16	12	22	20	0
72	10	36	10	5	24	29	50	0	0	0	4
74	3	24	0	0	6	49	18	0	8	0	66
24	18	42	0	0	14	25	3	4	29	12	15
62	12	16	0	7	36	20	10	10	16	2	0
42	58	76	36	6	16	10	0	0	28	8	5
32	34	26	14	14	58	2	18	0	8	26	16
48	28	29	0	33	6	2	0	0	4	18	20
64	38	16	30	6	10	4	0	0	0	2	4
76	22	87	0	8	4	0	0	2	18	2	2
24	22	62	8	67	34	12	8	8	14	20	0
50	74	64	16	70	0	9	0	7	4	24	13
12	24	13	0	27	0	0	0	20	0	0	6
56	2	32	26	74	8	15	4	0	0	18	4
0	0	0	0	53	8	6	22	0	14	3	2
34	44	14	50	10	22	7	71	6	20	0	12
44	0	22	26	28	20	2	0	8	22	12	20
28	8	10	30	22	12	4	0	8	22	4	0
40	8	18	0	31	14	8	15	4	10	0	52
48	16	20	12	52	34	6	17	22	20	8	32
37	26	2	0	40	23	36	54	0	9	18	10
42	40	16	42	32	26	8	0	8	8	10	11
56	14	22	50	29	28	12	18	14	8	12	34
58	72	12	50	36	28	0	24	2	0	0	18
42	28	26	88	43	24	0	28	12	0	26	0
0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	19	4

Minor Defect									
Seam on Ring	Baffle Seam	Crizzle	Air Mark	Dirty Mold	Stuck Ware	Seam Und Ring	Seam Body	Bent Ring	Wrinkle
22	0	6	36	0	0	0	0	6	0
40	0	4	14	0	0	12	0	16	4
0	0	0	6	0	17	0	0	0	0
0	0	18	2	0	0	8	0	0	0
0	0	6	4	0	26	0	0	0	0
8	0	2	2	0	2	20	0	0	0
0	0	0	0	0	6	10	0	0	0
10	0	0	24	8	0	0	0	0	4
4	0	0	33	0	0	0	0	0	4
2	0	14	6	12	0	0	0	0	4
4	0	4	0	0	7	0	0	0	0
0	0	4	5	8	0	0	8	0	0
16	0	10	8	14	0	0	0	0	0
0	0	15	0	8	0	0	10	0	0
36	0	12	3	0	0	0	0	0	0
0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	8	0	0	2	0	0	0
0	0	0	15	4	0	0	0	0	0
0	0	6	5	0	0	0	0	0	0
0	2	5	0	0	4	0	0	0	0
0	0	12	4	18	0	0	0	0	10
0	10	32	0	0	0	8	2	0	10
0	0	10	0	1	0	0	4	0	4
4	0	18	4	0	0	0	0	0	4
10	10	4	0	4	0	4	0	0	0
5	28	11	0	2	0	0	0	0	0
40	40	0	2	0	3	6	8	0	0
0	18	4	0	0	2	0	4	0	0
0	6	2	0	0	0	0	0	0	0
16	4	8	0	14	6	0	0	0	0
8	10	14	0	4	0	2	0	0	4
0	4	26	0	0	0	0	0	0	6
0	0	6	0	0	4	4	0	0	0
16	4	0	0	0	0	0	4	0	0
4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
0	24	0	0	0	0	8	0	0	0
38	36	0	0	0	0	14	0	0	0
38	10	6	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	4	22	0	0	0	0	0
0	14	4	0	20	4	4	0	0	0
0	42	2	0	0	0	0	2	0	0
0	0	10	5	0	0	0	0	0	0



**Lampiran B. Data Kumulatif Masing-Masing Kelas Cacat Botol Jenever MK**

Subgrup	Sampel	minor	mayor	kritis
1	768	283	113	52
2	768	256	53	16
3	768	245	105	8
4	768	278	89	18
5	768	321	142	15
6	768	345	70	14
7	768	304	79	10
8	768	180	144	36
9	768	163	140	36
10	768	238	138	14
11	768	194	169	18
12	768	229	141	20
13	768	162	130	17
14	768	329	108	10
15	768	303	258	57
16	768	215	154	34
17	768	313	64	6
18	768	259	168	12
19	768	259	142	39
20	768	199	179	32
21	768	237	120	16
22	768	347	76	14
23	768	276	112	12
24	768	232	147	10
25	768	206	152	14
26	768	269	138	32
27	768	378	65	28
28	768	365	86	36
29	768	110	40	12

30	768	287	75	46
31	768	150	31	5
32	768	326	79	6
33	768	218	60	34
34	768	176	36	56
35	768	208	74	18
36	768	325	154	16
37	768	343	98	38
38	768	297	91	45
39	768	347	95	14
40	768	346	92	80
41	768	363	126	28
42	768	50	18	28



**Lampiran C. Fuzzy Number**

Subgrup	a	b	c	d	$a^a$	$d^a$
1	2.66	6.86	6.86	48.35	5.18	23.46
2	2.41	3.22	3.22	14.88	2.89	7.88
3	2.30	6.37	6.37	7.44	4.75	6.80
4	2.61	5.40	5.40	16.74	4.29	9.94
5	3.02	8.62	8.62	13.95	6.38	10.75
6	3.24	4.25	4.25	13.02	3.85	7.76
7	2.86	4.80	4.80	9.30	4.02	6.60
8	1.69	8.74	8.74	33.48	5.92	18.64
9	1.53	8.50	8.50	33.48	5.71	18.49
10	2.24	8.38	8.38	13.02	5.92	10.23
11	1.82	10.26	10.26	16.74	6.88	12.85
12	2.15	8.56	8.56	18.60	6.00	12.57
13	1.52	7.89	7.89	15.81	5.34	11.06
14	3.09	6.56	6.56	9.30	5.17	7.65
15	2.85	15.66	15.66	53.00	10.54	30.60
16	2.02	9.35	9.35	31.62	6.42	18.26
17	2.94	3.88	3.88	5.58	3.51	4.56
18	2.43	10.20	10.20	11.16	7.09	10.58
19	2.43	8.62	8.62	36.27	6.15	19.68
20	1.87	10.87	10.87	29.76	7.27	18.42
21	2.23	7.28	7.28	14.88	5.26	10.32
22	3.26	4.61	4.61	13.02	4.07	7.98
23	2.59	6.80	6.80	11.16	5.12	8.54
24	2.18	8.92	8.92	9.30	6.23	9.07
25	1.94	9.23	9.23	13.02	6.31	10.74

26	2.53	8.38	8.38	29.76	6.04	16.93
27	3.55	3.95	3.95	26.04	3.79	12.78
28	3.43	5.22	5.22	33.48	4.50	16.52
29	1.03	2.43	2.43	11.16	1.87	5.92
30	2.70	4.55	4.55	42.78	3.81	19.84
31	1.41	1.88	1.88	4.65	1.69	2.99
32	3.06	4.80	4.80	5.58	4.10	5.11
33	2.05	3.64	3.64	31.62	3.00	14.83
34	1.65	2.19	2.19	52.07	1.97	22.14
35	1.96	4.49	4.49	16.74	3.48	9.39
36	3.06	9.35	9.35	14.88	6.83	11.56
37	3.22	5.95	5.95	35.34	4.86	17.70
38	2.79	5.52	5.52	41.85	4.43	20.05
39	3.26	5.77	5.77	13.02	4.76	8.67
40	3.25	5.58	5.58	74.39	4.65	33.11
41	3.41	7.65	7.65	26.04	5.95	15.00
42	0.47	1.09	1.09	26.04	0.84	11.07

**Lampiran D.** Grafik Pengendali *Fuzzy Midrange Transformation*

<b>Subgrup</b>	<b>Sampel area</b>	<b>CL</b>	<b>LCL</b>	<b>UCL</b>	<b>Keputusan</b>
1	14.32	9.094	0.047	18.14	in control
2	5.39	9.094	0.047	18.14	in control
3	5.77	9.094	0.047	18.14	in control
4	7.11	9.094	0.047	18.14	in control
5	8.56	9.094	0.047	18.14	in control
6	5.80	9.094	0.047	18.14	in control
7	5.31	9.094	0.047	18.14	in control
8	12.28	9.094	0.047	18.14	in control
9	12.10	9.094	0.047	18.14	in control
10	8.08	9.094	0.047	18.14	in control
11	9.87	9.094	0.047	18.14	in control
12	9.29	9.094	0.047	18.14	in control
13	8.20	9.094	0.047	18.14	in control
14	6.41	9.094	0.047	18.14	in control
15	20.57	9.094	0.047	18.14	out of control
16	12.34	9.094	0.047	18.14	in control
17	4.04	9.094	0.047	18.14	in control
18	8.84	9.094	0.047	18.14	in control
19	12.91	9.094	0.047	18.14	in control
20	12.84	9.094	0.047	18.14	in control
21	7.79	9.094	0.047	18.14	in control
22	6.02	9.094	0.047	18.14	in control
23	6.83	9.094	0.047	18.14	in control
24	7.65	9.094	0.047	18.14	in control
25	8.53	9.094	0.047	18.14	in control

26	11.48	9.094	0.047	18.14	in control
27	8.29	9.094	0.047	18.14	in control
28	10.51	9.094	0.047	18.14	in control
29	3.90	9.094	0.047	18.14	in control
30	11.83	9.094	0.047	18.14	in control
31	2.34	9.094	0.047	18.14	in control
32	4.61	9.094	0.047	18.14	in control
33	8.92	9.094	0.047	18.14	in control
34	12.06	9.094	0.047	18.14	in control
35	6.43	9.094	0.047	18.14	in control
36	9.20	9.094	0.047	18.14	in control
37	11.28	9.094	0.047	18.14	in control
38	12.24	9.094	0.047	18.14	in control
39	6.72	9.094	0.047	18.14	in control
40	18.88	9.094	0.047	18.14	out of control
41	10.48	9.094	0.047	18.14	in control
42	5.96	9.094	0.047	18.14	in control

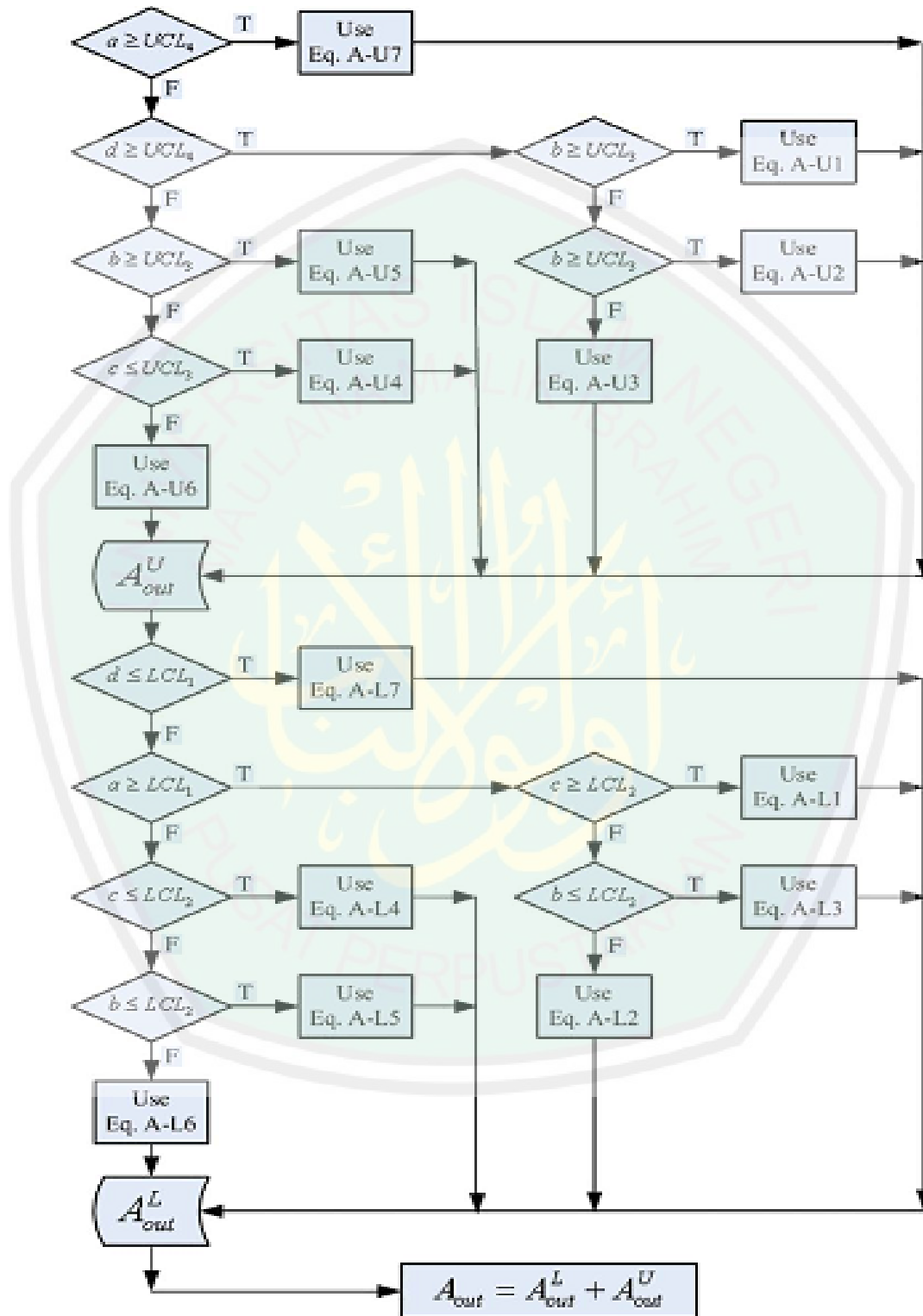
## Lampiran E. Grafik Pengendali DFA

Subgrup	Sampel area	Area out	$\beta_j$	Keputusan
1	3.66	0	100	in control
2	1.00	0	100	in control
3	0.41	0	100	in control
4	1.13	0	100	in control
5	0.87	0	100	in control
6	0.78	0	100	in control
7	0.52	0	100	in control
8	2.54	0	100	in control
9	2.56	0	100	in control
10	0.86	0	100	in control
11	1.19	0	100	in control
12	1.32	0	100	in control
13	1.14	0	100	in control
14	0.50	0	100	in control
15	4.01	1.52	62.12	rather out of control
16	2.37	0	100	in control
17	0.21	0	100	in control
18	0.70	0	100	in control
19	2.71	0	100	in control
20	2.23	0	100	in control
21	1.01	0	100	in control
22	0.78	0	100	in control
23	0.69	0	100	in control
24	0.57	0	100	in control
25	0.89	0	100	in control
26	2.18	0	100	in control
27	1.80	0	100	in control
28	2.40	0	100	in control
29	0.81	0	100	in control
30	3.21	0	100	in control
31	0.26	0	100	in control
32	0.20	0	100	in control
33	2.37	0	100	in control
34	4.03	0	100	in control
35	1.18	0	100	in control
36	0.95	0	100	in control
37	2.57	0	100	in control
38	3.12	0	100	in control
39	0.78	0	100	in control
40	5.69	0.93	83.66	rather in control

41	1.81	0	100	in control
42	2.05	0	100	in control



Lampiran F. Flowchart untuk Menghitung  $A_{out}$



**Lampiran G.** Persamaan untuk Menghitung Nilai  $A_{out}$ 

$$A_{out}^U = \frac{1}{2}[(d^\alpha - UCL_4^\alpha) + (d^t - UCL_4^t)](\max(t - \alpha, 0)) + \frac{1}{2}[(d^z - a^z) + (c - b)](\min(1 - t, 1 - \alpha)), \quad (A-U1)$$

dimana,

$$t = \frac{UCL_4 - a}{(b - a) + (c - b)} \text{ dan } z = \max(t, \alpha) \quad (A-U2)$$

$$A_{out}^U = \frac{1}{2}(d^\alpha - UCL_4^\alpha)(\max(t - \alpha, 0)) \quad (A-U3)$$

dimana,

$$t = \frac{UCL_4 - d}{(UCL_4 - UCL_3) - (d - c)} \quad (A-U4)$$

dimana,

$$A_{out}^U = \frac{1}{2}[(c - UCL_3) + (d^z - UCL_4^z)](\min(1 - t, 1 - \alpha)) \quad (A-U5)$$

$$+ \frac{1}{2}[(d^{z_1} - a^{z_1}) + (c - b)](\min(1 - t_1, 1 - \alpha))$$

dimana,

$$t_1 = \frac{UCL_4 - a}{(b - a) + (UCL_4 - UCL_3)}, \quad t_2 = \frac{UCL_4 - d}{(UCL_4 - UCL_3) - (d - c)},$$

$$z = \max(\alpha, t_1) \quad \text{dan} \quad z = \max(\alpha, t_2)$$

$$A_{out}^U = 0, \quad (A-U6)$$

$$A_{out}^U = \frac{1}{2}[(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha), \quad (A-U7)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[(LCL_1^\alpha - a^\alpha) + (LCL_1^t - a^t)](\max(t - \alpha, 0)) \quad (A-L1)$$

$$+ \frac{1}{2}[(d^z - a^z) + (c - b)](\min(1 - t, 1 - \alpha))$$

dimana,

$$t = \frac{d - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) + (d - c)} \quad \text{dan} \quad z = \max(\alpha, t)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha), \quad (A-L2)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[LCL_1^\alpha - a^\alpha + (LCL_2 - b)](1 - \alpha), \quad (A-L3)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[(LCL_1^{z_2} - a^{z_2}) + (LCL_1^{t_1} - a^{t_1})](\min(\max(t_1 - \alpha, 0), t_1 - t_2)) \quad (A-L4)$$

$$+ \frac{1}{2}[(d^{z_1} - a^{z_1}) + (c - b)](\min(1 - t, 1 - \alpha)),$$

$$t_1 = \frac{d - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) + (d - c)}, \quad t_2 = \frac{a - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) - (b - a)},$$

$$z_1 = \max(\alpha, t_1) \quad \text{dan} \quad z_2 = \max(\alpha, t_2)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[(LCL_1^z - a^z) + (LCL_2 - b)](\min(1 - t, 1 - \alpha)), \quad (A-L5)$$

dimana,

$$t = \frac{a - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) - (b - a)} \quad \text{dan} \quad z = \max(\alpha, t)$$

$$A_{out}^L = 0 \quad (A-L6)$$

$$A_{out}^L = \frac{1}{2}[(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha), \quad (A-L7)$$