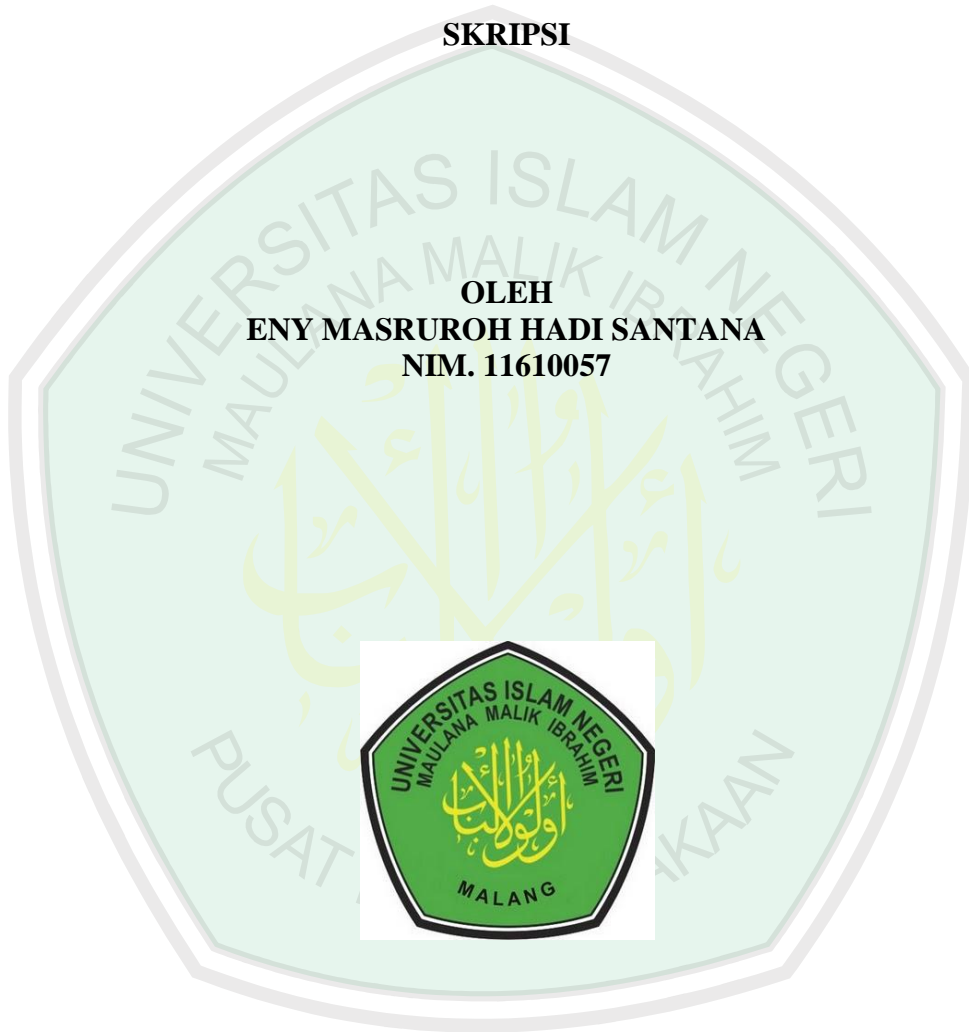


**PENGARUH GALAT PENGUKURAN PADA GRAFIK PENGENDALI  
KABUR  $\bar{X} - \bar{S}$**

**SKRIPSI**

**OLEH  
ENY MASRUROH HADI SANTANA  
NIM. 11610057**



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**PENGARUH GALAT PENGUKURAN PADA GRAFIK PENGENDALI  
KABUR  $\bar{X} - \bar{S}$**

**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  
Eny Masruroh Hadi Santana  
NIM. 11610057**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

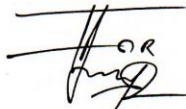
**PENGARUH GALAT PENGUKURAN PADA GRAFIK PENGENDALI  
KABUR  $\bar{X} - \bar{S}$**

**SKRIPSI**

**Oleh  
Eny Masruroh Hadi Santana  
NIM. 11610057**

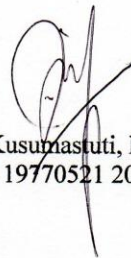
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal 16 Mei 2016

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si  
NIP. 19770521 200501 2 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd

NIP. 19751006 200312 1 001

**PENGARUH GALAT PENGUKURAN PADA GRAFIK PENGENDALI  
KABUR  $\bar{X} - \bar{S}$**

**SKRIPSI**

**Oleh**  
**Eny Masruroh Hadi Santana**  
**NIM. 11610057**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 6 Juni 2016

Penguji Utama : Dr. Sri Harini, M.Si

Ketua Penguji : Evawati Alisah, M.Pd

Sekretaris Penguji : Fachrur Rozi, M.Si

Anggota Penguji : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

.....  
.....  
.....  
.....

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd

NIP. 19751006 200312 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eny Masruroh Hadi Santana

NIM : 11610057

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Pengaruh Galat Pengukuran pada Grafik Pengendali Kabur  $\bar{X} - \bar{S}$   
menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan 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, 16 Mei 2016  
Yang membuat pernyataan,



Eny Masruroh Hadi Santana  
NIM. 11610057

## MOTO

وَمَنْ جَاهَدَ فَإِنَّمَا يُجَاهِدُ لِنَفْسِهِ إِنَّ اللَّهَ لَغَنِيٌّ عَنِ الْعَالَمِينَ

*“Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan itu adalah untuk dirinya sendiri”*

*(QS. al-Ankabut/29:6)*

*“As ant does a million steps to get sugar”*

*(Anonymous)*



## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Hadisun, S.Ag., M.Pd dan Ibu Sutina, adik-adik tersayang, Moh. Firdaus Hadi Santana dan Taufiqurrohman Hadi Santana yang selalu memberikan doa dan semangat yang berarti bagi penulis



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sekaligus menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Galat Pengukuran pada Grafik Pengendali Kabur  $\bar{X} - \bar{S}$* ” ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jaza kumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd selaku ketua Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Fachrur Rozi, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan pengalaman yang berharga kepada penulis.

6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Orang tua, adik-adik, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa dan motivasi yang tiada henti kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman di Jurusan Matematika angkatan 2011, terima kasih atas kenangan indah yang dirajut bersama dalam menggapai cita-cita.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materiil maupun moril.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas atau bahkan hikmah bagi penulis maupun pembaca.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, Mei 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGAJUAN</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 TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>ملخص</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 .....	
Latar Belakang .....	1
1.2 .....	
Rumusan Masalah .....	5
1.3 .....	
Tujuan Penelitian .....	5
1.4 .....	
Manfaat Penelitian .....	5
1.5 .....	
Batasan Masalah .....	6
1.6 .....	
Metode Penelitian .....	6
1.7 .....	
Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Ekspektasi dan Varian .....	9
2.2 Pengendalian Kualitas Proses Statistik .....	12
2.3 Grafik Pengendali .....	14
2.4 Grafik Pengendali untuk Variabel .....	16

2.5	<i>Average Run Length (ARL)</i> .....	20
2.6	Galat Pengukuran ( <i>Measurement Error</i> ) .....	21
2.7	Bilangan Kabur .....	24
2.8	Fungsi Keanggotaan .....	25
2.9	Teknik Transformasi Kabur .....	27
2.10	Grafik Pengendali Kabur $\bar{X} - S$ .....	28
2.11	Kajian Agama tentang Pengendalian Kualitas .....	31

### **BAB III PEMBAHASAN**

3.1	Parameter Galat Pengukuran yang Sesuai untuk Grafik Pengendali $\bar{X}$ Berdasarkan Standar Deviasi .....	35
3.2	Representasi Bilangan Kabur untuk Sampel Pengamatan Berdasarkan Fungsi Keanggotaan Kurva Segitiga .....	38
3.3	Batas-Batas Grafik Pengendali Kabur $\bar{X}$ Berdasarkan Standar Deviasi .....	40
3.4	Penentuan ARL pada Grafik Pengendali Kabur .....	44
3.5	Perhitungan ARL .....	45
3.6	Simulasi ARL .....	49
3.7	..... Meng	
	analisis Pengaruh dari Galat Pengukuran Terhadap Nilai ARL .....	50
3.8	Kajian Agama tentang Kualitas .....	51

### **BAB IV PENUTUP**

4.1	..... Kes	
	impulan .....	54
4.2	..... Sara	
	n .....	54

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	55
-----------------------------	----

### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

### **RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh Data yang Dibangkitkan Menggunakan MATLAB .....	45
Tabel 3.2 Estimasi Nilai ARL dengan Nilai Ratio $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$ Meningkat, dengan <b>A = 0</b> dan <b>B = 1</b> .....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Pengendali .....	14
Gambar 2.2 Representasi Kurva Segitiga .....	25
Gambar 2.3 Representasi Sampel Bilangan Kabur Segitiga .....	28



## DAFTAR SIMBOL

$UCL_{\bar{X}}$	: Batas pengendali atas dari grafik pengendali $\bar{X}$
$U\tilde{C}L_{\bar{X}}$	: Batas pengendali atas kabur dari grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$UCL_{mr-\bar{X}}$	: Nilai transformasi nilai tengah kabur untuk batas kendali atas untuk grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$CL_{\bar{X}}$	: Garis tengah dari grafik pengendali $\bar{X}$
$\tilde{C}L_{\bar{X}}$	: Garis tengah kabur dari grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$CL_{mr-\bar{X}}$	: Nilai transformasi nilai tengah kabur untuk garis tengah grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$LCL_{\bar{X}}$	: Batas pengendali bawah dari grafik pengendali $\bar{X}$
$L\tilde{C}L_{\bar{X}}$	: Batas pengendali bawah kabur dari grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$LCL_{mr-\bar{X}}$	: Nilai transformasi nilai tengah kabur untuk batas kendali bawah grafik pengendali kabur $\tilde{\bar{X}}$
$E[X]$	: Ekspektasi dari $X$
$Var(X)$	: Varian dari $X$
$S_j$	: Standar deviasi dari sampel pada pengamatan ke- $j$
$\tilde{S}_j$	: Standar deviasi kabur dari sampel pada pengamatan ke- $j$
$\bar{S}$	: Rata-rata dari standar deviasi
$\tilde{\bar{S}}$	: Rata-rata dari standar deviasi kabur
$\bar{S}_{mr}$	: Nilai transformasi nilai tengah kabur untuk rata-rata standar deviasi
$\tilde{X}_{ij}$	: Bilangan kabur $\tilde{\bar{X}}$ sampel ke- $i$ pada pengamatan ke- $j$
$\bar{X}$	: Rata-rata dari sampel pengamatan
$\tilde{\bar{X}}_j$	: Bilangan kabur yang menyatakan rata-rata sampel pada pengamatan ke- $j$

- $\bar{\bar{X}}$  : Rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel pengamatan
- $\bar{X}$  : Bilangan kabur yang menyatakan rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel
- $s_{mr-\bar{Y}_j}^\alpha$  : Sampel statistik berdasarkan  $\alpha$ -cut midrange
- $Pr(signal)$  : Peluang sinyal muncul ketika nilai tengah mengalami *shift* (pergeseran) dari  $\mu$  ke  $\mu'$



## ABSTRAK

Santana, Eny Masruroh Hadi. 2016. **Pengaruh Galat Pengukuran Pada Grafik Pengendali Kabur  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{S}$** . Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Fachrur Rozi, M.Si. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

**Kata Kunci:** pengendalian kualitas statistik, grafik pengendali untuk variabel, grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{S}$ , bilangan kabur segitiga, *Average Run Length*, galat pengukuran

Grafik pengendali kabur merupakan salah satu konsep penggabungan antara metode statistika dan teori himpunan kabur yang dapat digunakan untuk mengendalikan proses produksi. Perusahaan dalam setiap produksinya selalu mencegah adanya variabilitas. Variabilitas sendiri adalah kesalahan yang terjadi saat proses produksi. Salah satu penyebab terjadinya variabilitas adalah adanya nilai varian dari galat pengukuran. Salah satu cara untuk melihat keefektivan dari suatu grafik pengendali adalah dengan menggunakan estimasi *Average Run Length* (ARL).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh galat pengukuran terhadap keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{S}$  berdasarkan perhitungan nilai ARL. Dalam mendeteksi keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{S}$  diperlukan untuk merepresentasikan sampel ke bilangan kabur berdasarkan fungsi keanggotaan kurva segitiga. Selanjutnya digunakan teknik tingkat  $\alpha$  nilai tengah kabur untuk menentukan batas-batas grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}}$  berdasarkan standar deviasi. Kemudian mendeteksi grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}}$  berdasarkan standar deviasi dengan cara mengestimasi nilai ARL dengan melakukan simulasi. Adapun hasil simulasi terhadap nilai ARL dapat dianalisis bahwa ketika *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat pada saat nilai *shift* yang sama maka nilai ARL semakin kecil. Perubahan nilai ARL yang semakin kecil tersebut menunjukkan bahwa adanya penurunan keefektivan dari grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}}$  berdasarkan standar deviasi.

## ABSTRACT

Santana, Eny Masruroh Hadi. 2016. **The Effect of Measurement Error on Fuzzy Control Chart  $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$** . Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Fachrur Rozi, M.Si. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

**Keyword:** statistical quality control, control chart for variable, fuzzy control chart  $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$ , triangular fuzzy function, Average Run Length, measurement error

Fuzzy control chart is one of the concepts obtained from a combination of statistical methods and fuzzy set theory that can be used to control the production process. Companies in its production is always prevent a variability. A variability is an error that occurs during the production process. One reason why variability appears is the value of the variance of the measurement error. One way to look at the effectiveness of a control chart is by using the estimated Average Run Length (ARL).

The purpose of this study was to determine the effect of measurement error on the effectiveness of fuzzy control chart  $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$  based on the calculation of the value of ARL. Effectiveness in detecting fuzzy control chart  $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$  needed to represent the number of samples to fuzzy number by the membership function of the triangle curve. Furthermore, the  $\alpha$ -cut fuzzy midrange technique is used to determine the limits of  $\tilde{\bar{X}}$  fuzzy control chart based on the standard deviation. Then fuzzy control chart based on the standard deviation of  $\tilde{\bar{X}}$  is detected estimating the value of ARL by simulation. The results of the simulation of the ARL values can be analyzed an obtained that when the ratio  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  increases at the same shift, the value ARL is decreases. The changes of the value of ARL indicate that a decrease in the effectiveness of  $\tilde{\bar{X}}$  fuzzy control chart based on the standard deviation.

## ملخص

سانتانا، عيني مسرورة هادي. 6 201. تأثير خطأ قياس لتحكم الرسومات في غامض  $\bar{X} - \bar{S}$  بحث جامعي. شعبة الريا ضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالنج. المشرف: (1) فخر الرازي، الماجستير. (2) أرى كوسوماستوتي، الماجستير.

كلمات الرئيسية: مراقبة الجودة الإحصائية والرسوم البيانية لمراقبة المتغيرات، ومراقبة غامض الرسم البياني  $\bar{X} - \bar{S}$ ، أرقام غامض الثلاثي، *Average Run Length*، خطأ القياس

مخطط الرقابة غامضي هو مفهوم واحد لعملية اندماج بين الطرائق الإحصائية ونظرية المجموعات الضبابية التي يمكن استخدامها للتحكم في عملية الإنتاج. الشركات في كل الإنتاج لمنع التغيير دائما، والتغيير في حد ذاته هو الخطأ الذي يحدث أثناء عملية الإنتاج مصدر واحد من التقلبات هي قيمة الفرق من أخطاء القياس. طريقة واحدة للنظر في فعالية الرسم البياني لسيطرة هو استخدام ما يقدر ARL.

وكان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير خطأ القياس على فعالية رسم الرقابة غامض  $\bar{X} - \bar{S}$  يقوم على احتساب قيمة ARL. فعالية في الكشف عن رسم غامض عنصر التخطيط  $\bar{X} - \bar{S}$  اللازمة لتمثيل عدد من العينات لتشغيل بعيدا عن دالة عضوية منحنى مثلث. وعلاوة على ذلك، يتم استخدام تقنية المستوى  $\alpha$  وسط قيمة الغامضة لتحديد حدود مخطط الرقابة الضبابية  $\bar{X}$  على أساس الانحراف المعياري. ثم كشف مخطط الرقابة غامض على أساس الانحراف المعياري  $\bar{X}$  عن طريق تقدير قيمة ARL عن طريق المحاكاة. نتائج محاكاة القيم ARL يمكن تحليل ذلك عندما  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  الزيادات، فكانت قيمة ARL أصغر. عندما يزيد قيمة التحول، قيمة ARL أقل. التغيرات في قيمة ARL أصغر تشير إلى أن الانخفاض في فعالية تحكم الرسم ا غامض  $\bar{X}$  على أساس الانحراف المعياري.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Allah Swt. berfirman di dalam al-Quran surat asy-Syu'ara/26:181-183, yaitu:

أَوْفُوا الْكَيْلَ وَلَا تَكُونُوا مِنَ الْمُخْسِرِينَ ﴿١٨١﴾ وَزِنُوا بِالْقِسْطَاسِ الْمُسْتَقِيمِ ﴿١٨٢﴾ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿١٨٣﴾

*“Sempurnakanlah takaran dan janganlah kamu termasuk orang-orang yang merugikan. Dan timbanglah dengan timbangan yang lurus. Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan” (QS. asy-Syu'ara/26:181-183).*

Dalam ayat tersebut dapat dijelaskan bahwa Allah Swt. memerintahkan kepada hamba-Nya untuk menyempurnakan takaran agar tidak ada manusia yang dirugikan akan hak-haknya. Sama halnya dalam bidang industri baik manufaktur ataupun jasa, bahwa produsen harus memproduksi barang dan memberikan jasa dengan baik, teliti, dan kokoh agar konsumen mendapatkan kepuasan akan barang atau jasa yang disediakan. Menyempurnakan takaran atau ukuran dalam bidang industri manufaktur maupun jasa juga sama pentingnya untuk diperhatikan agar terpenuhinya kepuasan konsumen.

Kualitas menentukan baik atau kurang baiknya suatu produk jasa ataupun benda. Kualitas menjadi topik yang menarik di kalangan pebisnis, karena kualitas mempengaruhi suatu perusahaan atau organisasi, khususnya yang bergerak di bidang industri manufaktur ataupun jasa. Menurut Goetch dan Davis dalam Kotler (2003), kualitas produk adalah kemampuan suatu barang untuk memberikan hasil atau kinerja yang sesuai atau melebihi dari apa yang diinginkan pelanggan.

Konsep kualitas harus menyeluruh, baik produk maupun prosesnya. Kualitas produk meliputi kualitas bahan baku dan barang jadi, sedangkan kualitas proses meliputi kualitas segala sesuatu yang berhubungan dengan proses produksi perusahaan manufaktur dan proses penyediaan jasa atau pelayanan bagi perusahaan jasa (Ariani, 2004). Perusahaan dalam setiap produksinya selalu mencegah adanya variabilitas yang terjadi dalam prosesnya agar menghasilkan produk yang dijadikan standar oleh perusahaan tersebut.

Variabilitas adalah kesalahan atau gangguan yang terjadi selama proses produksi, atau dapat dikatakan ada proses yang tidak terkendali. Untuk membantu masalah variabilitas ini, maka dikenalkan suatu konsep statistik yang dinamakan *Statistical Process Control* (SPC), tujuannya adalah untuk mengurangi variabilitas yang terjadi dan membuat proses dalam keadaan terkendali.

Salah satu teknik pengendalian proses adalah dengan menggunakan grafik pengendali. Grafik pengendali dapat digunakan untuk menaksir parameter suatu proses produksi, dan melalui informasi ini dapat menentukan kemampuan suatu proses. Grafik pengendali dapat juga memberi informasi yang berguna dalam meningkatkan proses. Grafik pengendali pertama dikenalkan oleh Shewhart, dan disebut dengan grafik pengendali klasik. Grafik pengendali dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe umum, yaitu grafik pengendali untuk sifat (atribut) dan grafik pengendali untuk variabel. Grafik pengendali klasik untuk atribut yang sering digunakan adalah grafik pengendali ketidaksesuaian dan grafik pengendali kecacatan. Sedangkan grafik pengendali klasik untuk variabel yang sering digunakan adalah grafik pengendali  $\bar{X} - R$  dan grafik pengendali  $\bar{X} - S$  (Montgomery, 1996).

Dalam grafik pengendali terdapat batas-batas pengendali, yaitu batas pengendali atas, garis tengah, dan batas pengendali bawah. Ketiga batas pengendali tersebut biasanya diwakili oleh nilai-nilai numerik. Namun di era yang modern ini, permasalahan yang terjadi di kehidupan sehari-hari semakin kompleks. Kadang nilai-nilai numerik mengalami ketidakpastian yang dapat disebabkan oleh banyak hal, salah satunya adalah kesalahan operator. Untuk menangani masalah ketidakpastian itu diperkenalkan suatu konsep yang dinamakan himpunan kabur. Konsep himpunan kabur ini sendiri pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh pada tahun 1965.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggabungkan konsep himpunan kabur dengan konsep pengendalian kualitas statistika dengan menggunakan grafik pengendali dikembangkan oleh Senturk dan Erginel (2009) dengan membangun grafik pengendali kabur  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{R}$  dan  $\bar{\tilde{X}} - \tilde{S}$ . Kaya dan Kahraman (2011) memperkenalkan dua struktur yang berbeda dari grafik pengendali untuk memonitoring proses dengan menggunakan bilangan kabur.

Salah satu yang menjadi penyebab terjadinya variabilitas adalah adanya nilai varian dari galat pengukuran, semakin besar nilai variannya maka variabilitasnya juga semakin besar. Beberapa penelitian sebelumnya yang meneliti tentang pengaruh galat pengukuran dalam grafik pengendalian kualitas dikembangkan oleh Bennet (1954) mengusulkan bahwa nilai varian dari galat pengukuran ( $\sigma_m^2$ ) dapat dianggap sepele jika nilai varian dari galat pengukuran lebih kecil dari pada nilai varian dari proses ( $\sigma_p^2$ ). Kanazuka (1986) mempelajari grafik pengendali  $\bar{X} - R$  ketika galat pengukuran mempengaruhi sistem, Kanazuka menunjukkan bahwa varian yang signifikan dari galat pengukuran

dapat mengurangi keefektifitasan dari grafik pengendali, dan disarankan bahwa sampel yang lebih banyak dapat mengatasi masalah tersebut. Walden (1990) mengukur keefektifitasan grafik pengendali  $\bar{X}$ ,  $R$ , dan  $\bar{X} - R$  menggunakan *Average Run Length* (ARL) ketika galat pengukuran mempengaruhi suatu sistem. Linna (1991) mempelajari pengaruh dari peningkatan nilai varian dari perhitungan galat dan kelandaian dari model kovariat pada grafik pengendali Shewhart. Maravelakis, dkk (2004) mempelajari pengaruh galat pengukuran pada grafik pengendali EWMA. Moameni dan Saghaei (2012) meneliti tentang pengaruh galat pengukuran pada grafik pengendali kabur  $\tilde{X} - \tilde{R}$ .

Menurut Linna dan Woodall (2001) dalam penelitiannya tentang pengaruh galat pengukuran pada grafik pengendali Shewhart dikatakan variabel  $X$  dimonitoring melalui beberapa proses pengukuran, dan variabel  $Y$  adalah variabel untuk pengamatan yang sebenarnya. Diasumsikan bahwa hubungan antara variabel  $X$  dan variabel  $Y$  adalah linier, dan dituliskan dengan persamaan sebagai berikut

$$Y = A + BX + \varepsilon$$

di mana  $A$  dan  $B$  adalah parameter yang menentukan bagaimana  $X$  berhubungan dengan  $Y$ , sedangkan  $A$  dan  $B$  adalah konstan serta  $\varepsilon$  adalah galat yang terjadi dalam sistem pengukuran yang tidak terikat pada variabel  $X$  dan berdistribusi normal dengan nilai tengah adalah 0 dan diketahui varian dari perhitungan galat adalah  $\sigma_m^2$ .

Penelitian yang dilakukan Moameni dan Saghaei (2012) disimpulkan bahwa keefektifitasan dari grafik pengendali kabur untuk  $\tilde{X} - \tilde{R}$  dalam mendeteksi

pergeseran nilai tengah dihitung menggunakan ARL. Dalam penelitiannya, digunakan persamaan linier dalam penelitian yang dilakukan Linna dan Woodal (2001).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dikembangkan, khususnya penelitian yang dilakukan Moameni dan Saghaei (2012), serta Linna dan Woodal (2001) penulis tertarik untuk menghitung nilai ARL untuk memperoleh pengaruh galat pengukuran terhadap keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}} - \bar{S}$ . Sehingga judul skripsi ini adalah “Pengaruh Galat Pengukuran pada Grafik Pengendali Kabur  $\bar{\bar{X}} - \bar{S}$ ”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh galat pengukuran terhadap keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}} - \bar{S}$  berdasarkan perhitungan nilai ARL?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini yaitu untuk memperoleh pengaruh galat pengukuran terhadap keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}} - \bar{S}$  berdasarkan perhitungan nilai ARL.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang berupa pembahasan masalah ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Bagi Penulis

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu agar penulis mengetahui bagaimana pengaruh galat pengukuran terhadap keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{X} - S$  berdasarkan perhitungan nilai ARL.

## 2. Bagi Lembaga

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang cara menentukan karakteristik kualitas produk dengan menggunakan grafik pengendali kabur untuk variabel.

### 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian ini, pembatasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Grafik pengendali yang diteliti adalah grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi.
2. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi keanggotaan kurva segitiga.
3. Teknik transformasi yang digunakan untuk mempresentasikan bilangan kabur adalah teknik  *$\alpha$ -level fuzzy midrange*.
4. Untuk mendeteksi keefektivan dari grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi, penulis melakukan estimasi nilai ARL dengan melakukan simulasi, di mana beberapa nilai parameter dari  $n$ ,  $A$ ,  $\mu_0 - \mu'$  dan  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  ditentukan oleh penulis.

## 1.6 Metode Penelitian

Untuk membahas pengaruh perhitungan galat pada grafik pengendali kabur  $\tilde{X} - \tilde{S}$  ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, maka metode yang dilakukan adalah metode *library research* dengan mengumpulkan literatur-literatur yang berhubungan dengan tema penelitian, di antaranya tentang grafik pengendali, *measurement error*, ARL, fungsi keanggotaan, teknik transformasi dan lain sebagainya.

Selain *library research*, selanjutnya akan dilakukan pendekatan kuantitatif, adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut,

1. Merepresentasikan bilangan kabur untuk sampel pengamatan berdasarkan fungsi keanggotaan kurva segitiga.
2. Mentransformasikan semua nilai data ke bilangan kabur  $(Y_a, Y_b, Y_c)$ .
3. Menentukan batas-batas pengendali kabur dari  $\tilde{X}$  berdasarkan standar deviasi dengan metode  *$\alpha$ -level fuzzy midrange*.
4. Mendeteksi keefektivan grafik pengendali kabur  $\tilde{X}$  berdasarkan standar deviasi dengan cara mengestimasi nilai ARL dengan melakukan simulasi, dengan perlakuan ketika *ratio* dari  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat dan *shift* meningkat. Adapun langkah-

langkah simulasi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan banyaknya *looping* untuk simulasi.
  - b. Membangkitkan data  $X$  secara *random*.
  - c. Membangkitkan data  $Y$  sesuai persamaan kovariat  $Y = A + BX + \varepsilon$ .
  - d. Menghitung semua nilai rata-rata, standar deviasi,  $z_u, z_l$ , hingga ARL.
5. Menganalisis pengaruh dari galat pengukuran terhadap nilai ARL.

6. Menarik kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Agar dapat membaca hasil penelitian ini, maka dalam penyajiannya ditulis berdasarkan suatu sistematika yang secara garis besar dibagi menjadi empat bab, yaitu:

#### Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

#### Bab II Kajian Pustaka

Bab ini memaparkan teori-teori yang mendukung dalam skripsi ini yaitu teori tentang pengendalian kualitas proses statistik, grafik pengendali, grafik pengendali rata-rata dan standar deviasi, ARL, *measurement error*, bilangan kabur, fungsi keanggotaan kabur, serta teknik transformasi kabur.

#### Bab III Pembahasan

Bab ini membahas bagaimana mendeteksi keefektivan grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi dengan estimasi nilai ARL dengan melakukan simulasi.

#### Bab IV Penutup

Bab ini memaparkan hasil dari pembahasan berupa kesimpulan dan saran.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Ekspektasi dan Varian

Ekspektasi atau rata-rata adalah suatu konsep penting dalam teori dasar statistika. Jika  $X$  adalah sebarang variabel *random* dengan  $X$  kontinu dan fungsi peluang  $f_X(x)$ , maka ekspektasi dari variabel *random*  $X$  dinotasikan  $E(X)$  dengan  $E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx$ . Sedangkan jika  $X$  diskrit dengan fungsi peluang  $P_X(x)$  maka

$$E[X] = \sum_{x \in X} x f_X(x)$$

Jika  $c$  suatu tetapan dan  $g(x), g_1(x), g_2(x)$  adalah suatu fungsi, maka sifat-sifat ekspektasi adalah sebagai berikut:

1.  $E(c) = c$
2.  $E(cg(X)) = cEg(X)$
3.  $E(g_1(X) + g_2(X)) = Eg_1(X) + Eg_2(X)$
4.  $Eg_1(X) \leq Eg_2(X)$  jika  $g_1(x) \leq g_2(x)$  untuk semua  $x$
5.  $|Eg(X)| \leq E|g(X)|$

Varian biasa dituliskan  $\sigma^2(X)$  atau hanya  $\sigma^2$ . Sedangkan akar positif dari  $\sigma^2$  disebut simpangan baku dari  $X$  dan sering dituliskan  $\sigma(X)$ .

$$\begin{aligned} \text{Var}(X) &= E(X - EX)^2 \\ &= E\{X^2 - 2XEX + (EX)^2\} \\ &= EX^2 - 2(EX)^2 + (EX)^2 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$= EX^2 - (EX)^2$$

dan

$$\begin{aligned} \text{Var}(aX + b) &= E[(aX + b) - E(aX + b)]^2 \\ &= E[a(X - EX)]^2 \\ &= a^2 E(X - EX)^2 \\ &= a^2 \text{Var}(X) \end{aligned} \tag{2.2}$$

(Dudewicz dan Mishra, 1995).

**Teorema 2.1.1** Misalkan  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  adalah sampel acak dari peubah acak

$X$  dengan rata-rata  $\mu$  dan varian  $\sigma^2$ . Jika  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  maka

$$E[\bar{X}] = \mu \tag{2.3}$$

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{2.4}$$

(Dudewicz dan Mishra, 1995).

Bukti:

Akan dibuktikan jika  $E[\bar{X}] = \mu$ , maka

$$E[\bar{X}] = E \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right]$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E[X_i]$$

$$= \frac{1}{n} n(\mu)$$

$$= \mu$$

Kemudian akan dibuktikan jika  $\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , maka

$$\text{Var}(\bar{X}) = \text{Var}\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n X_i\right]$$

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^n \text{Var}(X_i)$$

$$= \frac{1}{n^2}n(\sigma^2)$$

$$= \frac{\sigma^2}{n}$$

$$= \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Sehingga terbukti jika  $E[\bar{X}] = \mu$  dan  $\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

**Definisi 2.1.2** Suatu barisan distribusi gabungan peubah acak  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  dengan rata-rata dan varian yang berhingga dikatakan memenuhi teorema limit pusat jika  $Z_n$  yang didefinisikan sebagai berikut

$$Z_n = \frac{S_n - E(S_n)}{\sigma(S_n)}, \quad S_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

konvergen ke dalam distribusi suatu peubah acak yang berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian 1 (Dudewicz dan Mishra, 1995).

**Teorema 2.1.3 (Teorema Limit Pusat)** Misalkan  $X_1, X_2, \dots, X_n$  adalah peubah acak bebas yang berdistribusi normal dengan  $E[X_n] = \mu$  dan  $\text{Var}[X_n] = \sigma^2 > 0$  di mana  $i = 1, 2, \dots, n$ . Maka untuk semua  $-\infty < z < \infty$ , jika  $n \rightarrow \infty$ ,

$$P\left[\frac{(X_1 - \mu + \dots + X_n - \mu)}{\sqrt{n}\sigma} < z\right] \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2}y^2} dy$$

atau dapat dituliskan

$$Z_n = \frac{\sqrt{n}(\bar{X}_n - \mu)}{\sigma} \rightarrow \sim N(0,1)$$

(Dudewicz dan Mishra, 1995).

Bukti:

Akan dibuktikan jika  $Z_n \rightarrow \sim N(0,1)$ , dan

$$S_n = \bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

maka berdasarkan teorema 2.1.1 yang membuktikan bahwa  $E[\bar{X}_n] = \mu$  dan

$Var(\bar{X}_n) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , akan diperoleh

$$\begin{aligned} Z_n &= \frac{\sqrt{n}(\bar{X}_n - \mu)}{\sigma} \\ &= \frac{\bar{X}_n - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \\ &= \frac{\bar{X}_n - E[\bar{X}_n]}{\sqrt{Var(\bar{X}_n)}} \\ &= \frac{S_n - E[S_n]}{\sqrt{Var(S_n)}} \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan definisi 2.1.2, maka terbukti jika  $Z_n \rightarrow \sim N(0,1)$ .

## 2.2 Pengendalian Kualitas Proses Statistik

Pengendalian kualitas proses statistik (*statistical process control*) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pemonitor, pengendali, penganalisis, pengelola, dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistik. Pengendalian proses statistik merupakan penerapan metode-metode statistik untuk pengukuran dan analisis variasi proses. Teknik ini menerapkan parameter-parameter pada proses dan analisis proses. Dengan menggunakan pengendalian kualitas statistik ini maka dapat dilakukan analisis

dan minimasi penyimpangan atau kesalahan, mengkuantifikasikan kemampuan proses menggunakan pendekatan statistik dengan dasar *six-sigma*, dan membuat hubungan antara konsep dan teknik yang ada untuk mengadakan perbaikan proses. Sasaran pengendalian kualitas statistik yang utama adalah untuk mengurangi adanya variasi atau kesalahan-kesalahan proses. Selain itu, tujuan utama dalam pengendalian proses statistik adalah mendeteksi adanya penyebab khusus (*assignable cause* atau *special cause*) dalam variasi atau kesalahan proses melalui analisis data dari masa lalu maupun masa mendatang (Ariani, 2004).

Macam-macam variabilitas yang lain kadang-kadang dapat timbul dalam hasil suatu proses. Variabilitas ini dalam karakteristik kualitas biasanya timbul dari tiga sumber, yaitu mesin yang dipasang dengan tidak wajar, kesalahan operator, dan bahan baku yang cacat. Variabilitas seperti itu umumnya besar apabila dibandingkan dengan gangguan dasar dan biasanya merupakan tingkat yang tidak dapat diterima dalam peranan proses. Sumber-sumber variabilitas yang bukan bagian dari pola sebab tak terduga dinamakan sebab-sebab terduga. Suatu proses yang bekerja dengan adanya sebab-sebab terduga dikatakan proses dalam keadaan tidak terkendali (Montgomery, 1996).

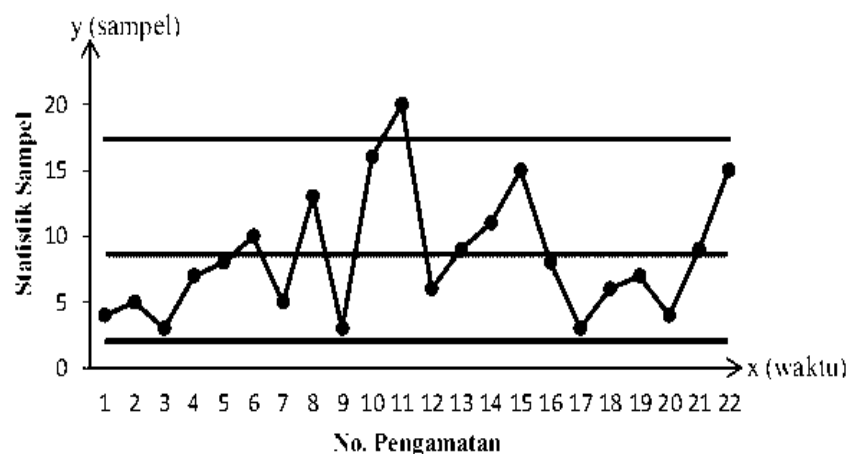
Tujuan pokok pengendalian kualitas statistik adalah menyidik dengan cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sehingga penyelidikan terhadap proses tersebut dan tindakan pembetulan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi (Grant, 1993).

Untuk menentukan apakah proses berada dalam keadaan terkendali atau tidak, dalam pengendalian proses statistik terdapat alat yang disebut grafik pengendali (*control chart*) yang merupakan gambar sederhana dengan tiga garis,

di mana garis tengah disebut garis pusat (*center line*) yang merupakan target nilai pada beberapa kasus dan kedua garis lainnya merupakan batas pengendali atas dan bawah (Caulcutt, 1996).

### 2.3 Grafik Pengendali

Grafik pengendali adalah alat untuk menggambarkan dengan cara yang tepat apa yang dimaksudkan dengan pengendalian statistik. Dalam banyak penerapan, grafik pengendali digunakan untuk mengawasi proses pada jalur, yakni data sampel dikumpulkan dan digunakan untuk membentuk grafik pengendali dan apabila nilai sampel  $\bar{x}$  jatuh di dalam batas-batas pengendali dan tidak memperlihatkan sesuatu pola yang sistematis, dapat dikatakan proses dalam keadaan terkendali pada tingkat yang ditunjukkan oleh grafik. Grafik pengendali juga dapat menentukan apakah data yang lalu dari suatu proses dalam keadaan terkendali dan apakah data yang akan datang dari suatu proses menunjukkan



Gambar 2.1 Grafik Pengendali

keadaan terkendali (Montgomery, 1996).

Grafik pengendali di atas dapat diberikan model umumnya. Misalkan  $w$  adalah sampel statistik yang mengukur suatu karakteristik kualitas yang menjadi

perhatian utama dengan memisalkan bahwa nilai tengah  $w$  adalah  $\mu_w$  dan standar deviasi dari  $w$  adalah  $\sigma_w$ . Maka batas pengendali atas, garis tengah, dan batas pengendali bawah adalah

$$\begin{aligned} UCL &= \mu_w + k\sigma_w \\ CL &= \mu_w \\ LCL &= \mu_w - k\sigma_w \end{aligned} \tag{2.5}$$

dengan  $k$  adalah jarak batas-batas pengendali dari garis tengah yang dinyatakan dalam standar deviasi. Teori umum grafik pengendali ini pertama kali ditemukan oleh Dr. Walter A. Shewhart dan grafik pengendali yang dikembangkan menurut asas-asas ini kerap kali dinamakan grafik pengendali Shewhart (Montgomery, 1996).

Grafik pengendali adalah salah satu alat pengendali manajemen terpenting. Grafik tersebut sama pentingnya dengan pengendali biaya dan pengendali material. Grafik pengendali dapat juga digunakan sebagai alat pengendalian manajemen guna mencapai tujuan tertentu berkenaan dengan kualitas proses. Data sampel dapat dituangkan dalam grafik dan apabila penyimpangan dari keadaan terkendali diselidiki dan diperbaiki, maka akhirnya proses dapat dibawa ke keadaan terkendali pada nilai sasaran (Montgomery, 1996).

Menentukan batas pengendali adalah salah satu keputusan penting yang harus dibuat dalam merancang grafik pengendali. Ketika memindahkan batas pengendali lebih jauh dari garis tengah, hal tersebut berarti turunnya resiko kesalahan tipe-I, yaitu resiko suatu titik akan jatuh di luar batas pengendali yang menunjukkan keadaan tidak terkendali (*out of control*). Tetapi, memperlebar batas pengendali juga akan menaikkan resiko kesalahan tipe-II, yaitu suatu titik akan

jatuh di antara batas pengendali ketika proses benar-benar tidak terkendali. Apabila memindahkan batas pengendali lebih dekat ke garis tengah, akan diperoleh akibat yang sebaliknya yaitu resiko kesalahan tipe-I naik, sedangkan resiko kesalahan tipe-II turun (Montgomery, 1996).

Grafik pengendali dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe umum. Apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan, maka dinamakan variabel. Grafik pengendali untuk nilai tengah dan variabilitas dinamakan grafik pengendali variabel. Grafik pengendali  $\bar{x}$  adalah yang paling luas digunakan untuk pengendalian nilai tengah, sedang grafik pengendali yang berdasarkan rentang sampel atau standar deviasi sampel digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses. Banyak karakteristik kualitas yang tidak diukur dengan skala kuantitatif. Dalam keadaan ini dapat dinilai tiap unit produk tersebut sesuai atau tidak sesuai, sehingga dapat mencegah produk yang cacat yang tampak dari suatu unit produk. Grafik pengendali yang karakteristik kualitas semacam itu dinamakan grafik pengendali sifat (atribut) (Ariani, 2004).

#### **2.4 Grafik Pengendali untuk Variabel**

Dalam bukunya yang berjudul *Statistical Quality Control*, Montgomery (1996) menjelaskan grafik pengendali untuk variabel merupakan prosedur pengendali yang lebih efisien dan memberikan informasi yang lebih banyak daripada grafik pengendali untuk atribut. Variabel sendiri adalah suatu karakteristik yang dapat diukur seperti dimensi, berat, dan volume.

Dalam grafik pengendali terdapat dua macam grafik pengendali yang terdiri dari grafik pengendali  $\bar{X} - R$  dan grafik pengendali  $\bar{X} - S$ . Grafik

pengendali  $\bar{X} - R$  memiliki dua grafik pengendali, grafik pengendali  $\bar{X}$  digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses, sedangkan grafik untuk mengendalikan variabilitas proses didasarkan pada *range* disebut grafik pengendali  $R$ . Grafik pengendali  $\bar{X} - S$  memiliki karakteristik yang sama dengan grafik pengendali  $\bar{X} - R$ , yang berbeda adalah ukuran variabilitas dari proses yang ditentukan berdasarkan standar deviasi sampel.

Dalam penelitian ini, grafik pengendali yang digunakan adalah grafik pengendali  $\bar{X} - S$ . Grafik pengendali  $\bar{X} - S$  lebih efisien digunakan apabila ukuran sampel  $n$  cukup besar ( $n > 10$ ) karena standar deviasi memperhatikan penyebaran sampel dan kondisi sampel. Kelebihan dari grafik pengendali  $\bar{X} - S$  yang lain adalah grafik pengendali  $\bar{X} - S$  relatif peka terhadap pergeseran kecil.

Montgomery (1996) mengasumsikan karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu$  dan standar deviasi  $\sigma$ , dengan  $\mu$  dan  $\sigma$  diketahui. Jika  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  adalah sampel berukuran  $n$  maka rata-rata sampel adalah

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (2.6)$$

Dapat diketahui bahwa  $\bar{x}$  berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu_{\bar{x}} = \mu$  dan standar deviasi  $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ . Untuk  $\alpha - 1$ , maka probabilitas untuk setiap rata-rata sampel akan berada di antara

$$+ Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{x}} = \mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

dan

$$\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{x}} = \mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

Dengan demikian, jika  $\mu$  dan  $\sigma$  diketahui, maka persamaan (2.7) dan persamaan (2.8) dapat digunakan sebagai batas pengendali atas dan batas pengendali bawah pada grafik pengendali  $\bar{X}$ . Dengan memilih batas 3-sigma untuk  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  diganti dengan 3, sehingga formula grafik pengendali  $\bar{X}$  menjadi

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{x}} &= \mu + 3\sigma_{\bar{x}} \\ CL_{\bar{x}} &= \mu \\ LCL_{\bar{x}} &= \mu - 3\sigma_{\bar{x}} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Pada proses produksi biasanya  $\mu$  dan  $\sigma$  tidak diketahui, sehingga  $\mu$  dan  $\sigma$  perlu ditaksir. Misalkan terdapat  $m$  sampel yang memuat  $n$  pengamatan pada suatu karakteristik kualitas dan  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$  adalah rata-rata tiap sampel, maka penaksir tak bias untuk rata-rata proses  $\mu$  adalah

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{x}_j \quad (2.10)$$

karena

$$\begin{aligned} E[\bar{\bar{x}}] &= E\left[\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{x}_j\right] \\ &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m E[\bar{x}_j] \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{m} m\mu$$

$$= \mu$$

Jadi  $\bar{\bar{x}}$  dapat digunakan untuk menaksir  $\mu$  dan akan digunakan sebagai garis tengah dari grafik pengendali  $\bar{X}$ .

Misalkan  $S_j$  adalah standar deviasi sampel pengamatan ke- $j$ , maka rata-rata standar deviasi tersebut adalah

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.11)$$

dengan

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

Jika diketahui  $E[S] = c_4 \sigma$ , maka

$$E[\bar{S}] = E\left[\frac{\sum_{j=1}^m S_j}{m}\right]$$

$$E[\bar{S}] = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m E[S_j]$$

$$E[\bar{S}] = \frac{1}{m} m c_4 \sigma$$

$$E[\bar{S}] = c_4 \sigma$$

$$\frac{E[\bar{S}]}{c_4} = \sigma$$

$$E\left[\frac{\bar{S}}{c_4}\right] = \sigma$$

Sehingga statistik  $\frac{\bar{S}}{c_4}$  adalah penaksir tak bias untuk  $\sigma$ . Dengan demikian formula

grafik pengendali  $\bar{X}$  adalah

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{n}}$$

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$$

(2.13)

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{n}}$$

Misalkan konstanta  $A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$ , maka batas-batas pengendali untuk grafik pengendali  $\bar{X}$  menjadi

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3\bar{S}$$

$$CL_{\bar{X}} = \bar{X}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3\bar{S}$$

(2.14)

(Montgomery, 1996).

### 2.5 Average Run Length (ARL)

Menurut Darmanto (2012) *Average Run Length* (ARL) adalah rata-rata jumlah titik sampel yang harus diplot sebelum satu titik sampel menunjukkan keadaan tidak terkendali. ARL berfungsi sebagai peringatan kecil (*false alarm*). Untuk grafik pengendali Shewhart, jika  $p$  adalah peluang dari sebuah titik akan jatuh di luar batas pengendali, secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah

$$ARL = \frac{1}{p} \quad (2.15)$$

Untuk  $ARL_0$  (ARL untuk grafik pengendali  $\bar{X}$  dalam keadaan terkendali) maka  $p = \alpha =$  probabilitas kesalahan/*error* tipe-I (menyatakan keadaan tidak terkendali padahal keadaan terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh dari luar batas pengendali pada saat proses terkendali,  $\alpha$  disebut juga sebagai probabilitas *false alarm*. Untuk  $ARL_1$  (ARL dalam keadaan tak

terkendali) maka nilai  $p = 1 - \beta =$  probabilitas kesalahan/*error* tipe-II (menyatakan keadaan terkendali padahal keadaan tidak terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh di dalam batas pengendali pada saat proses tidak terkendali (Darmanto, 2012).

Sebuah grafik pengendali memiliki dua sasaran atau tujuan. Pertama, ketika proses dalam keadaan terkendali (*in control*), dalam keadaan ini diinginkan grafik mengirim sinyal (*false alarm*) seperti yang sudah direncanakan. Kedua, ketika proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*), dalam keadaan ini diinginkan pengiriman sinyal dapat secepat mungkin. Pengukuran-pengukuran yang berbeda untuk mengevaluasi keefektifan dari sebuah grafik pengendali sudah pernah diteliti sebelumnya. Cara terbaik untuk mengukur adalah dengan menggunakan ARL, yang mana ARL sendiri berdasarkan distribusi *Run Length* (RL). Sedangkan nilai tengah dari distribusi RL disebut ARL (Maravelakis, dkk, 2004).

## 2.6 Galat Pengukuran (*Measurement Error*)

Menurut Chakraborty dan Khursid (2013) *measurement error* atau galat pengukuran adalah selisih antara nilai yang sebenarnya dengan nilai dari pengukuran kualitas yang ada dalam praktiknya dan dapat mempengaruhi hasil dari grafik pengendali dalam beberapa kasus.

Linna dan Woodall (2001) dalam jurnalnya yang membahas tentang pengaruh galat pengukuran pada grafik pengendali Shewhart. Diasumsikan jika  $X$  adalah nilai yang sebenarnya dan  $X$  berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu$  dan varian  $\sigma_p^2$ , dan dituliskan dengan persamaan sebagai berikut

$$Y = A + BX + \varepsilon$$

di mana  $A$  dan  $B$  adalah konstan, sedangkan  $\varepsilon$  adalah galat yang terjadi dalam sistem pengukuran yang berdistribusi normal dengan rata-rata adalah 0 dan varian adalah  $(\sigma_m^2)$ .  $Y$  merupakan hasil dari beberapa pengamatan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai nilai sebenarnya ( $X$ ). Jika  $Y$  berdistribusi normal dengan rata-rata  $A + B\mu$  dan varian  $B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2$ , maka batas-batas pengendali untuk grafik pengendali ini jika diasumsikan parameter-parameternya sudah diketahui adalah

$$UCL = A + B\mu + 3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}$$

$$CL = A + B\mu$$

$$LCL = A + B\mu - 3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}$$

dengan

$$E[\bar{Y}] = A + B\mu$$

$$Var[\bar{Y}] = \frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}$$

Sebuah sinyal muncul ketika titik statistik jatuh di luar garis batas pengendali, baik batas pengendali atas maupun batas pengendali bawah. Jika rata-rata dari proses yang sebenarnya sudah bergeser dari nilai yang sekarang ( $\mu$ ) ke nilai yang baru ( $\mu'$ ) maka peluang bahwa sinyal itu muncul ( $\Pr(\text{signal})$ ) untuk grafik pengendali, adalah:

$$\begin{aligned}
\Pr(\text{signal}) &= P(\bar{Y} > UCL | \mu_0 = \mu') + P(\bar{Y} < LCL | \mu_0 = \mu') \\
&= P\left(\frac{\bar{Y} - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} > \frac{[UCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) + P\left(\frac{\bar{Y} - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} < \frac{[LCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) \\
&= P\left(Z > \frac{[UCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) + P\left(Z < \frac{[LCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) \\
&= \left(1 - \Phi\left\{\frac{[UCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right\}\right) + \Phi\left\{\frac{[LCL - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right\} \\
\Pr(\text{signal}) &= \left(1 - \Phi\left(\frac{A + B\mu + 3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}} - A + B\mu'}{\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}}\right)\right) \\
&\quad + \Phi\left(\frac{A + B\mu - 3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}} - A + B\mu'}{\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}}\right) \\
&= \left(1 - \Phi\left(\frac{3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}} + B(\mu - \mu')}{\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}}\right)\right) \\
&\quad + \Phi\left(\frac{-3\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}} + B(\mu - \mu')}{\sqrt{\frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}}\right) \\
&= \left(1 - \Phi\left(3 + \frac{B(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}}\right)\right) + \Phi\left(-3 + \frac{B(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}}\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left( 1 - \Phi \left( 3 + \frac{B(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}} \right) \right) + \Phi \left( -3 + \frac{B(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}} \right) \\
&= \left( 1 - \Phi \left( 3 + \frac{(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{\sigma_p^2 + \frac{\sigma_m^2}{B^2}}} \right) \right) + \Phi \left( -3 + \frac{(\mu - \mu')\sqrt{n}}{\sqrt{\sigma_p^2 + \frac{\sigma_m^2}{B^2}}} \right)
\end{aligned}$$

Ketika  $B = 1$ , untuk  $ratio \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  yang meningkat nilai ARL menunjukkan keadaan *in control* pada saat tidak ada *shift* atau  $shift = 0$ . Namun ketika  $ratio \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat dan nilai *shift* meningkat pula, terdapat peningkatan keadaan yang tidak terkendali (*out of control*). Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Linna dan Woodall (2001). Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh galat pengukuran terhadap nilai ARL berkurang selama nilai dari *shift* meningkat (Maravelakis, dkk, 2004).

## 2.7 Bilangan Kabur

Sebuah bilangan kabur merupakan perluasan dari bilangan bias, dalam arti bahwa bilangan kabur tidak mengacu pada suatu nilai tunggal melainkan pada suatu himpunan nilai-nilai yang berhubungan, di mana setiap nilai kemungkinan memiliki bobot sendiri antara **1** dan **0** (Kusumadewi, dkk, 2004).

Secara umum, bilangan kabur didefinisikan sebagai himpunan kabur dalam semesta himpunan semua bilangan riil  $R$  yang memenuhi empat sifat berikut ini:

1. Normal
2. Mempunyai pendukung yang terbatas

3. Semua  $\alpha$ -level cut adalah selang tertutup dalam  $R$

4. Konveks

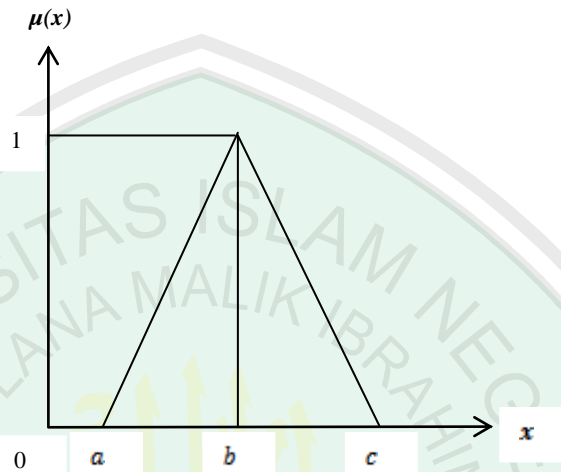
Suatu bilangan kabur bersifat normal jika mempunyai nilai fungsi keanggotaannya sama dengan **1** dan sifat lainnya dapat digunakan untuk mendefinisikan operasi-operasi aritmatika pada bilangan kabur (Susilo, 2006).

Bilangan kabur yang sering digunakan dalam aplikasi adalah bilangan kabur dengan fungsi keanggotaan segitiga yang disebut bilangan kabur segitiga dan bilangan kabur dengan fungsi keanggotaan trapesium yang disebut bilangan kabur trapesium. Kedua jenis bilangan tersebut sering digunakan karena memenuhi keempat sifat bilangan kabur (Susilo, 2006).

## 2.8 Fungsi Keanggotaan

Setiap himpunan kabur dapat dinyatakan dalam suatu fungsi keanggotaan. Ada beberapa cara untuk menyatakan himpunan kabur dengan fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara **0** sampai **1**. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan, di antaranya adalah fungsi linier, fungsi segitiga, dan fungsi trapesium (Kusumadewi, dkk, 2004)

Dalam penelitian ini, fungsi yang digunakan untuk mempresentasikan bilangan kabur adalah fungsi segitiga. Fungsi segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.2 Representasi Kurva Segitiga

Misalkan  $y = \mu(x)$ , dengan  $\mu(x)$  adalah derajat keanggotaan dari himpunan kabur  $x$ , sehingga

- a. Jika  $x \leq a$  atau  $x \geq c$ , maka

$$\mu(x) = 0 \quad (2.16)$$

Diberikan  $\tilde{X}$  adalah himpunan bilangan kabur dengan batas  $(a, c)$ . Jika  $x \leq a$  atau  $x \geq c$ , maka  $x$  berada di luar batas  $(a, c)$ . Sehingga  $x$  bukan anggota himpunan kabur  $\tilde{X}$  yang mengakibatkan  $\mu(x) = 0$ .

- b. Jika  $a \leq x \leq b$ , maka

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 0}{1 - 0} = \frac{x - a}{b - a}$$

$$y = \frac{x - a}{b - a}$$

$$\mu(x) = \frac{x - a}{b - a} \quad (2.17)$$

c. Jika  $b \leq x \leq c$ , maka

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 0}{1 - 0} = \frac{x - b}{c - b}$$

$$y = \frac{x - b}{c - b}$$

$$\mu(x) = \frac{x - b}{c - b} \quad (2.18)$$

Sehingga fungsi keanggotaan dari representasi fungsi segitiga tersebut adalah:

$$\mu(y) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x - b}{c - b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.19)$$

(Kusumadewi, dkk, 2004).

## 2.9 Teknik Transformasi Kabur

Terdapat empat teknik transformasi kabur yang diusulkan oleh Wang dan Raz (1990) yang konsepnya sama dengan mengukur parameter lokasi yang digunakan dalam statistik deskriptif yaitu:

### 1. Modus Kabur ( $f_{mode}$ )

Modus kabur dari himpunan kabur  $F$  adalah nilai dari suatu variabel yang memiliki derajat keanggotaan **1**, yang dinyatakan dengan formula:

$$f_{mode} = \{x | \mu_F(x) = 1\}, \forall x \in F \quad (2.20)$$

## 2. Tingkat $\alpha$ Nilai Tengah Kabur ( $f_{mr}(\alpha)$ )

Merupakan nilai tengah dari batas suatu  $\alpha$ -level cut, yang mana  $\alpha$ -level cut ( $A_\alpha$ ) adalah himpunan bukan kabur yang memuat semua nilai dari variabel yang memiliki derajat keanggotaan lebih besar atau sama dengan  $\alpha$ . Jika  $a_n$  dan  $b_n$  adalah batas bawah dan batas atas dari  $A_\alpha$ , maka

$$f_{mr}(\alpha) = \frac{1}{2}(a_n + b_n) \quad (2.21)$$

## 3. Median Kabur ( $f_{med}$ )

Merupakan nilai yang mempartisi kurva dari fungsi keanggotaan dan himpunan kabur dalam dua daerah yang luasnya sama, yang dinyatakan dalam formula:

$$\int_a^{f_{med}} \mu_F(x) dx = \int_{f_{med}}^b \mu_F(x) dx = \frac{1}{2} \int_a^b \mu_F(x) dx \quad (2.22)$$

di mana  $a$  dan  $b$  adalah batas bawah dan batas atas dari himpunan kabur  $F$ , sedemikian sehingga  $a < b$ .

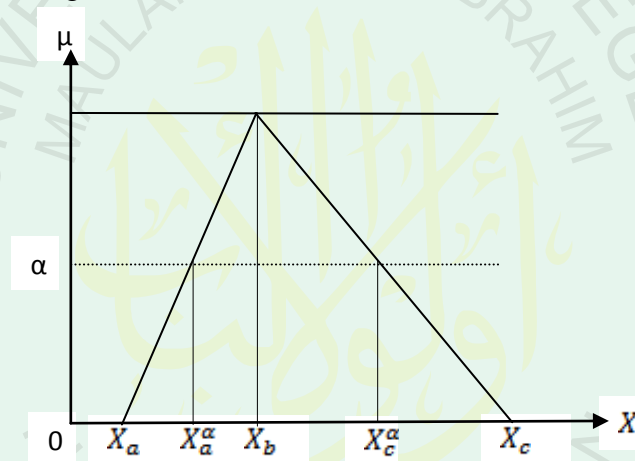
## 4. Rata-Rata Kabur ( $f_{avg}$ )

Berdasarkan Zadeh (1975), rata-rata kabur ditentukan dengan formula:

$$f_{avg} = \frac{\int_{x=0}^1 x \cdot \mu_F(x) dx}{\int_{x=0}^1 \mu_F(x) dx} \quad (2.23)$$

## 2.10 Grafik Pengendali Kabur $\tilde{X} - \mathfrak{S}$

Pada pengendalian kualitas proses produksi, grafik pengendali  $\bar{X}$  digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses, sedangkan untuk mengendalikan variabilitas proses didasarkan pada standar deviasi yang disebut grafik pengendali  $S$ . Pada penelitian ini, grafik pengendali kabur untuk variabel didasarkan pada bilangan kabur segitiga. Sehingga setiap sampel pengamatan direpresentasikan ke dalam bilangan kabur berdasarkan fungsi segitiga atau bilangan kabur segitiga  $(X_a, X_b, X_c)$ . Adapun grafik representasi dari sampel berdasarkan bilangan kabur segitiga adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Representasi Sampel Bilangan Kabur Segitiga

Garis tengah dari grafik pengendali kabur ( $\tilde{C}L$ ) adalah nilai rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel pengamatan kabur yang direpresentasikan dengan  $(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)$  dan  $(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{X}_{dj} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{dij}}{n}; d = a, b, c; i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\bar{\bar{X}}_d = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{dj}}{m}; d = a, b, c; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.24)$$

$$\tilde{C}L = (\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c) = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{cj}}{m} \right\}$$

di mana  $n$  adalah ukuran sampel tiap pengamatan dan  $m$  adalah banyaknya pengamatan (Senturk dan Erginel, 2009).

Formula batas-batas pengendali dari grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi adalah

$$U\check{C}L_{\bar{X}} = \check{C}L_{\bar{X}} + A_3(\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$$

$$C\check{L}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) \quad (2.25)$$

$$L\check{C}L_{\bar{X}} = \check{C}L_{\bar{X}} - A_3(\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$$

di mana  $(\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$  adalah rata-rata dari standar deviasi dan dapat dihitung dengan formula

$$\bar{S}_j = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m S_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{cj}}{m} \right\} = (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c); j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.26)$$

dengan rumus standar deviasi ( $\check{S}_j$ ) adalah

$$\check{S}_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(X_a, X_b, X_c)_{ij} - (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)_j]^2}{n-1}} \quad (2.27)$$

Batas pengendali  $\alpha$ -cut grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi adalah

$$U\check{C}L_{\bar{X}}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) + A_3(\bar{S}_a^\alpha, \bar{S}_b^\alpha, \bar{S}_c^\alpha)$$

$$= (\bar{X}_a^\alpha + A_3\bar{S}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha + A_3\bar{S}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha + A_3\bar{S}_c^\alpha)$$

$$C\check{L}_{\bar{X}}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) \quad (2.28)$$

$$L\check{C}L_{\bar{X}}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) - A_3(\bar{S}_a^\alpha, \bar{S}_b^\alpha, \bar{S}_c^\alpha)$$

$$= (\bar{X}_a^\alpha - A_3\bar{S}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha - A_3\bar{S}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha - A_3\bar{S}_c^\alpha)$$

di mana

$$\bar{S}_a^\alpha = \bar{S}_a + \alpha(\bar{S}_b - \bar{S}_a) \quad (2.29)$$

$$\bar{S}_c^\alpha = \bar{S}_c - \alpha(\bar{S}_c - \bar{S}_b)$$

Sedangkan batas-batas pengendali dan garis tengah  $\alpha$ -cut grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi dengan menggunakan teknik tingkat  $\alpha$  nilai tengah kabur ( $\alpha$ -level fuzzy midrange) adalah

$$UCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha + A_3(s_{mr-sj}^\alpha)$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^\alpha = f_{mr-\bar{X}}^\alpha(\bar{C}\bar{L}) = \frac{\bar{X}_a^\alpha + \bar{X}_c^\alpha}{2} \quad (2.30)$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha - A_3(s_{mr-sj}^\alpha)$$

dengan

$$s_{mr-sj}^\alpha = \frac{\bar{S}_a^\alpha + \bar{S}_c^\alpha}{2} \quad (2.31)$$

di mana

$$\bar{X}_a^\alpha = \bar{X}_a + \alpha(\bar{X}_b - \bar{X}_a)$$

$$\bar{X}_c^\alpha = \bar{X}_c - \alpha(\bar{X}_c - \bar{X}_b) \quad (2.32)$$

Definisi dari  $\alpha$ -level fuzzy midrange untuk sampel ke- $j$  dari grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$

$$s_{mr-\bar{X}j}^\alpha = \frac{(\bar{X}_{aj} + \bar{X}_{cj}) + \alpha[(\bar{X}_{bj} - \bar{X}_{aj}) - (\bar{X}_{cj} - \bar{X}_{bj})]}{2} \quad (2.33)$$

Dalam kasus ini, batas-batas pengendali adalah efektif dan dalam keadaan yang terkontrol. Sebaliknya, dalam penelitian ini diasumsikan proses sedang dalam

keadaan tidak terkontrol (*out of control*), sehingga kondisi dari proses kontrol untuk setiap sampel dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \text{in control,} & LCL_{mr-\bar{x}}^{\alpha} \leq S_{mr-\bar{x}_j}^{\alpha} \leq UCL_{mr-\bar{x}}^{\alpha} \\ \text{out of control,} & \text{untuk yang lainnya} \end{cases} \quad (2.34)$$

(Senturk dan Erginel, 2009).

## 2.11 Kajian Al-Quran tentang Pengendalian Kualitas

Sumber dari segala ilmu pengetahuan yang terlahir di dunia ini tidak lepas dari al-Quran, begitu pula dengan ilmu Matematika. Pengendalian kualitas merupakan teknik yang bermanfaat untuk perusahaan dalam mengetahui kualitas produknya sebelum dipasarkan kepada konsumen, tujuannya agar konsumen mendapatkan kepuasan dari produk tersebut. Sedangkan pengendalian kualitas statistik adalah alat untuk membantu dalam menjamin suatu kualitas. Kualitas suatu produk sangat berpengaruh bagi kepuasan konsumen, maka dari itu setiap perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur maupun jasa berusaha untuk memberikan kualitas yang terbaik bagi konsumennya. Konsep kualitas dalam Islam terdapat pada al-Quran dalam surat an-Naml/27:88 yang berbunyi:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ

بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. Begitulah perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan” (QS. an-Naml/27:88).

Menurut al-Qurthubi (2009), ayat *الَّذِي الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ* berarti “Yang membuat dengan

*kokoh tiap-tiap sesuatu.*” memiliki makna bahwa Allah Swt. menetakannya dan

menyempurnakannya. Ayat tersebut semakna dengan sabda Rasulullah Saw. *“Allah Swt. mengasihi siapa saja yang melakukan sebuah perbuatan dan menyempurnakannya”*.

Ayat lain yang menjelaskan tentang kekuasaan Allah Swt. dalam menciptakan segala sesuatu dengan sempurna adalah al-Quran surat al-Infithar/82:6-7 yang berbunyi:

يٰۤاَيُّهَا الْاِنْسٰنُ مَا غَرَّكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيْمِ ﴿٦﴾ الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ ﴿٧﴾

*“Hai manusia, apakah yang telah memperdayakan kamu (berbuat durhaka) terhadap Tuhanmu Yang Maha Pemurah yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang”* (QS. al-Infithar/82:6-7).

Ayat al-Quran di atas menjelaskan bahwa Allah Swt. menciptakan manusia dalam bentuk terbaik di antara makhluk yang lain. Jika dibandingkan dengan makhluk hidup lain, manusia lebih memiliki fitur yang lebih seimbang, karakter yang lebih bagus, dan kesadaran yang mampu menerima pengetahuan (Imani, 2005). Dapat disimpulkan bahwa Allah Swt. menciptakan manusia dengan sempurna, sebagaimana dinyatakan di dalam al-Quran surat at-Tin/95:4 yang berbunyi:

لَقَدْ خَلَقْنَا الْاِنْسٰنَ فِيْ اَحْسَنِ تَقْوِيْمٍ ﴿٤﴾

*“Sesungguhnya kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya”* (QS. at-Tin/95:4).

Berdasarkan penjelasan beberapa ayat di atas dapat diketahui bahwa dalam menciptakan segala sesuatu, Allah Swt. selalu menciptakannya dengan kokoh, teliti, sempurna, dan bersungguh-sungguh agar hasil yang diperoleh juga baik. Ketika memproduksi suatu produk dituntut untuk membuatnya dengan baik, teliti, dan bersungguh-sungguh untuk menjaga kualitas produksinya agar konsumen mendapatkan kepuasan akan barang yang disediakan. Hal ini dapat dilakukan

dengan menjaga kualitas produksi, agar menghasilkan produk yang sangat baik dan tidak mengecewakan konsumen. Takaran merupakan salah satu hal yang penting untuk menentukan kualitas suatu produksi dapat dikatakan baik atau kurang baik. Ayat yang menjelaskan tentang perintah Allah Swt. untuk menyempurnakan takaran adalah al-Quran surat asy-Syu'ara/26:181-183 yang berbunyi:

أَوْفُوا الْكَيْلَ وَلَا تَكُونُوا مِنَ الْمُخْسِرِينَ ﴿١٨١﴾ وَزِنُوا بِالْقِسْطَاسِ الْمُسْتَقِيمِ ﴿١٨٢﴾ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿١٨٣﴾

*“Sempurnakanlah takaran dan janganlah kamu termasuk orang-orang yang merugikan. Dan timbanglah dengan timbangan yang lurus. Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan” (QS. asy-Syu'ara/26:181-183).*

Setelah Nabi Syu'aib As. menasihati kaumnya, mereka seakan-akan bertanya, “Apakah yang harus kami lakukan?” beliau menjawab, “Sempurnakan takaran” dan yang ditakar bila kamu menakar untuk orang lain, sebagaimana kamu menakar untuk diri kamu sendiri, dan janganlah kamu termasuk salah seorang anggota kelompok yang dikenal luas sebagai orang-orang yang merugikan diri sendiri akibat merugikan orang lain, dan di samping itu timbanglah untuk diri kamu dan untuk orang lain dengan timbangan yang tepat yang lurus. Dan janganlah kamu merugikan manusia pada barang-barangnya yakni hak-haknya dengan mengurangi kadar atau nilainya dan janganlah kamu membuat kejahatan di bumi dengan menjadi perusak-perusak dalam bentuk apapun sesudah perbaikannya yang dilakukan Allah Swt. atau juga oleh manusia (Shihab, 2002).

Kata (تبخسوا) *tabkhasu*/kamu kurangi terambil dari kata (بخس) *bahks* yang berarti kekurangan akibat kecurangan. Ibn 'Arabi sebagaimana dikutip oleh Ibn

‘Asyur, mendefinisikan kata ini dalam pengurangan dalam bentuk mencela atau memperburuk sehingga tidak disenangi atau penipuan dalam nilai atau kecurangan dalam timbangan dan takaran dengan melebihkan atau mengurangi. Jika berkata di depan umum “Barang anda buruk” untuk tujuan menurunkan harganya padahal kualitas barangnya tidak demikian, maka dinilai telah mengurangi hak orang lain dalam hal ini si penjual (Shihab, 2002).

Allah Swt. menjelaskan bahwa antara produsen dan konsumen tidak boleh dikurangi haknya, dalam artian konsumen harus benar-benar mendapat barangnya sesuai takaran atau timbangan yang tepat. Sedangkan seorang konsumen tidak boleh pura-pura menurunkan kualitas barang hanya untuk mendapatkan harga yang lebih murah, padahal kualitas yang sebenarnya adalah baik (Shihab, 2002).

Penjelasan tentang penyempurnaan timbangan atau takaran tidak hanya dijelaskan dalam surat asy-Syu’ara/26:181-183 saja, Allah Swt. juga menjelaskan dalam surat al-Isra’/17:35, yang artinya “*Sempurnakanlah takaranmu apabila kamu menakar, dan timbanglah dengan neraca yang benar, itulah yang lebih utama bagimu dan lebih baik akibatnya*”. Dari kedua ayat tersebut dapat diketahui bahwa Allah Swt. menegaskan pada umat-Nya agar memenuhi hak-hak para konsumen dengan tidak mengurangi takaran atau timbangan.

### BAB III

#### PEMBAHASAN

#### 3.1 Parameter Galat Pengukuran yang Sesuai untuk Grafik Pengendali $\bar{\bar{X}}$ Berdasarkan Standar Deviasi

Berdasarkan penelitian Linna dan Woodal (2001), dikatakan bahwa variabel  $X$  dimonitoring melalui beberapa proses pengukuran, dan variabel  $Y$  adalah variabel untuk pengamatan yang sebenarnya. Diasumsikan bahwa hubungan antara variabel  $X$  dan variabel  $Y$  adalah linier, dan dituliskan dengan persamaan sebagai berikut

$$Y = A + BX + \varepsilon \quad (3.1)$$

Dengan  $A$  dan  $B$  adalah konstan dan merupakan koefisien parameter yang menentukan bagaimana  $X$  berhubungan dengan  $Y$ . Sedangkan  $\varepsilon$  adalah galat yang terjadi dalam sistem pengukuran yang tidak terikat pada variabel  $X$  dan berdistribusi normal dengan nilai tengah adalah 0 dan diketahui varian dari penghitungan galat ( $\sigma_m^2$ ).

Diberikan  $\mu_p$  dan  $\sigma_p$  sebagai parameter rata-rata proses dari  $X$  dan standar deviasi dari  $X$ . Sedangkan untuk pengamatan  $Y$  yang berdistribusi normal, maka dapat diperoleh rata-rata dari  $Y$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E[Y] &= E[A + BX + \varepsilon] \\ &= A + B \cdot E[X] + E[\varepsilon] \\ &= A + B\mu_p + 0 \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$= A + B\mu_p$$

dan varian dari  $Y$  adalah sebagai berikut:

$$\text{Var}(Y) = \text{Var}(A + BX + \varepsilon)$$

$$\text{Var}(Y) = \text{Var}((A + BX) + \varepsilon)$$

$$= \text{Var}(A + BX) + \text{Var}(\varepsilon)$$

$$= B^2 \text{Var}(X) + \text{Var}(\varepsilon)$$

$$= B^2 \sigma_p^2 + \sigma_m^2 \quad (3.3)$$

Jika  $A = 0$  dan  $B = 1$  maka tidak ada bias pada pengukuran  $X$  terhadap  $Y$ . Tidak ada bias pada pengukuran maksudnya tidak ada kesalahan atau galat pada pengukuran.

Jika  $A = 0$  dan  $B = 1$  disubstitusikan pada persamaan (3.1), maka

$$Y = 0 + (1)X + \varepsilon$$

$$= X + \varepsilon \quad (3.4)$$

Sehingga  $E[Y]$  adalah

$$E[Y] = E[X + \varepsilon]$$

$$= E[X] + E[\varepsilon] \quad (3.5)$$

Karena nilai tengah  $\varepsilon$  adalah  $0$  maka nilai  $E[\varepsilon] = 0$ , sehingga

$$E[Y] = E[X] = \mu_p \quad (3.6)$$

terbukti bahwa pada  $X$  bersifat tidak bias terhadap  $Y$ .

Kemudian diberikan  $A = \delta$  dan  $B = 1$ , maka substitusi dari  $A$  dan  $B$  mengakibatkan persamaan (3.2) menjadi

$$\begin{aligned}
 E[Y] &= A + B\mu_p \\
 &= \delta + (1\mu_p) \\
 &= \delta + \mu_p
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

dan persamaan (3.3) menjadi

$$\begin{aligned}
 Var(Y) &= B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2 \\
 &= (1^2\sigma_p^2) + \sigma_m^2 \\
 &= \sigma_p^2 + \sigma_m^2
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Dari persamaan (3.7),  $\delta$  (bias) dari variabel pengamatan ( $Y$ ) dan berhubungan dengan variabel pengukuran ( $X$ ) adalah:

$$\begin{aligned}
 \delta &= E[Y] - \mu_p \\
 &= (A + B\mu_p) - \mu_p \\
 &= \mu_p \left( \frac{A}{\mu_p} + B - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Diberikan sampel sebesar  $n$  dengan setiap sampel dipilih  $m$  pengamatan.  $\bar{Y}_j$  menyatakan rata-rata sampel pada pengamatan ke- $j$ , di mana  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ .

Jika variabel proses diasumsikan berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu$  dan standar deviasi  $\sigma^2$ , maka sebuah proses pengendali dapat dimonitor dengan rata-rata sampel adalah

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ij}; \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \tag{3.10}$$

Sehingga  $E[\bar{Y}_j]$  dapat dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
E[\bar{Y}_j] &= E\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n Y_{ij}\right] \\
&= E\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (A + BX_{ij})\right] \\
&= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^n E[A + BX_{ij}] \\
E[\bar{Y}_j] &= \frac{1}{n}n(A + B\mu_p) \\
&= A + B\mu_p
\end{aligned} \tag{3.11}$$

dan  $Var(\bar{Y}_j)$  dapat dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
Var(\bar{Y}_j) &= Var\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n Y_{ij}\right] \\
&= Var\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (A + BX_{ij})\right] \\
&= \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^n Var(A + BX_{ij}) \\
&= \frac{1}{n^2}n(B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2) \\
&= \frac{B^2\sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}
\end{aligned} \tag{3.12}$$

### 3.2 Representasi Bilangan Kabur untuk Sampel Pengamatan Berdasarkan Fungsi Keanggotaan Kurva Segitiga

Untuk mendesain struktur grafik pengendali dengan keadaan terkontrol maka dipilih beberapa sampel yang diukur oleh beberapa pengamat. Pada kenyataannya pengamat harus mengukur  $Y$ , maka pengamat memonitor  $Y$

berdasarkan  $X$ . Dalam penelitian ini setiap sampel diamati oleh tiga *experts* yang berbeda, tetapi nilai dari pengukuran yang dilakukan oleh tiga *experts* tersebut menunjukkan nilai (*value*) yang tidak sama, sehingga semua nilai akan dikonversi menjadi bilangan kabur segitiga. Sehingga akan diperoleh persamaan berdasarkan persamaan (3.1) adalah sebagai berikut:

$$Y_a = A + BX_a + \varepsilon$$

$$Y_b = A + BX_b + \varepsilon$$

$$Y_c = A + BX_c + \varepsilon$$

di mana  $Y_a$  adalah sampel kiri merupakan sampel bernilai kecil yang memiliki derajat keanggotaan 0,  $Y_b$  adalah sampel tengah merupakan sampel bernilai sedang yang memiliki derajat keanggotaan 1, dan  $Y_c$  adalah sampel kanan merupakan sampel bernilai besar yang memiliki derajat keanggotaan 0. Maka representasi bilangan kabur segitiga dari sampel di atas adalah

$$\tilde{Y} = (Y_a, Y_b, Y_c)$$

dengan fungsi keanggotaan dari representasi bilangan kabur segitiga sesuai dengan persamaan (2.19) adalah sebagai berikut:

$$\mu(Y) = \begin{cases} 0, & Y \leq Y_a \text{ atau } Y \geq Y_c \\ \frac{Y - Y_a}{Y_b - Y_a}, & Y_a \leq Y \leq Y_b \\ \frac{Y_c - Y}{Y_c - Y_b}, & Y_b \leq Y \leq Y_c \end{cases}$$

Didefinisikan  $\tilde{Y}_{ij}$  yang merupakan representasi bilangan kabur segitiga dari setiap sampel ke- $i$  pada pengamatan ke- $j$  dengan dipilih sampel sebanyak  $m$  pengamatan dengan ukuran sampel sebesar  $n$  adalah

$$\tilde{Y}_{ij} = (Y_{a_{ij}}, Y_{b_{ij}}, Y_{c_{ij}}), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m$$

Selanjutnya akan dibahas formula menghitung rata-rata sampel dari representasi bilangan kabur, jika  $\bar{Y}_{kj}$  menyatakan rata-rata sampel dari representasi bilangan kabur ke- $k$  pada pengamatan ke- $j$ , maka formula dapat ditulis dengan

$$\bar{Y}_{kj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ij}; \quad j = 1, 2, 3, \dots, m; k = a, b, c \quad (3.13)$$

Kemudian didefinisikan bilangan kabur segitiga untuk rata-rata pengamatan ke- $j$  adalah

$$\tilde{\bar{Y}}_j = (\bar{Y}_{aj}, \bar{Y}_{bj}, \bar{Y}_{cj})$$

dengan  $\tilde{\bar{Y}}_j$  menyatakan bilangan kabur dari rata-rata sampel pada pengamatan ke- $j$  dan rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel representasi bilangan kabur ke- $k$  pada pengamatan ke- $j$  adalah

$$\bar{\bar{Y}}_k = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{kj}}{m}; \quad k = a, b, c \quad (3.14)$$

sehingga bilangan kabur yang menyatakan rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel representasi bilangan kabur ke- $k$  pada pengamatan ke- $j$  adalah

$$\tilde{\bar{\bar{Y}}} = \left( \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{cj}}{m} \right)$$

$$\tilde{\bar{\bar{Y}}} = (\bar{\bar{Y}}_a, \bar{\bar{Y}}_b, \bar{\bar{Y}}_c) \quad (3.15)$$

### 3.3 Batas-Batas Grafik Pengendali Kabur $\tilde{\bar{X}}$ Berdasarkan Standar Deviasi

Dalam bab II tentang grafik pengendali sudah ditentukan batas pengendali atas, batas pengendali bawah, dan garis tengahnya. Telah dijelaskan pula batas-

batas pengendali untuk grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$ . Dengan catatan dalam penelitian ini hanya terfokus pada grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi dan variabel yang digunakan pada grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  adalah  $Y$ .

Adapun formula batas-batas pengendali untuk grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi sesuai dengan persamaan (2.25) adalah sebagai berikut:

$$U\check{C}L_{\bar{Y}} = \check{C}L_{\bar{Y}} + A_3(\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$$

$$C\check{L}_{\bar{Y}} = (\bar{Y}_a, \bar{Y}_b, \bar{Y}_c)$$

$$L\check{C}L_{\bar{Y}} = \check{C}L_{\bar{Y}} - A_3(\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$$

Sedangkan batas pengendali  $\alpha$ -cut fuzzy grafik pengendali  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi sesuai dengan persamaan (2.28) adalah

$$U\check{C}L_{\bar{Y}}^{\alpha} = (\bar{Y}_a^{\alpha}, \bar{Y}_b^{\alpha}, \bar{Y}_c^{\alpha}) + A_3(\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{S}_b^{\alpha}, \bar{S}_c^{\alpha})$$

$$= (\bar{Y}_a^{\alpha} + A_3\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{Y}_b^{\alpha} + A_3\bar{S}_b^{\alpha}, \bar{Y}_c^{\alpha} + A_3\bar{S}_c^{\alpha})$$

$$C\check{L}_{\bar{Y}}^{\alpha} = (\bar{Y}_a^{\alpha}, \bar{Y}_b^{\alpha}, \bar{Y}_c^{\alpha})$$

$$L\check{C}L_{\bar{Y}}^{\alpha} = (\bar{Y}_a^{\alpha}, \bar{Y}_b^{\alpha}, \bar{Y}_c^{\alpha}) - A_3(\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{S}_b^{\alpha}, \bar{S}_c^{\alpha})$$

$$= (\bar{Y}_a^{\alpha} - A_3\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{Y}_b^{\alpha} - A_3\bar{S}_b^{\alpha}, \bar{Y}_c^{\alpha} - A_3\bar{S}_c^{\alpha})$$

Sedangkan batas pengendali dan garis tengah  $\alpha$ -cut fuzzy grafik pengendali  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi dengan menggunakan teknik  $\alpha$ -level fuzzy midrange sesuai persamaan (2.30) adalah

$$UCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} = CL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} + A_3 \left( \frac{\bar{S}_a^{\alpha} + \bar{S}_c^{\alpha}}{2} \right)$$

$$= \frac{\bar{Y}_a^{\alpha} + \bar{Y}_c^{\alpha}}{2} + A_3 \left( \frac{\bar{S}_a^{\alpha} + \bar{S}_c^{\alpha}}{2} \right)$$

$$CL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} = f_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} (C\bar{L}) = \frac{\bar{Y}_a^{\alpha} + \bar{Y}_c^{\alpha}}{2}$$

$$LCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} = CL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} - A_3 \left( \frac{\bar{S}_a^{\alpha} + \bar{S}_c^{\alpha}}{2} \right)$$

$$= \frac{\bar{Y}_a^{\alpha} + \bar{Y}_c^{\alpha}}{2} - A_3 \left( \frac{\bar{S}_a^{\alpha} + \bar{S}_c^{\alpha}}{2} \right)$$

Sebuah sinyal muncul ketika titik statistik jatuh di luar garis batas pengendali, baik batas pengendali atas maupun batas pengendali bawah. Dalam penelitian ini sampel statistik yang digunakan adalah  $s_{mr-\bar{Y}_j}^{\alpha}$ , dengan

$$s_{mr-\bar{Y}_j}^{\alpha} = \frac{\bar{Y}_{aj}^{\alpha} - \bar{Y}_{cj}^{\alpha}}{2}, j = 1, 2, 3 \dots m$$

Jika rata-rata dari proses yang sebenarnya sudah bergeser dari nilai yang sekarang ( $\mu$ ) ke nilai yang baru ( $\mu'$ ) maka peluang bahwa sinyal itu muncul ( $\Pr(\text{signal})$ ) untuk grafik pengendali  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi adalah:

$$\Pr(\text{signal}) = P(s_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} > UCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} | \mu_0 = \mu') + P(s_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} < LCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} | \mu_0 = \mu')$$

$$= P\left( \frac{s_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} > \frac{[UCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} \right) + P\left( \frac{s_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} < \frac{[LCL_{mr-\bar{Y}}^{\alpha} - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} \right) \quad (3.17)$$

Berdasarkan teorema 2.1.1 yang membuktikan bahwa  $E[\bar{X}] = \mu$  dan  $Var(\bar{X}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  dan berdasarkan teorema limit pusat pada teorema 2.1.3 di mana

$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$  konvergen ke suatu bilangan acak berdistribusi normal dengan rata-rata

0 dan varian 1, misalkan

$$Z = \frac{s_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})}{\sqrt{var(\bar{Y})}}$$

maka persamaan (3.17) menjadi

$$\begin{aligned} Pr(signal) &= P\left(Z > \frac{[UCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}\right) + P\left(Z < \frac{[LCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}\right) \\ &= 1 - P\left(Z < \frac{[UCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}\right) + P\left(Z < \frac{[LCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}\right) \end{aligned} \quad (3.19)$$

$$Pr(signal) = 1 - P(Z < z_u) + P(Z < z_l) \quad (3.18)$$

dengan

$$z_u = \frac{[UCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}$$

$$z_l = \frac{[LCL_{mr-\bar{Y}}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{var(\bar{Y})}}$$

Berdasarkan persamaan (3.11), (3.12) dan (3.16) yang disubstitusikan ke dalam persamaan (3.19), maka persamaan (3.19) menjadi

$$z_u = \frac{\left[\frac{\bar{Y}_a^\alpha + \bar{Y}_c^\alpha}{2} + A_3 \left(\frac{\bar{S}_a^\alpha + \bar{S}_c^\alpha}{2}\right) - (A + B\mu')\right]}{\sqrt{\frac{B^2 \sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}} \quad (3.20)$$

$$z_l = \frac{\left[ \frac{\bar{Y}_a^\alpha + \bar{Y}_c^\alpha}{2} - A_3 \left( \frac{\bar{S}_a^\alpha + \bar{S}_c^\alpha}{2} \right) - (A + B\mu') \right]}{\sqrt{\frac{B^2 \sigma_p^2 + \sigma_m^2}{n}}}$$

dengan

$$\bar{Y}_a^\alpha = \bar{Y}_a + \alpha(\bar{Y}_b - \bar{Y}_a)$$

$$\bar{Y}_c^\alpha = \bar{Y}_c - \alpha(\bar{Y}_c - \bar{Y}_b)$$

dan

$$\bar{S}_a^\alpha = \bar{S}_a + \alpha(\bar{S}_b - \bar{S}_a)$$

$$\bar{S}_c^\alpha = \bar{S}_c - \alpha(\bar{S}_c - \bar{S}_b)$$

Karena  $Z \rightarrow \sim N(0,1)$ , maka  $P(Z < z) = \Phi(z)$  dengan  $\Phi(\cdot)$  adalah fungsi distribusi kumulatif normal standar, sehingga persamaan (3.18) menjadi

$$\Pr(\text{signal}) = (1 - \Phi(z_u)) + \Phi(z_l) \quad (3.21)$$

### 3.4 Penentuan ARL pada Grafik Pengendali Kabur

Dalam Bab II sudah dijelaskan formula untuk menghitung ARL, jika proses dalam keadaan *in control*, maka formula ARL adalah

$$ARL = \frac{1}{\alpha}$$

dan jika proses dalam keadaan *out of control*, maka formula ARL adalah

$$ARL = \frac{1}{1 - \beta}$$

Adapun hipotesis  $H_0$  menyatakan proses dalam keadaan *in control* dan  $H_1$  menyatakan proses dalam keadaan *out of control*. Dalam penelitian ini kondisi

$\Pr(\text{signal})$  yang terjadi adalah menolak  $H_0$ , padahal  $H_0$  adalah salah yang bersesuaian dengan kondisi ARL, maka formula ARL yang digunakan adalah

$$ARL = \frac{1}{1 - \beta}$$

karena

$$\begin{aligned} 1 - \beta &= P(\text{menolak } H_0 \mid H_0 \text{ salah}) \\ &= P\left(\frac{s_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} > \frac{[UCL_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) \\ &\quad + P\left(\frac{s_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}} < \frac{[LCL_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) \\ &= 1 - P\left(Z < \frac{[UCL_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) + P\left(Z < \frac{[LCL_{mr-p}^\alpha - E(\bar{Y})]}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y})}}\right) \\ &= (1 - \Phi(z_u)) + \Phi(z_l) \end{aligned}$$

maka

$$ARL = \frac{1}{(1 - \Phi(z_u)) + \Phi(z_l)}$$

### 3.5 Perhitungan ARL

Data yang digunakan untuk mengamati pengaruh perhitungan galat pada grafik pengendali kabur  $\bar{\bar{X}} - \bar{S}$  adalah data yang dibangkitkan menggunakan *software* MATLAB dengan matriks berukuran  $25 \times 10$  dengan pengamatan sebanyak 25 kali dan sampel pengamatan sebesar 10 untuk tiap-tiap pengamatan. Setiap sampel pengamatan tersebut dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali pengukuran. Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 3.1** Contoh Data yang Dibangkitkan Menggunakan MATLAB

No.	$Y_a$				$Y_b$				$Y_c$			
	1	2	...	10	1	2	...	10	1	2	...	10
1.	8,66	9,43	...	12,98	8,76	9,48	...	13,01	9,06	9,83	...	13,01
2.	7,01	10,21	...	8,73	7,10	10,35	...	9,10	7,48	10,59	...	9,20
3.	11,08	10,64	...	7,63	11,33	10,89	...	7,83	11,53	11,13	...	7,97
4.	11,34	9,69	...	9,73	11,39	9,79	...	10,05	11,50	9,80	...	10,34
5.	11,46	11,18	...	7,47	11,78	11,30	...	7,70	12,01	11,33	...	8,02
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24.	8,54	9,41	...	12,42	8,77	9,74	...	12,43	9,05	9,77	...	12,78
25.	9,29	10,79	...	8,09	9,45	11,15	...	8,45	9,67	11,34	...	8,82

Pertama perlu dihitung rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel sesuai dengan persamaan (3.13), yaitu

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{a1} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ai1} \\ &= \frac{1}{10} (8,66 + 9,43 + 9,90 + 8,63 + 9,57 + 11,11 + 10,86 + 8,55 + 12,98) \\ &= 10,08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{a2} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ai2} \\ &= \frac{1}{10} (7,0 + 10,21 + 10,3 + 10,43 + 10 + 7,3 + 8,74 + 8,46 + 7,16 + 8,7) \\ &= 8,84\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{a25} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ai25} \\ &= \frac{1}{10} (9,29 + 10,79 + 7,78 + 11,34 + 10,4 + 11,4 + 9,34 + 9,34 + 8,09) \\ &= 9,60\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{c1} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ci1} \\ &= \frac{1}{10} (9,06 + 9,83 + 10,2 + 9,17 + 9,9 + 11,79 + 11,30 + 8,80 + 13,01) \\ &= 10,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{c2} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ci2} \\ &= \frac{1}{10} (7,48 + 10,6 + 10,9 + 10,6 + 10,5 + 7,65 + 9,29 + 9 + 7,69 + 9,2) \\ &= 9,31\end{aligned}$$

:

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{c25} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ci25} \\ &= \frac{1}{10} (9,6 + 11,3 + 7,93 + 11,5 + 8,87 + 10,51 + 12,1 + 9,7 + 9,6 + 8,8) \\ &= 10,01\end{aligned}$$

dan representasi bilangan kabur rata-rata keseluruhan dari rata-rata sampel tersebut berdasarkan pada persamaan (3.14) adalah

$$\begin{aligned}\bar{Y} &= \left( \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Y}_{cj}}{m} \right) \\ &= (9,8468; 10,0433; 10,2260)\end{aligned}$$

Standar deviasi kabur ( $\tilde{S}_j$ ) dari karakteristik sampel pengamatan di atas

berdasarkan persamaan (2.27) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tilde{S}_1 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(Y_a, Y_b, Y_c)_{i1} - (\bar{Y}_a, \bar{Y}_b, \bar{Y}_c)_1]^2}{10 - 1}} \\ &= (1,3707; 1,4252; 1,4283)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{S}_2 &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(Y_a, Y_b, Y_c)_{i2} - (\bar{Y}_a, \bar{Y}_b, \bar{Y}_c)_2]^2}{10 - 1}} \\ &= (1,3457; 1,4252; 1,4283)\end{aligned}$$

⋮

$$\begin{aligned}\tilde{S}_{25} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(Y_a, Y_b, Y_c)_{i25} - (\bar{Y}_a, \bar{Y}_b, \bar{Y}_c)_{25}]^2}{10 - 1}} \\ &= (1,2863; 1,3448; 1,3461)\end{aligned}$$

dan representasi bilangan kabur rata-rata dari standar deviasi tersebut berdasarkan persamaan (2.26) adalah

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m S_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{cj}}{m} \right\} \\ &= (1,3173; 1,3429; 1,3672)\end{aligned}$$

Jika diketahui  $\alpha = 0,65$  maka

$$\begin{aligned}\bar{Y}_a^\alpha &= \bar{Y}_a + \alpha(\bar{Y}_b - \bar{Y}_a) \\ &= 9,8468 + 0,65(10,0433 - 9,8468) \\ &= 9,9745\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_c^\alpha &= \bar{Y}_c - \alpha(\bar{Y}_c - \bar{Y}_b) \\ &= 10,2260 - 0,65(10,2260 - 10,0433) \\ &= 10,1072\end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned}\bar{S}_a^\alpha &= \bar{S}_a + \alpha(\bar{S}_b - \bar{S}_a) \\ &= 1,3173 + 0,65(1,3429 - 1,3173) \\ &= 1,3339\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{S}_c^\alpha &= \bar{S}_c - \alpha(\bar{S}_c - \bar{S}_b) \\ &= 1,3672 - 0,65(1,3672 - 1,3429) \\ &= 1,3514\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka hasil yang diperoleh akan disubstitusikan pada peluang sinyal muncul ( $\Pr(\text{signal})$ ) untuk grafik

pengendali kabur  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi, jika diketahui

$$A = 0; \quad A_3 = 0,975$$

$$n = 10; \quad \sigma_p^2 = 2$$

$$B = 1; \quad \sigma_m^2 = 0$$

$$d = 0; \quad \mu = 10$$

$$\mu' = 0;$$

maka persamaan (3.20) akan menjadi

$$\begin{aligned}z_u &= \frac{\left(\frac{9,9745 + 10,1072}{2}\right) + 0,975\left(\frac{1,3339 + 1,3514}{2}\right) - (0 + 1 \times 0,0)}{\sqrt{\frac{(1^2 \times 2 + 0)}{20}}} \\ &= 3,0186\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z_l &= \frac{\left(\frac{9,9745 + 10,1072}{2}\right) - 0,975\left(\frac{1,3339 + 1,3514}{2}\right) - (0 + 1 \times 0,0)}{\sqrt{\frac{(1^2 \times 2 + 0)}{20}}}\end{aligned}$$

$$= -2,8358$$

dan persamaan (3.21) menjadi

$$\Pr(\text{signal}) = (1 - \Phi(3,0186)) + \Phi(-2,8358)$$

$$= 0,0036$$

Sehingga nilai RL adalah

$$\begin{aligned}
 RL &= \frac{1}{\Pr(\text{signal})} \\
 &= \frac{1}{0,0036} \\
 &= 281,2882
 \end{aligned}$$

### 3.6 Simulasi ARL

Untuk mendeteksi keefektivan dari grafik pengendali  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan standar deviasi dengan mengestimasi parameter ARL. Tujuan dari simulasi ini adalah grafik pengendali dapat mengirimkan sinyal secepat mungkin ketika proses pengendali dalam keadaan *out of control*.

Model akan disimulasikan menggunakan *software* MATLAB dengan nilai dari  $n$ ,  $A$ ,  $\mu_0 - \mu'$  ditentukan oleh penulis. Dengan perlakuan ketika *ratio* dari  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat dan *shift* meningkat pula. Dalam simulasi dilakukan *looping* sebanyak 20000 kali. Adapun hasil simulasi ditunjukkan pada tabel di bawah ini

**Tabel 3.2** Estimasi Nilai ARL dengan Nilai Ratio  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  Meningkat, dengan  $A = 0$  dan  $B = 1$

$\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$ \ Shift	0,0	0,1	0,2	0,5	1,0
0,0	364,1723	231,8594	159,8734	69,2783	29,4697
0,2	212,3782	145,0101	104,4845	50,6932	24,0468
0,4	71,1554	53,8004	42,5058	25,5756	14,8925
0,6	24,4519	20,3047	17,4726	12,4522	8,7335
0,8	10,0078	8,9605	8,2125	6,6509	5,3382
1,0	4,9000	4,6441	4,4163	3,9615	3,5130
1,2	2,8215	2,7735	2,7189	3,9505	2,5000
1,4	1,8837	1,8873	1,8880	1,8907	1,9026
1,6	1,4265	1,4137	1,4610	1,4966	1,4175

1,8	1,1983	1.1272	1,2056	1,2072	1,1376
2,0	1,0855	1,0970	1,2690	1,0832	1,1843

### 3.7 Menganalisis Pengaruh dari Galat Pengukuran Terhadap Nilai ARL

Tabel 3.2 mengilustrasikan pengaruh galat pengukuran pada grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat dengan diberikan nilai *shift* yang sama maka nilai ARL semakin kecil. Hal tersebut dapat dilihat pada saat nilai *shift* **0** dan tidak ada *error*, nilai ARL sebesar **364,1723**. Akan tetapi pada saat nilai *error* **0,1** dapat diketahui nilai ARL turun menjadi **231,8594**, begitu juga apabila nilai *error* meningkat sebesar **1** maka nilai ARL semakin turun menjadi **29,4697**. Sehingga dapat diketahui bahwa pada saat nilai *shift* **0** dan semakin besar nilai *error* yang diberikan maka nilai ARL semakin turun.

Perubahan nilai ARL yang semakin kecil tersebut menunjukkan bahwa adanya penurunan keefektivan dari grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi, atau dapat dikatakan ketika *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat pada saat diberikan nilai *shift* yang sama, terdapat peningkatan keadaan yang tidak terkendali (*out of control*).

Ketika nilai *shift* meningkat pada saat tidak ada *error* atau nilai *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  adalah **0** terjadi penurunan nilai ARL. Hal ini sudah benar karena ketika nilai *shift* meningkat terjadi peningkatan keadaan yang tidak terkendali (*out of control*).

Ketika proses dalam keadaan tidak terkendali ini, maka sinyal harus dikirimkan secepat mungkin.

Pada Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa dalam beberapa simulasi terdapat beberapa nilai ARL yang semakin meningkat meskipun  $ratio \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat dan nilai *shift* meningkat, terutama saat nilai *shift* mendekati nilai 2, namun kenaikan nilai ARL tersebut tidaklah signifikan. Dapat dilihat ketika nilai *shift* adalah 2 dan tidak ada *error*, nilai ARL sebesar 1,0855. Ketika dengan nilai *shift* yang sama namun diberikan nilai *error* sebesar 0,1, nilai ARL menjadi sebesar 1,0970 yang berarti terjadi kenaikan ARL sebesar 0,0115. Meskipun pada kondisi tersebut terjadi kenaikan nilai ARL, nilai ARL tersebut tetap menunjukkan bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*).

### 3.8 Kajian Agama tentang Kualitas

Allah Swt. memerintahkan kepada umat-Nya agar menakar dengan adil yang dijelaskan dalam al-Quran surat ar-Rahman/55:9 yang berbunyi:

وَأَقِيمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيزَانَ

“Dan tegakkanlah timbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi neraca itu” (QS. ar-Rahman/55:9).

Keadilan di antara hamba-hamba Allah Swt. adalah berupa ucapan dan perbuatan. Timbangan yang dimaksud dari ayat di atas bukan hanya sekedar timbangan saja, akan tetapi termasuk pula takaran yang harus sesuai. Dengan turunnya ayat di atas Allah Swt. memerintahkan kepada umat-Nya agar tidak berbuat curang dengan tidak mengurangi takaran timbangan.

Allah Swt. telah menegaskan dalam firman-Nya bagaimana celakanya mereka yang tidak memenuhi takaran atau timbangan baik di dunia maupun di akhirat, yang mana dijelaskan dalam firman-Nya surat al-Muthaffifiin/83:1-3 yang berbunyi:

وَيْلٌ لِّلْمُطَفِّفِينَ ﴿١﴾ الَّذِينَ إِذَا أَكْتَالُوا عَلَى النَّاسِ يَسْتَوْفُونَ ﴿٢﴾ وَإِذَا كَالُوهُمْ أَوْ وَزَنُوهُمْ يُخْسِرُونَ ﴿٣﴾

*“Kecelakaan besarlah bagi orang-orang yang curang. Orang-orang yang apabila menerima takaran dari orang lain mereka minta dipenuhi. Dan apabila mereka menakar atau menimbang untuk orang lain, mereka mengurangi” (QS. al-Muthaffifiin/83:1-3).*

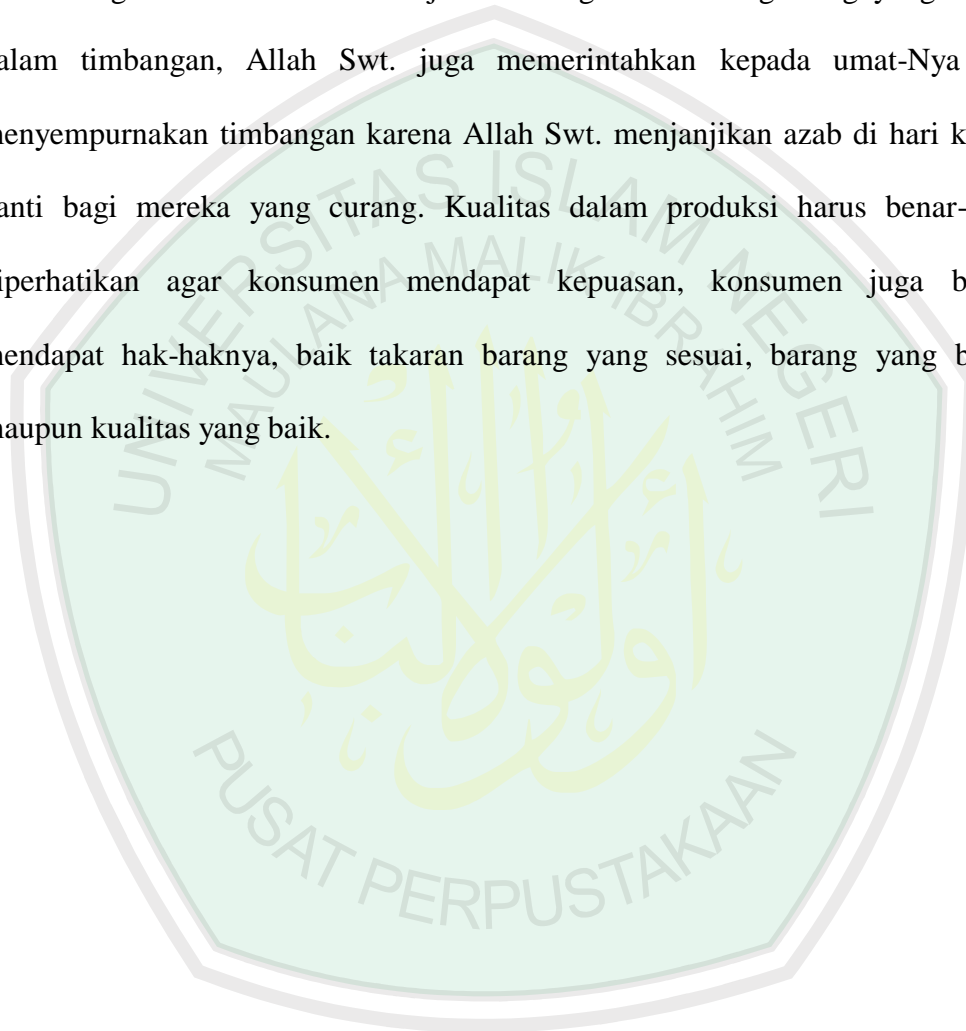
Bahwa diriwayatkan dari Ibnu Abbas, ia berkata, surat al-Muthaffifiin adalah surat yang pertama kali diturunkan kepada Rasulullah Saw. saat tiba di Madinah, surat tersebut turun berkaitan dengan umat Rasulullah Saw., jika orang lain menimbang atau menakar bagi mereka sendiri, maka mereka menuntut takaran dan timbangan yang penuh sekaligus meminta tambahan. Namun apabila mereka menimbang atau menakar untuk orang lain, mereka mengurangi kadarnya sedikit, baik dengan cara menggunakan alat takar yang sudah direkayasa, atau dengan tidak memenuhi takaran dengan cara curang lainnya, lalu ketika surat ini turun mereka pun tidak melakukannya lagi, bahkan mereka adalah sebaik-baik orang yang memenuhi takaran hingga saat ini (Al-Qurthubi, 2009).

Selain celaka besar bagi orang-orang yang curang, di hari kiamat kelak akan ada azab yang mengerikan pula, yang mana dijelaskan dalam al-Quran surat Hud/11:84 yang berbunyi:

وَإِلَىٰ مَدْيَنَ أَخَاهُمْ شُعَيْبًا قَالَ يَبْقَوْمَ اعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُمْ مِنِّي غَيْرُهُ ۖ وَلَا تَنْقُصُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ ۚ إِنَّي أُرْسِلُكُمْ بِخَيْرٍ وَإِنِّي أَخَافُ عَلَيْكُمْ عَذَابَ يَوْمٍ مُّحِيطٍ ﴿٨٤﴾

*Dan kepada (penduduk) Mad-yan (Kami utus) saudara mereka, Syu'aib. Ia berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tiada Tuhan bagimu selain Dia. Dan janganlah kamu kurangi takaran dan timbangan, sesungguhnya aku melihat kamu dalam keadaan yang baik (mampu) dan sesungguhnya aku khawatir terhadapmu akan azab hari yang membinasakan (kiamat)" (QS. Hud/11:84).*

Begitulah Allah Swt. menjelaskan bagaimana orang-orang yang curang dalam timbangan, Allah Swt. juga memerintahkan kepada umat-Nya agar menyempurnakan timbangan karena Allah Swt. menjanjikan azab di hari kiamat nanti bagi mereka yang curang. Kualitas dalam produksi harus benar-benar diperhatikan agar konsumen mendapat kepuasan, konsumen juga berhak mendapat hak-haknya, baik takaran barang yang sesuai, barang yang bagus, maupun kualitas yang baik.



## BAB IV

### PENUTUP

#### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada Bab III, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh *error* pengukuran pada grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi dapat dilihat dari hasil simulasi yang menunjukkan bahwa ketika *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  meningkat pada saat diberikan nilai *shift* yang sama maka nilai ARL semakin kecil. Perubahan nilai ARL yang semakin kecil tersebut menunjukkan bahwa adanya penurunan keefektivan dari grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi yang berarti terdapat peningkatan keadaan yang tidak terkendali (*out of control*).

Ketika nilai *shift* meningkat pada saat tidak ada *error* atau nilai *ratio*  $\frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$  adalah 0 terjadi penurunan nilai ARL, hal ini sudah benar karena ketika nilai *shift* meningkat terjadi peningkatan keadaan yang tidak terkendali (*out of control*). Ketika proses dalam keadaan tidak terkendali ini, maka sinyal harus dikirimkan secepat mungkin.

#### 4.2 Saran

Pada penelitian ini membahas tentang estimasi nilai ARL pada pengaruh pengukuran galat pada grafik pengendali kabur  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan pengaruh galat pengukuran dengan estimasi nilai ARL pada grafik pengendali kabur yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D.W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi.
- Bennett, C.A. 1954. Effect of Measurement Error on Chemical Process Control. *Industry Quality Control*, 10:17-25.
- Caulcutt, R. 1996. Responding to Process Changes. *Quality and Reliability Engineering International*, 9: 56-62.
- Chakraborty, A dan Khurshid, A. 2013. Measurement Error Effect on The Power of Control for Zero Truncated Poisson Distribution. *International Journal for Quality Reasearch*, 7: 3-14.
- Darmanto. 2012. *Statistika Pengendalian Mutu Lanjutan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dudewicz, E.J dan Mishra, S.N. 1995. *Statistika Matematika Modern*. Terjemahan R.K. Sembiring. Bandung: Penerbit ITB.
- Grant, E.L. 1993. *Pengendalian Mutu Statistis*. Jakarta: Erlangga.
- Imani, A.K.F. 2005. *Tafsir Nurul Quran*. Terjemahan Salman Nano. Jakarta: Penerbit Al-Huda.
- Kanazuka, T. 1986. The Effect of Measurement Error on the Power of  $\bar{X} - \bar{R}$  Charts. *Journal of Quality Technology*, 18: 91-95.
- Kaya, I. dan Kahraman, C. 2011. Process Capability Analyses Based on Fuzzy Measurements and Fuzzy Control Chart. *Expert System With Aplication*, 38: 3172-3184.
- Kotler, P. 2003. *Marketing Management, 11<sup>th</sup> Edition*. New Jersey: Prentice Hall Int'l.
- Kusumadewi, S. Hartati, S. Harjoko, A. dan Wardoyo, R. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Linna, K.W. 1991. *Control Charts Performance Under Linear Covariate Measurement Processes*. PhD Thesis, Alabama: University of Alabama.
- Linna, K.W dan Woodall, W.H. 2001. Effect of Measurement Error on Shewhart Control Charts. *Journal of Quality Technology*, 10: 213-222.

- Maravelakis, P. Panaretos, S. dan Psarakis, S. 2004. EWMA Chart and Measurement Error. *Journal of Applied Statistics*, 31: 445-455.
- Moameni, M. dan Saghaei, A. 2012. The Effect of Measurement Error on  $\bar{X} - \bar{R}$  Fuzzy Control Charts. *ETASR-Engineering, Technology, & Applied Science Research*, 2: 173-176.
- Montgomery, D.C. 1996. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Terjemahan Zanzawi Soejati. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Qurtubhi, I. 2009. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jakarta Selatan: Pustaka Azzam.
- Senturk, A. dan Erginel, N. 2009. Development of Fuzzy  $\bar{X} - \bar{R}$  and  $\bar{X} - \bar{S}$  Control Charts Using  $\alpha$ -cuts. *Information Sciences*, 179: 1542-1551.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Walden, C.T. 1990. *An Analysis of Variables Control Charts in The Presence of Measurement Error*. Mississippi: Mississippi State University, Department of Industrial Engineering.
- Wang, J.H. dan Raz, T. 1990. On the Construction of Control Charts Using Linguistic Variables. *International Journal of Production Research*, 28: 477-487.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data *Random* yang Dibangkitkan dengan MATLAB

No.	$Y_a$									
1.	8,66	9,43	9,90	8,63	9,57	11,11	11,09	10,86	8,55	12,98
2.	7,01	10,21	10,30	10,43	10,00	7,38	8,74	8,46	7,16	8,73
3.	11,08	10,64	10,63	10,03	10,26	8,01	7,89	8,52	8,16	7,63
4.	11,34	9,69	9,70	10,67	12,04	9,66	10,53	12,38	9,87	9,73
5.	11,46	11,18	9,24	10,58	10,13	8,44	8,48	9,76	8,54	7,47
6.	9,86	11,84	13,03	8,67	8,16	8,57	11,13	10,15	9,78	7,07
7.	9,73	10,84	9,65	10,57	8,81	7,80	7,41	9,56	11,04	12,83
8.	12,63	10,20	10,30	10,30	8,67	8,55	5,93	11,51	8,65	11,92
9.	10,21	10,38	11,16	8,68	7,34	10,09	8,77	10,61	11,57	12,24
10.	8,34	8,38	8,78	7,63	9,53	10,40	11,67	9,50	10,17	8,85
11.	9,60	10,63	7,35	13,63	10,59	7,45	11,89	11,34	10,46	11,61
12.	9,89	10,03	9,94	11,57	11,11	9,06	9,86	9,44	9,65	7,90
13.	10,18	11,58	9,19	11,82	10,55	8,35	10,29	10,29	10,38	9,93
14.	9,70	10,55	10,41	9,26	9,09	10,09	10,83	10,85	9,08	9,82
15.	9,80	9,89	11,42	9,00	10,50	10,71	11,97	11,97	8,11	9,86
16.	9,23	11,64	8,56	11,94	10,45	9,93	12,63	12,63	8,48	9,96
17.	10,39	8,81	10,65	12,07	11,28	8,92	8,13	10,95	7,49	8,63
18.	9,38	10,51	8,07	8,54	7,97	9,51	11,72	9,70	8,28	11,11
19.	8,33	9,78	10,04	8,45	10,30	13,01	7,27	7,98	9,43	8,74
20.	9,36	9,61	10,07	10,16	7,54	10,24	10,59	11,45	10,07	10,41
21.	9,37	9,33	10,33	8,77	12,07	8,26	9,85	11,53	9,78	11,75
22.	6,99	9,67	9,99	10,8	8,35	10,19	10,11	8,90	9,77	10,64
23.	8,98	11,64	10,18	12,32	10,20	10,62	10,12	9,67	8,98	9,70
24.	8,54	9,41	11,38	9,47	9,33	8,55	9,20	10,61	8,15	12,42
25.	9,29	10,79	7,78	11,34	8,58	10,04	11,44	9,34	9,34	8,09

Lanjutan Lampiran I

No.	$Y_b$									
1.	8,76	9,48	10,00	9,02	9,83	11,51	11,25	11,18	8,59	13,01
2.	7,10	10,35	10,64	10,49	10,36	7,52	9,07	8,78	7,33	9,10
3.	11,33	10,89	10,64	10,14	10,58	8,29	8,22	8,69	8,47	7,83
4.	11,39	9,79	10,02	10,84	12,22	9,95	10,71	12,48	10,01	10,05
5.	11,78	11,30	9,54	10,68	10,40	8,56	8,83	9,85	8,74	7,71
6.	10,00	11,88	13,20	8,80	8,44	8,61	11,22	10,39	9,98	7,33
7.	9,84	10,95	9,71	10,62	9,16	7,87	7,54	9,95	11,18	12,96
8.	12,99	10,53	10,55	11,62	8,88	8,81	6,13	11,76	8,83	12,29
9.	10,57	10,51	11,52	8,70	7,69	10,09	8,79	10,62	11,89	12,50
10.	8,66	8,41	8,90	7,80	9,69	10,66	11,69	9,79	10,18	9,03
11.	9,62	10,70	7,30	13,86	10,64	7,55	12,19	11,48	10,74	11,79
12.	10,22	10,14	10,29	11,78	11,21	9,34	9,98	9,60	10,03	8,13
13.	10,39	11,84	9,28	11,95	10,90	8,63	10,41	10,91	10,73	10,17
14.	10,10	10,95	10,79	9,29	9,11	10,32	10,92	11,60	9,11	10,08
15.	9,85	10,27	11,54	9,21	10,55	10,87	12,05	8,75	8,34	9,99
16.	9,46	11,89	8,94	12,04	10,79	10,18	12,95	10,94	8,81	10,13
17.	10,53	8,96	10,78	12,10	11,62	9,17	8,50	11,01	7,87	8,99
18.	9,68	10,60	8,25	8,91	8,17	9,59	11,74	10,07	8,57	11,25
19.	8,51	10,13	10,29	8,53	10,34	13,05	7,47	8,02	9,82	9,01
20.	9,36	9,61	10,15	10,54	7,94	10,48	10,82	11,69	10,44	10,73
21.	9,50	9,67	10,50	9,04	12,41	8,26	9,87	11,78	9,80	11,83
22.	7,26	9,79	10,17	11,23	8,36	10,32	10,13	9,05	9,84	10,78
23.	9,24	11,73	10,43	12,58	10,60	10,75	10,33	9,69	9,30	9,88
24.	8,77	9,74	11,61	9,74	9,59	8,67	9,52	10,89	8,39	12,43
25.	9,45	11,15	7,84	11,51	8,73	10,37	11,81	9,56	9,40	8,45

Lanjutan Lampiran I

No.	$Y_c$									
	1.	9,06	9,83	10,20	9,17	9,90	11,79	11,30	11,37	8,80
2.	7,48	10,59	10,90	10,67	10,53	7,65	9,29	9,08	7,69	9,20
3.	11,53	11,13	10,84	10,27	10,70	8,61	8,59	8,97	8,59	7,97
4.	11,50	9,80	10,22	11,04	12,56	10,00	10,80	12,69	10,32	10,34
5.	12,00	11,33	9,58	10,87	10,64	8,77	8,88	9,87	8,97	8,02
6.	10,18	12,27	13,50	9,15	8,51	8,99	11,52	10,53	10,30	7,71
7.	10,03	11,16	9,74	11,01	9,24	8,06	10,24	10,24	11,22	13,18
8.	13,03	10,79	10,77	11,74	9,01	9,12	6,25	12,06	9,19	12,35
9.	10,60	10,80	11,53	8,90	7,69	10,11	9,06	10,85	11,89	12,64
10.	8,82	8,77	9,23	8,10	9,89	11,00	11,83	10,00	10,55	9,20
11.	9,82	10,83	7,44	14,04	10,93	7,73	12,36	11,71	10,77	11,92
12.	10,34	10,21	10,55	12,12	11,32	9,61	10,34	9,95	10,42	8,34
13.	10,40	11,96	9,42	11,95	11,22	8,92	10,51	10,95	11,01	10,38
14.	10,43	11,22	11,02	9,35	9,18	10,44	11,13	11,69	9,14	10,21
15.	10,14	10,64	11,83	9,36	10,60	11,23	12,31	9,03	8,34	10,00
16.	9,67	11,92	8,95	12,05	10,90	10,18	13,35	11,25	8,93	10,21
17.	10,74	8,96	10,84	12,12	11,90	9,56	8,74	11,23	8,11	8,99
18.	10,08	10,72	8,27	8,96	8,55	9,60	11,97	10,23	8,76	11,35
19.	8,65	10,27	10,52	8,91	10,51	13,45	7,86	8,11	9,92	9,18
20.	9,65	9,89	10,48	10,76	8,04	10,74	10,92	11,90	10,58	10,73
21.	9,80	9,74	10,79	9,21	12,55	8,47	9,92	11,87	10,00	11,94
22.	7,44	9,87	10,23	11,25	8,45	10,52	10,38	9,08	10,13	10,79
23.	9,51	11,75	10,58	12,65	10,99	10,75	10,63	9,78	9,41	9,92
24.	9,05	9,77	11,91	9,86	9,72	8,69	9,75	10,99	8,44	12,78
25.	9,67	11,34	7,93	11,58	8,87	10,51	12,11	9,70	9,61	8,82

**Lampiran 2.** Nilai Rata-rata Kabur  $\bar{Y}_j$  dari 25 Karakteristik Sampel Pengamatan

$\bar{Y}_j$	$\bar{Y}_a$	$\bar{Y}_b$	$\bar{Y}_c$
1.	10,0824	10,2671	10,4467
2.	8,8472	9,0790	9,3130
3.	9,2887	9,5121	9,7246
4.	10,5669	10,7502	10,9314
5.	9,5312	9,7430	9,9000
6.	9,8308	9,9900	10,2712
7.	9,8283	9,9817	10,1561
8.	10,0005	10,2452	10,4381
9.	10,1089	10,2929	10,4129
10.	9,3302	9,4853	9,7437
11.	10,4492	10,5919	10,7605
12.	9,8497	10,0751	10,3239
13.	10,3178	10,5249	10,6769
14.	10,0334	10,2332	10,3849
15.	10,0049	10,1483	10,3526
16.	10,3652	10,6112	10,7468
17.	9,7367	9,9569	10,1254
18.	9,4850	9,6895	9,8531
19.	9,3360	9,5249	9,7431
20.	9,9534	10,1811	10,3718
21.	10,1091	10,2718	10,4329
22.	9,5501	9,6982	9,8197
23.	10,2455	10,4582	10,6007
24.	9,7110	9,9396	10,1016
25.	9,6089	9,8306	10,0191

**Lampiran 3.** Nilai Standar Deviasi Kabur  $\bar{S}_j$  dari 25 Karakteristik Sampel Pengamatan

No.	$\bar{S}_j$		
1.	1,3707	1,4252	1,4283
2.	1,3457	1,3471	1,3815
3.	1,2982	1,3249	1,3563
4.	0,9846	1,0259	1,0319
5.	1,2810	1,3040	1,3164
6.	1,7730	1,7849	1,8070
7.	1,5924	1,6033	1,6274
8.	2,0480	2,0505	2,0817
9.	1,4752	1,5051	1,5197
10.	1,1433	1,1564	1,189
11.	1,9518	2,0152	2,0193
12.	0,9896	0,9945	1,0138
13.	0,9786	1,0219	1,0275
14.	0,7865	0,8557	0,9102
15.	1,1786	1,1977	1,2418
16.	1,3774	1,4098	1,4312
17.	1,4212	1,4332	1,5264
18.	1,2406	1,2431	1,3054
19.	1,5932	1,6122	1,6203
20.	1,0163	1,0163	1,0166
21.	1,2965	1,3188	1,3422
22.	1,1617	1,1678	1,1776
23.	1,0243	1,0527	1,0674
24.	1,3185	1,3606	1,3956
25.	1,2863	1,3448	1,3461

#### Lampiran 4. Coding Simulasi Menggunakan MATLAB

```
clc, clear

tic;
A=0;
B=1;
n=10;
d=0;
mu0=10;
miu=d+mu0;
nisbah=0;
sigma_p2=2;
sigma_m2=nisbah*sigma_p2;

A3=0.975;
alpha=0.65;

looping=input('masukkan jumlah looping yang anda
inginkan= ')

for i=1:looping

Xb=normrnd(10,sqrt(2),25,10);
Xa= Xb-0.4.*rand(25,10);
Xc= Xb+0.4.*rand(25,10);
data=[Xa Xb Xc];

a=A+B.*(Xa);
b=A+B.*(Xb);
c=A+B.*(Xc);

Ybar_a=mean(a'); %rata-rata dari a
Ybar_b=mean(b'); %rata-rata dari b
Ybar_c=mean(c'); %rata-rata dari c
rata_rata=[Ybar_a' Ybar_b' Ybar_c'];

Sd_a=std(a'); %standar deviasi dari a
Sd_b=std(b'); %standar deviasi dari b
Sd_c=std(c'); %standar deviasi dari c

standard_deviasi=[Sd_a' Sd_b' Sd_c'];
standard=sort(standard_deviasi');

sd=standard';

sda=sd(:,1)';
sdb=sd(:,2)';
sdc=sd(:,3)';
```

```

Ya=mean(Ybar_a); %rata-rata dari rata-rata a
Yb=mean(Ybar_b); %rata-rata dari rata-rata b
Yc=mean(Ybar_c); %rata-rata dari rata-rata c

ratarata_global=[Ya Yb Yc];
ratarata_sd=mean(standard');

Sa=ratarata_sd(:,1); %rata-rata dari standar deviasi a
Sb=ratarata_sd(:,2); %rata-rata dari standar deviasi b
Sc=ratarata_sd(:,3); %rata-rata dari standar deviasi c

Ybarbar_a=Ya+alpha*(Yb-Ya);
Ybarbar_c=Yc-alpha*(Yc-Yb);

Sbar_a=Sa+alpha*(Sb-Sa);
Sbar_c=Sc-alpha*(Sc-Sb);

ZU=((Ybarbar_a+Ybarbar_c)/2)+A3*((Sbar_a+Sbar_c)/2)-
(A+B*miu)/sqrt((B^2*sigma_p2+sigma_m2)/n);
ZL=((Ybarbar_a+Ybarbar_c)/2)-A3*((Sbar_a+Sbar_c)/2)-
(A+B*miu)/sqrt((B^2*sigma_p2+sigma_m2)/n);

proba(i)=1-normcdf(ZU,0,1)+normcdf(ZL,0,1);
rl(i)=1/proba(i);

end

ARL=mean(rl)
toc;

```

**Lampiran 5.** Faktor Guna Membentuk Grafik Pengendali Variabel

Observasi dalam Sampel ( <i>n</i> )	Grafik Rata-rata			Grafik Standar Deviasi						Grafik Rentang						
	Faktor untuk Batas Pengendali			Faktor untuk Garis Tengah		Faktor untuk Batas Pengendali				Faktor untuk Garis Tengah			Faktor untuk Batas Pengendali			
	<i>A</i>	<i>A</i> <sub>2</sub>	<i>A</i> <sub>3</sub>	<i>c</i> <sub>4</sub>	$\frac{1}{c_4}$	<i>B</i> <sub>3</sub>	<i>B</i> <sub>4</sub>	<i>B</i> <sub>5</sub>	<i>B</i> <sub>6</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	$\frac{1}{d_2}$	<i>d</i> <sub>3</sub>	<i>D</i> <sub>1</sub>	<i>D</i> <sub>2</sub>	<i>D</i> <sub>3</sub>	<i>D</i> <sub>4</sub>
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,574
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,593	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

## RIWAYAT HIDUP



Eny Masruroh Hadi Santana, lahir di Kabupaten Probolinggo pada tanggal 29 September 1993, biasa dipanggil Eny, tinggal di Dusun Krajan I Desa Karanggeger RT. 002 RW. 001 Kecamatan Pajarakan Kabupaten Probolinggo. Anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Hadisun, S.Ag., M.Pd dan Ibu Sutina.

Pendidikan dasarnya ditempuh di MI Nahdlatul Ulama dan lulus pada tahun 2005, setelah itu melanjutkan ke MTsN Pajarakan dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan ke MA Nurul Jadid dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya, pada tahun 2011 menempuh kuliah di Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selama menjadi mahasiswa, dia mengikuti organisasi ekstra kampus dalam rangka mengembangkan kompetensi akademiknya. Organisasi ekstra kampus yang diikutinya adalah Ikatan Mahasiswa Alumni Nurul Jadid (IMAN). Dia juga mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Arab pada tahun 2011 dan mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Inggris pada tahun 2012.



**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933**

### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Eny Masruroh Hadi Santana  
NIM : 11610057  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika  
Judul Skripsi : Pengaruh Galat Pengukuran Pada Grafik Pengendali Kabur  
 $\bar{X} - \bar{S}$   
Pembimbing I : Fachrur Rozi, M.Si  
Pembimbing II : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	17 April 2015	Konsultasi Bab I dan II	1. <i>[Signature]</i>
2.	8 Mei 2015	Konsultasi Bab I dan II	2. <i>[Signature]</i>
3.	10 Agustus 2015	Konsultasi Agama Bab I dan II	3. <i>[Signature]</i>
4.	12 Agustus 2015	Revisi Bab I dan II	4. <i>[Signature]</i>
5.	28 Oktober 2015	Revisi Agama Bab I dan II	5. <i>[Signature]</i>
6.	5 Februari 2016	Konsultasi Bab III	6. <i>[Signature]</i>
7.	29 Februari 2016	Revisi Bab III	7. <i>[Signature]</i>
8.	21 Maret 2016	Konsultasi Bab III	8. <i>[Signature]</i>
9.	1 April 2016	Konsultasi Bab III	9. <i>[Signature]</i>
10.	8 April 2016	Revisi Bab III dan IV	10. <i>[Signature]</i>
11.	25 April 2016	Konsultasi Agama Bab III	11. <i>[Signature]</i>
12.	27 April 2016	Revisi Agama Bab III	12. <i>[Signature]</i>
13.	29 April 2016	ACC Bab III dan IV	13. <i>[Signature]</i>
14.	29 April 2016	ACC Agama Keseluruhan	14. <i>[Signature]</i>
15.	16 Mei 2016	ACC Keseluruhan	15. <i>[Signature]</i>

Malang, 16 Mei 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika



*[Signature]*  
Dr. Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001