



TUGAS AKHIR - KM184801

**PENERAPAN PETA KENDALI *FUZZY*  $\bar{X} - S$   
BERDASARKAN TRANSFORMASI *FUZZY MIDRANGE*  
PADA TINGKAT  $-\alpha$  DALAM PENGENDALIAN KUALITAS  
PRODUK X DI PT. ABC**

LAILATUL AJIJAH  
06111154000069

Dosen Pembimbing  
Drs. Suhud Wahyudi, M.Si

Departemen Matematika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



**TUGAS AKHIR - KM184801**

**PENERAPAN PETA KENDALI *FUZZY*  $\bar{X} - S$   
BERDASARKAN TRANSFORMASI *FUZZY MIDRANGE*  
PADA TINGKAT  $-\alpha$  DALAM PENGENDALIAN KUALITAS  
PRODUK X DI PT. ABC**

**LAILATUL AJIJAH  
061111540000069**

**Dosen Pembimbing  
Drs. Suhud Wahyudi, M.Si**

**Departemen Matematika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**





**FINAL PROJECT - KM184801**

**APPLICATION OF FUZZY  $\bar{X} - S$  CONTROL CHART  
BASED ON  $-\alpha$  LEVEL FUZZY MIDRANGE  
TRANSFORMATION IN ANALYSIS OF X PRODUCTION  
QUALITY CONTROL IN PT. ABC**

**LAILATUL AJIJAH  
06111154000069**

**Supervisors  
Drs. Suhud Wahyudi, M.Si**

**Departemen of Mathematics  
Fakultas Science dan Data Analytics  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**



## LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN PETA KENDALI FUZZY  $\bar{X} - S$  BERDASARKAN  
TRANSFORMASI FUZZY MIDRANGE PADA TINGKAT  $-\alpha$   
DALAM PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK X DI PT. ABC

APPLICATION OF FUZZY  $\bar{X} - S$  CONTROL CHART BASED ON  
 $\alpha$ -LEVEL FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION IN  
ANALYSIS OF X PRODUCTION QUALITY CONTROL IN PT. ABC

### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika  
Pada bidang studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :  
LAILATUL AJIAH  
0611154000069

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing,



Dr. Suhud Wahyudi, M.Si  
NIP. 19600109 198701 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika  
FSAD ITS



Subchan, Ph.D  
NIP. 19710513 199702 1 001  
Surabaya, Januari 2020

v





**PENERAPAN PETA KENDALI *FUZZY*  $\bar{X} - S$  BERDASARKAN  
TRANSFORMASI *FUZZY MIDRANGE* PADA TINGKAT  $-\alpha$   
DALAM PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK X DI PT. ABC**

Nama Mahasiswa : Lailatul Ajjah  
NRP : 06111540000069  
Departemen : Matematika FSAD-ITS  
Dosen Pembimbing : Drs. Suhud Wahyudi, M.Si

**ABSTRAK**

Peta kendali merupakan salah satu dari tujuh alat penyelesaian masalah dalam *statistical process control* (SPC). Teknik tersebut terbukti dalam meningkatkan produktivitas, dan mencegah kecacatan produk. Peta kendali  $\bar{X} - S$  pertama kali diperkenalkan oleh Shewhart yang digunakan untuk mendeteksi penyebab dari suatu proses. Di dalam penelitian ini dibahas tentang penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ . Penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  menunjukkan bahwa proses produksi sudah terkendali secara statistik. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  lebih sensitif untuk mendeteksi pergeseran proses dibandingkan peta kendali  $\bar{X} - S$  menurut nilai  $ARL_0$  masing-masing peta kendali.

**Kata Kunci** : *Pengendalian Kualitas Statistik, Peta Kendali Fuzzy  $\bar{X} - S$ , fuzzy midarange pada tingkat  $-\alpha$ .*



***APPLICATION OF FUZZY  $\bar{X} - S$  CONTROL CHART BASED ON  
 $\alpha$ -LEVEL FUZZY MIDRANGE TRANSFORMATION IN  
ANALYSIS OF X PRODUCTION QUALITY CONTROL IN PT. ABC***

Nama Mahasiswa : Lailatul Ajijah  
NRP : 0611154000069  
Departemen : Matematika FSAD-ITS  
Dosen Pembimbing : Drs. Suhud Wahyudi, M.Si

***ABSTRACT***

*Control chart, one of the seven problem solving tools in statistical process control (SPC). That is very popular technique in improving productivity and preventing defect product. Control charts of  $\bar{X} - S$  that used to detect whether assignable causes are exist. In this research, explained about application of  $\bar{X} - S$  control chart and fuzzy  $\bar{X} - S$  control chart based on  $\alpha$ -level fuzzy midrange transformation. The application of  $\bar{X} - S$  control chart and fuzzy  $\bar{X} - S$  control chart based on  $\alpha$ -level fuzzy midrange transformation shows that the production process has been controlled statistically. From the analysis, it can be concluded that fuzzy  $\bar{X} - S$  control chart based on  $\alpha$ -level fuzzy midrange transformation control chart gets more sensitive results to detect the process shift than  $\bar{X} - S$  control chart based on value of  $ARL_0$  each control charts.*

***Keywords: Quality Control, fuzzy  $\bar{X} - S$  Control Chart, ,  $\alpha$ -Level Fuzzy Midrange.***



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

**“PENERAPAN PETA KENDALI *FUZZY  $\bar{X} - S$*  BERDASARKAN TRANSFORMASI *FUZZY MIDRANGE* PADA TINGKAT  $-\alpha$  DALAM PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK X DI PT. ABC”**

Sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika FSAD Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak Subchan, Ph.D selaku Kepala Departemen Matematika ITS Departemen Matematika FSAD-ITS yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini
2. Bapak Drs. Suhud Wahyudi, M.Si selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si dan Ibu Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, S.Si, MT selaku dosen penguji atas segala kritik dan sarannya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dr. Dwi Ratna Sulistyoningrum, S.Si, MT selaku Sekretaris Bidang Akademik Departemen Matematika FSAD-ITS yang telah memberikan banyak bantuan dalam proses pengumpulan Tugas Akhir ini.
5. Dr. Drs. Subiono, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis menempuh perkuliahan.

6. Bapak dan Ibu dosen serta para staff Departemen Matematika FSAD-ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
7. Bapak, Ibu, Kakak, Adik dan seluruh keluarga penulis yang tidak ada hentinya memberi dukungan secara moril dan materil untuk kesuksesan penulis
8. Sahabat penulis, Retno, Fitri, Riska, Elsa, Devia, Nadiya, Sihing, Marlisa yang telah memberi semangat dukungan dan memberikan doa-doa terbaik untuk penulis.
9. Teman-teman mahasiswa Matematika ITS khususnya “DOHMAIn” yang telah memberikan masa-masa berkesan bagi penulis selama menjadi bagian dari mereka.
10. PT. Surabaya Wire yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian disana.
11. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih telah memberikan saran, dukungan, motivasi dan membantu sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan pada Tugas Akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Pengendalian Kualitas Statistik.....	7
2.3 Peta Kendali .....	8
2.4 Peta Kendali Variabel.....	9
2.5 Uji Normalitas .....	10
2.6 Peta Kendali $\bar{X} - S$ .....	10
2.7 Teori Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	12
2.8 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> .....	12
2.9 <i>Fuzzy Midrange</i> pada tingkat $-\alpha$ .....	13
2.10 <i>Average Run Length</i> .....	14
2.10 Teknik Pengambilan Sampel.....	15
BAB III METODE PENELITIAN .....	17
3.1 Objek dan Aspek Penelitian .....	17

3.2 Peralatan .....	17
3.3 Tahap Penelitian .....	17
3.3 Diagram Alir.....	18
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Penurunan Rumus Batas Kendali .....	21
4.2 Penerapan Peta Kendali .....	25
4.2.1 Uji Normalitas.....	25
4.2.2 Peta Kendali $\bar{X} - S$ .....	26
4.2.3 Peta Kendali <i>fuzzy</i> $\bar{X} - S$ .....	29
4.3 Perbandingan Peta Kendali .....	33
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>39</b>
<b>BIODATA</b> .....	<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 2.1</b> Peta Kendali .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Kurva Segitiga .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	19
<b>Gambar 4.1</b> Uji Normalitas Produk X .....	26
<b>Gambar 4.2</b> Peta Kendali $\bar{X} - S$ .....	28
<b>Gambar 4.3</b> Peta Kendali $S$ .....	29
<b>Gambar 4.4</b> Peta Kendali <i>fuzzy</i> $\bar{X} - S$ .....	32
<b>Gambar 4.5</b> Peta Kendali <i>fuzzy</i> $S$ .....	32

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran A. Data Produksi X di PT. ABC .....	39
Lampiran B Perhitungan rata-rata dan Standar Deviasi Setiap Subgrup .....	41
Lampiran C. <i>Triangular Fuzzy Number</i> ( $d,e,f$ ).....	43
Lampiran D Perhitungan rata-rata <i>fuzzy</i> dan standar deviasi <i>fuzzy</i> .....	51

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi latar belakang permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir. Permasalahan-permasalahan tersebut disusun ke dalam suatu rumusan masalah. Selanjutnya dijabarkan juga batasan masalah untuk mendapatkan tujuan serta manfaat.

### **1.1 Latar Belakang**

Kemajuan ekonomi saat ini diikuti dengan berkembangnya dunia industri yang semakin pesat. Hal ini menyebabkan daya saing antar industri satu dengan yang lainnya pun semakin ketat. Oleh karena itu, dibutuhkannya suatu inovasi baru suatu produk yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan para konsumen. Para konsumen sendiri saat ini sangat meningkatkan tuntutan mereka akan kualitas suatu produk yang diinginkan. Kualitas adalah keseluruhan ciri atau karakteristik produk atau jasa dalam tujuannya untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan [1]. Dengan adanya jaminan kualitas yang efektif dapat memberikan kenaikan penetrasi pasar bagi perusahaan tertentu yang menyebabkan meningkatnya pula permintaan konsumen. Maka dari itu, pengendalian kualitas memiliki peranan yang penting dalam sebuah industri.

Suatu produk ada karena adanya suatu proses produksi. Selama proses produksi berlangsung, kecacatan suatu produk pasti akan dialami. Oleh karena itu, untuk meminimalisir suatu produk yang cacat diperlukannya pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu dapat mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar [2]. Banyak cara untuk mengendalikan kualitas produk. Salah satunya adalah dengan cara *Statistic Process Control* (SPC). SPC

adalah metode statistik data-driven untuk memantau dan mengendalikan suatu proses dalam industri manufaktur [3]. Terdapat tujuh alat dalam *Statistical Process Control* (SPC) dan salah satunya adalah peta kendali [4]. Peta kendali adalah teknik pengendali proses pada jalur yang digunakan secara luas untuk menyelidiki secara cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau proses sedemikian sehingga penyidikan terhadap proses itu dan tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak yang tidak sesuai diproduksi [5]. Selain itu, peta kendali juga berguna dalam menganalisis pola variasi proses dan menentukan apakah ada kebutuhan untuk mencegah masalah tertentu atau melakukan transformasi ke proses dalam memberikan kualitas yang lebih baik.

Peta kendali dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe umum yaitu atribut dan variabel. Di dalam praktiknya, menghitung dan mengukur suatu karakteristik kualitas, tidak cukup akurat dalam banyak kasus karena kesalahan pengukuran, kondisi lingkungan dan batas spesifikasi yang tidak tepat. Salah satu cara mempertimbangkan menggunakan teori himpunan *fuzzy* untuk menangani pengukuran karakteristik kualitas yang tidak lengkap dan tidak pasti. Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965 [6] dan berkembang pesat di berbagai bidang. Teori himpunan *fuzzy* Aplikasi pertama teori himpunan *fuzzy* dalam *Statistical Process Control* dilakukan oleh Bradshaw yang menggunakan himpunan *fuzzy* sebagai dasar untuk penjelasan pengukuran kesesuaian setiap unit produk dengan spesifikasi. Sejak saat itu, beberapa peneliti mencoba menggunakan teori himpunan *fuzzy* bidang SPC dan peta kendali [6].

Dalam Tugas Akhir ini, penulis membahas tentang peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan pada pendekatan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  untuk memantau karakteristik kualitas variabel. Kemudian hasil kinerja dari peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  yang dilakukan dibandingkan dengan peta kendali  $\bar{X} - S$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, penulis merumuskan beberapa permasalahan-permasalahan yang dibahas dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana mengkaji rumus batas kendali pada peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .
2. Bagaimana penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .
3. Bagaimana perbandingan dari peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah

1. Data yang digunakan adalah data primer hasil pemeriksaan produk X di PT. ABC dimana X merupakan produk paku.
2. Data produk X diasumsikan berupa data yang berdistribusi normal.
3. Nilai  $\alpha$  yang digunakan adalah 0,65.

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, tujuan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Mengkaji rumus batas kendali pada peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan pada transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .
2. Menerapkan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .

3. Membandingkan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan pada transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ .

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini sebagai berikut::

1. Diperoleh wawasan dan pengetahuan mengenai metode pengendalian kualitas, yaitu peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .
2. Dapat dijadikan masukan atau usulan kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas di masa depan yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas produk.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab, yang terdiri dari:

#### 1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori utama maupun penunjang yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir antara lain penelitian terdahulu, pengendalian kualitas statistik, peta kendali, peta kendali variabel, peta kendali  $\bar{X}$  dan  $S$ , Uji Normalitas, himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan *fuzzy*, *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .

#### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tahapan-tahapan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Tahapan-tahapan tersebut antara lain mendapatkan

penurunan rumus batas kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ , lalu dilakukan pengumpulan data primer produk X di PT. ABC. Selanjutnya akan dibuat peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$ . Setelah itu dibandingkan antara peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan jumlah data yang *out of control*. Tahap terakhir adalah melakukan penarikan kesimpulan berdasarkan analisis dan juga saran.

#### 4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai perbandingan kinerja peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  dengan terlebih dahulu dilakukan penurunan terhadap rumusan batas kendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$ . Lalu dilakukan pengumpulan data. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas data, lalu dibuat peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  yang nantinya dibandingkan berdasarkan data yang *out of control*.

#### 5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini merupakan penutup, berisi mengenai kesimpulan akhir yang diperoleh dari Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang teori-teori utama maupun penunjang yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir antara lain penelitian terdahulu, pengendalian kualitas statistik, peta kendali variabel, peta kendali  $\bar{X} - S$ , himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan *fuzzy*, *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ , *Average Run Length*. Teori-teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang dibagi menjadi beberapa hal berdasarkan topik. Berikut beberapa hal tersebut adalah Motjaba dkk melakukan penelitian ini tentang pengembangan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - R$  yang memantau suatu proses produksi tanpa teknik transformasi [6]. Hasil dari penelitian tersebut adalah daripada menggunakan teknik defuzzifikasi dalam menentukan kondisi proses, *direct fuzzy approach* digunakan. Nanda Eka menganalisis melalui tugas akhir tentang perbandingan peta kendali demerit dan *fuzzy demerit*[7]. Dilihat dari berapa banyak titik pengamatan yang dinyatakan *out of control* hasil analisis menunjukkan bahwa peta kendali *fuzzy demerit* lebih sensitif untuk mendeteksi data yang *out of control* jika dibandingkan dengan peta kendali demerit.

### 2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistik adalah metode statistik data-driven untuk memantau dan mengendalikan suatu proses dalam industri manufaktur [3]. Tujuan pokok pengendalian kualitas statistik adalah mengetahui dengan cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses itu dan tindakan pembetulan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tak sesuai diproduksi [2].

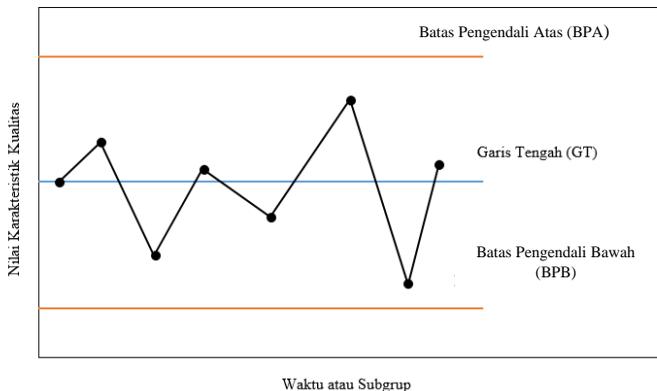
Pada pengendalian kualitas statistik sendiri menurut Montgomery terdapat tujuh alat dalam pengendalian proses, diantaranya adalah :

1. Lembar Pemeriksaan (*check sheet*)
2. Histogram
3. Diagram Pareto (*pareto chart*)
4. Diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*)
5. Diagram pencar (*scatter diagram*)
6. Stratifikasi (*Stratification*)
7. Peta Kendali (*Control Chart*)

### 2.3 Peta Kendali

Peta kendali adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas.

Peta kendali itu memuat Garis Tengah (GT) yang merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkontrol. Dua garis mendatar ini, yang dinamakan Batas Pengendali Atas (BPA) dan Batas Pengendali Bawah (BPB) yang ditunjukkan dalam peta kendali.



**Gambar 2.1** Peta Kendali

Selama titik-titik terletak di dalam batas-batas pengendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali, dan tidak perlu tindakan apapun. Tetapi, satu titik yang terletak di luar batas pengendali maka diintrepetasikan bahwa proses tidak terkendali. Secara umum, peta kendali digambarkan pada Gambar 2.1

Bentuk umum dari peta kendali adalah sebagai berikut:

$$BPA = \mu_w + k\sigma_w$$

$$GT = \mu_w$$

$$BPB = \mu_w - k\sigma_w$$

dengan,

$BPA$  : Batas pengendali atas

$GT$  : Garis Tengah

$BPB$  : Batas pengendali bawah

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

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

$\mu_w$  : rata-rata dari  $w$

$\sigma_w$  : standar deviasi dari  $w$

#### 2.4 Peta Kendali Variabel

Peta kendali variabel adalah diagram yang digunakan untuk mengendalikan suatu karakteristik kualitas yang dapat digunakan untuk mengukur *mean* dan variabilitas prosesnya. Sebagai contoh suatu karakteristik kualitas yang dapat diukur seperti dimensi, berat atau volume. Peta kendali variabel terdiri dari 2 jenis berdasarkan jumlah variabel yang digunakan yaitu peta kendali variabel univariat dan peta kendali variabel multivariat. Peta kendali univariat digunakan pada data dengan satu karakteristik kualitas sedangkan untuk dua atau lebih.

## 2.5 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk melihat apakah data terdistribusi normal atau tidak. Statistik uji yang paling sering digunakan untuk menguji asumsi kenormalan data adalah *Kolmogorov-Smirnov normality test*. Kolmogorov-Smirnov bekerja dengan cara membandingkan dua buah distribusi/sebaran data, yaitu distribusi yang dihipotesiskan dan distribusi yang teramati.

Hipotesis

$H_0$  : data sampel berdistribusi normal.

$H_1$  : data sampel tidak berdistribusi normal

Statistik Uji

$$KS = \sup |F_n(x) - F_0(x)|$$

dengan:

$KS$  : deviasi maksimum

$F_0(x)$  : fungsi distribusi kumulatif dari data sampel.

$F_n(x)$  : fungsi berdistribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal.

Kriteria Pengujian

Jika  $KS > KS_{\alpha,n}$  (nilai  $\alpha = 0.05$ ) maka  $H_0$  ditolak, artinya data sampel tidak berdistribusi normal.

## 2.6 Peta Kendali $\bar{X} - S$

Ketika menghadapi suatu karakteristik kualitas variabel, sangat penting untuk mengawasi nilai variabilitas rata-rata dan karakteristik kualitas. Mengontrol rata-rata suatu proses seringkali dilakukan dengan menggunakan peta kendali untuk rata-rata proses yang dikenal sebagai peta kendali  $\bar{X}$ . Sedangkan variabilitas proses dapat dikontrol dengan peta kendali untuk standar deviasi atau yang sering dikenal dengan peta kendali  $S$ . Peta kendali  $\bar{X}$  dan  $S$  ini digunakan untuk data variabel (data kontinu) dengan asumsi bahwa data mengikuti distribusi normal. Peta kendali  $\bar{X}$  dan  $S$  digunakan apabila ukuran  $n$  besar, yaitu  $n > 10$ , dan pengamatan ( $m$ ) paling sedikit 20 sampai 25 pengamatan.

Jika  $n$  besar maka grafik kendali  $R$  kurang efektif untuk menaksir nilai  $\sigma$ , sehingga standar deviasi proses tidak melalui  $R$ .

Misalkan karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan rata-rata  $\mu$  dan deviasi standar  $\sigma$ , dengan  $\mu$  dan  $\sigma$  diketahui. Jika  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sampel berukuran  $n$ , maka rata-rata sampel ini adalah:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.1)$$

Misalkan terdapat sampel  $p$  dengan masing-masing sampel berisi pengamatan  $n$  pada karakteristik kualitas. Lalu diberikan  $\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n$  adalah rata-rata dari setiap sampel. Maka, penaksir terbaik untuk rata-rata proses  $\mu$  adalah rata-rata keseluruhan, yakni:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n}{n} \quad (2.2)$$

Parameter  $\mu$  dan  $\sigma$  biasanya tidak diketahui dalam kehidupan nyata,  $\bar{\bar{X}}$  digunakan sebagai penaksir untuk  $\mu$  dan  $\frac{\bar{R}}{d_2}$  sebagai penaksir untuk  $\sigma$ . Batas peta kendali  $\bar{\bar{X}}$  berdasarkan pada standar deviasi dapat didefinisikan sebagai persamaan berikut :

$$BPA = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \quad (2.3)$$

$$GT = \bar{\bar{X}} \quad (2.4)$$

$$BPB = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \quad (2.5)$$

Dimana  $A_3$  adalah nilai koefisien untuk menentukan  $BPA$  dan  $BPB$  dalam peta kendali  $\bar{\bar{X}}$  dan  $\bar{S}$  dapat didefinisikan dari persamaan (2.6) dan (2.7) di bawah ini:

$$S_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.6)$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{l=1}^p S_l}{p} \quad (2.7)$$

dimana  $S_l$  adalah standar deviasi dari sampel  $l$  dan  $\bar{S}$  adalah rata-rata dari  $S_l$ . Batas peta kendali  $S$  dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$BPA = B_4 \bar{S} \quad (2.8)$$

$$GT = \bar{S} \quad (2.9)$$

$$BPB = B_3 \bar{S} \quad (2.10)$$

dimana konstan  $B_4$  dan  $B_3$  adalah nilai koefisien untuk menentukan  $BPA$  dan  $BPB$  dalam peta kendali  $S$ .

## 2.7 Teori Himpunan *Fuzzy*

Pada tahun 1965, Lotfi A. Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* yang dapat digunakan untuk merepresentasikan masalah yang mengandung ketidakjelasan atau kesamaran (*vagueness*). Teori himpunan *fuzzy* merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial. Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat kedekatan suatu obyek terhadap atribut tertentu [8].

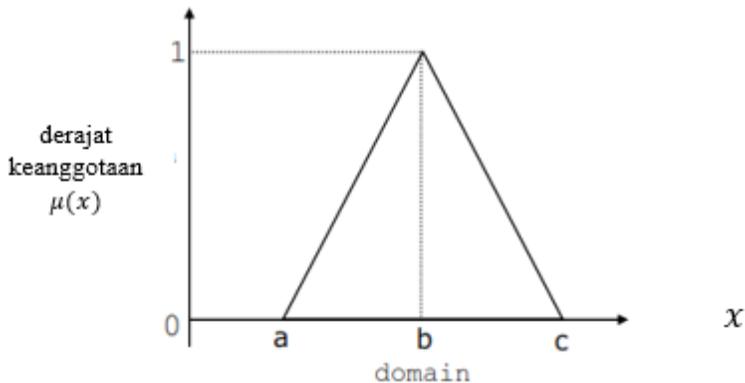
## 2.8 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Dalam system *fuzzy*, fungsi keanggotaan mempunyai peranan yang sangat penting untuk mempresentasikan masalah. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya dengan pendekatan fungsi. Salah satu nya adalah fungsi keanggotaan segitiga.

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2. Fungsi ini terdapat hanya satu nilai  $x$  yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika  $x = b$ . Representasi kurva segitiga memiliki fungsi keanggotaan, yaitu pada persamaan [12].

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a, x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.11)$$

Fungsi pada persamaan (2.11) dapat digambarkan pada Gambar 2.1 :



**Gambar 2.2** Kurva Segitiga

## 2.9 Fuzzy Midrange pada tingkat $\alpha$

Wang dan Raz [1990] mengembangkan prosedur untuk teknik transformasi *fuzzy*, yang mirip dengan ukuran kecenderungan sentral yang digunakan dalam statistik deskriptif. Salah satunya adalah *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ .

Pada tingkat  $\alpha$  yang diberikan oleh  $A_\alpha$  adalah himpunan *non-fuzzy* yang terdiri dari semua elemen yang keanggotaannya lebih besar atau sama dengan  $\alpha$ . Jika  $a_\alpha$  dan  $c_\alpha$  titik akhir pada tingkat  $\alpha$  maka,

$$f_{mr}(\alpha) = \frac{1}{2}(a_\alpha + c_\alpha) \quad (2.12)$$

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

$$S_{mr,j}^\alpha = \frac{(a_j + c_j) + \alpha[(b_j - a_j) - (c_j - b_j)]}{2} \quad (2.13)$$

Dan kondisi proses kendali pada masing-masing sampel dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{proses kendali} = \begin{cases} \text{terkendali, } BPE_{mr-p}^\alpha \leq S_{mr-p,j}^\alpha \leq BPA_{mr-p,j}^\alpha \\ \text{diluar kendali, lainnya} \end{cases}$$

### 2.10 Average Run Length

ARL merupakan rata-rata waktu yang akan dilakukan plot titik-titik pada peta kendali sebelum terdeteksi sebuah titik berada di luar batas kendali. Semakin kecil nilai ARL, maka semakin cepat dan efektif peta kendali tersebut dalam mendeteksi adanya pergeseran proses. ARL dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut untuk setiap jenis peta kendali tradisional [11],

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

Ada dua jenis ARL yang berbeda, yaitu: *in control* dan *out of control*. Jika  $\alpha$  merupakan P (peluang suatu titik yang *out of control*), maka perumusan untuk ARL *in control* ditunjukkan oleh:

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} \quad (2.14)$$

Dimana  $\alpha$  adalah kesalahan tipe I yang berarti menyatakan proses berada pada kondisi *out of control*, padahal dalam kenyataannya proses berada dalam kondisi *in control*. Sedangkan, ARL *out of control* ditunjukkan oleh:

$$ARL_1 = \frac{1}{1 - \beta}$$

Dimana  $\beta$  adalah kesalahan tipe II yang berarti menyatakan proses berada pada kondisi *in control*, padahal dalam kenyataannya proses berada dalam kondisi *out of control*. Untuk mencari  $\beta$  dapat dinyatakan sebagai berikut [11]:

$$\beta = P(BPB \leq \bar{x} \leq BPA | \mu = \mu_1 = \mu_0 + k\sigma)$$

dengan

$\mu_1$  : rata-rata proses setelah terjadi pergeseran

$\mu_0$  : rata-rata proses sebelum terjadi pergeseran

$k$  : konstanta pergeseran proses

$\sigma$  : standar deviasi proses

## 2.11 Teknik Pengambilan Sampel

Pemilihan teknik pengambilan sampel merupakan upaya penelitian untuk mendapatkan sampel yang representatif terhadap populasinya. Teknik pengambilan sampel terdiri atas 2 kelompok, yaitu [12]:

1. *Probability sampling (random sample)*,
2. *Non Probability sampling (non random sample)*.

Berikut ini adalah penjelasan dari 2 kelompok besar dari teknik pengambilan sampel:

### 1. *Probability sampling*

Pada pengambilan sampel secara random, setiap unit populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk diambil sebagai sampel. Faktor pemilihan atau penunjukkan sampel yang mana akan diambil, yang semata-mata atas pertimbangan peneliti dapat dihindari. Bila tidak akan terjadi bias. Dengan cara random, bias pemilihan dapat diperkecil. Hal tersebut merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan sampel yang representatif. Terdapat 5 cara pengambilan sampel secara random, yaitu:

- a. Sampel Random Sederhana
- b. Sampel Random Sistematis

- c. Sampel Random Berstrata
- d. Sampel Random Berkelompok
- e. Sampel Bertingkat

## 2. *Non Probability Sampling*

Pemilihan dengan cara ini tidak menghiraukan prinsip-prinsip peluang. Pemilihan sampel tidak secara random. Hasil yang diharapkan hanya merupakan gambaran kasar tentang suatu keadaan. Terdapat 3 cara pengambilan sampel secara tidak random, yaitu:

- a. Sampel dengan Maksud (*Purposive Sampling*)
- b. Sampel tanpa Sengaja (*Accidental Sampling*)
- c. Sampel Berjatah (*Quota Sampling*)

Pada Tugas Akhir ini, penulis menggunakan metode sampling yaitu teknik sampling *probability* sampling dengan cara sampel random sederhana. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan memberi kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk menjadi anggota sampel. Terdapat dua cara dalam pengambilan sampel random sederhana ini, yaitu dengan pengembalian dan tanpa pengembalian. Penulis menggunakan cara tanpa pengembalian. Proses sampling random sederhana ini digunakan apabila memenuhi kondisi sebagai berikut:

- Variabel yang akan diteliti keadaannya relatif homogen dan tersebar merata di seluruh populasi,
- Apabila dapat disusun secara lengkap kerangka sampling yang menyangkut setiap satuan pengamatan yang tersebar di seluruh populasi.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini diuraikan metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dengan mengacu pada tinjauan yang ada, metode penelitian ini berguna untuk mempermudah dan menjelaskan secara rinci mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan dalam menyelesaikan masalah.

#### **3.1 Objek dan Aspek Penelitian**

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder produk X yang diperoleh dari PT. ABC. Sedangkan aspek penelitiannya adalah mendapatkan rumus batas peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  kemudian diterapkan pada suatu produk X lalu hasilnya akan dibandingkan dengan peta kendali  $\bar{X} - S$ .

#### **3.2 Peralatan**

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Microsoft Office 365 serta minitab 2016. Microsoft Office ini digunakan untuk mengolah data paku. Sedangkan minitab 2016 ini digunakan untuk mengecek data tersebut berdistribusi normal atau tidak.

#### **3.3 Tahap Penelitian**

Langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir, yaitu sebagai berikut :

1. Mendapatkan Penurunan Rumus Batas Pengendali Peta Kendali *Fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ .

Berdasarkan studi literatur yang digunakan, pada tahap ini akan didapatkan penurunan rumus batas pengendali dari Peta Kendali *Fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ .

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah data primer yang diambil dari proses produksi paku dengan ukuran  $\pm 5\text{cm}$  pada PT. Surabaya Wire pada tanggal 11 April 2019. Proses pengendalian kualitas yang diamati adalah panjang paku. Pengambilan data dilakukan pada box paku sebanyak 50 kali pengamatan dengan pengambilan 15 sampel pada setiap pengamatan. Banyaknya ukuran sampel disesuaikan dengan syarat penggunaan diagram kontrol  $\bar{X}$  dan  $S$  yaitu  $n > 10$  sampel pada setiap pengamatan. Banyaknya ukuran sampel disesuaikan dengan syarat penggunaan diagram kontrol  $\bar{X}$  dan  $S$  yaitu  $n > 10$ . Data proses produksi paku dapat dilihat pada Lampiran A.

### 3. Analisis Data

Pada tahap ini, analisis dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan teknik pendekatan statistik agar memperoleh kesimpulan yang tepat. Adapun langkah-langkah dalam tahap analisis data adalah sebagai berikut : .

- a. Membuat peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali fuzzy  $\bar{X} - S$ .

Pembuatan peta kendali tersebut dilakukan dengan cara memplot setiap titik nya.

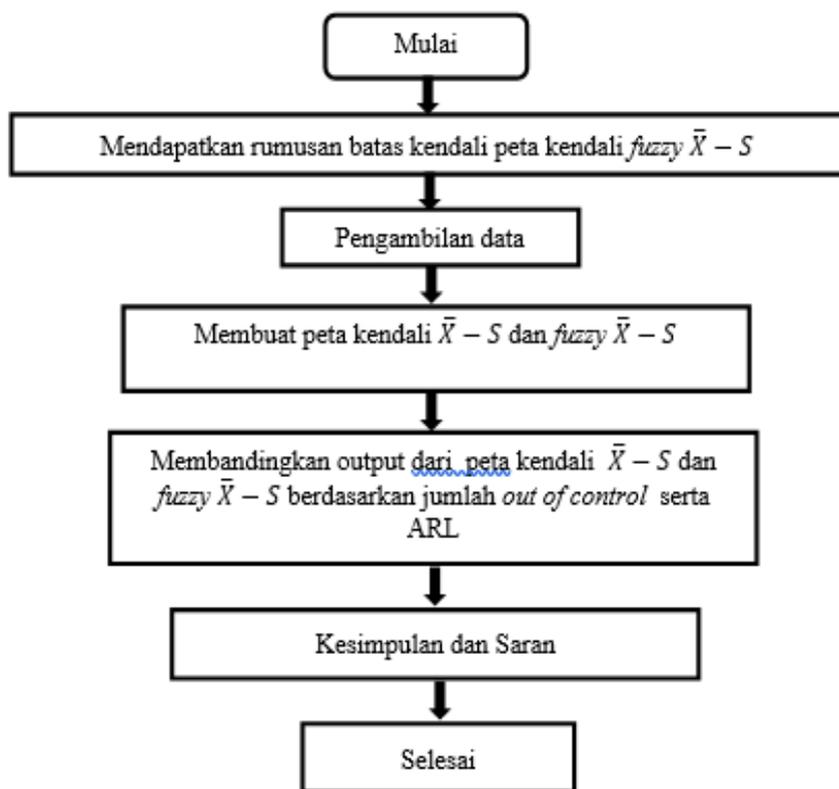
- b. Membandingkan peta kendali kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali fuzzy  $\bar{X} - S$  berdasarkan jumlah data yang *out of control* serta ARL .

### 4. Kesimpulan

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan yang merupakan ringkasan akhir dari hasil penelitian yang menjawab tujuan penelitian.

#### 3.4 Diagram Alir

Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan diagram alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir



## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai penurunan rumus batas kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ , Penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ , dan perbandingan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ .

### 4.1 Penurunan Rumus Batas Kendali Fuzzy $\bar{X} - S$ Berdasarkan Transformasi *Fuzzy Midrange* pada Tingkat $\alpha$

Diketahui bahwa batas pengendali peta kendali  $\bar{X}$  adalah pada persamaan (2.3), (2.4), (2.5). Batas kendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$  dibangun dimana batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) direpresentasikan dengan *triangular fuzzy number*. *Triangular fuzzy number* sendiri dinotasikan sebagai  $(X_d, X_e, X_f)$  untuk setiap observasi. Selanjutnya diperoleh batas kendali *fuzzy*  $\bar{X}$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B\tilde{P}A &= G\tilde{T} + A_3\bar{S} = (\bar{X}_d, \bar{X}_e, \bar{X}_f) + A_3(\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) \\ &= \bar{X}_d + A_3\bar{S}_d, \bar{X}_e + A_3\bar{S}_e, \bar{X}_f + A_3\bar{S}_f \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$G\tilde{T} = (\bar{X}_d, \bar{X}_e, \bar{X}_f) \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} B\tilde{P}B &= G\tilde{T} - A_3\bar{S} = (\bar{X}_d, \bar{X}_e, \bar{X}_f) - A_3(\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) \\ &= \bar{X}_d - A_3\bar{S}_d, \bar{X}_e - A_3\bar{S}_e, \bar{X}_f - A_3\bar{S}_d \end{aligned} \quad (4.3)$$

dengan,

$B\tilde{P}A$  : batas pengendali atas peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$

$G\tilde{T}$  : garis tengah peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$

$B\tilde{P}B$  : batas pengendali bawah peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$

Fuzzy  $\bar{S}_l$  merupakan standar deviasi dari sampel  $l$  dan dapat ditentukan sebagai persamaan (4.4) berikut:

$$\tilde{S}_l = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^q [(X_d, X_e, X_f)_l - (\bar{X}_d, \bar{X}_e, \bar{X}_f)_l]^2}{q-1}} \quad (4.4)$$

Rata-rata  $\tilde{S}$  fuzzy direpresentasikan dengan *triangular fuzzy number* yang dihitung menggunakan standar deviasi sebagai berikut:

$$\tilde{S} = \left( \frac{\sum_{l=1}^p S_{dl}}{p}, \frac{\sum_{l=1}^p S_{el}}{p}, \frac{\sum_{l=1}^p S_{dfl}}{p} \right) = (\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) \quad (4.5)$$

Kemudian selanjutnya mencari batas kendali pada tingkat  $\alpha$  fuzzy  $\bar{X}$  dengan menggunakan fungsi keanggotaan *triangular fuzzy number* pada persamaan (2.11). dari persamaan tersebut apabila dilakukan operasi aljabar,  $\alpha$  diperoleh:

$$\frac{d^\alpha - d}{e - d} = \alpha \quad (4.6)$$

$$\frac{f - f^\alpha}{f - e} = \alpha \quad (4.7)$$

Kemudian, persamaan (4.6) dan (4.7) dapat dituliskan sebagai berikut:

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

$$f^\alpha = f - \alpha(f - e)$$

Dengan begitu, diperoleh garis tengah fuzzy  $\bar{X}$  dan rata-rata fuzzy pada tingkat  $\alpha$  sebagai berikut:

$$G\tilde{T}^\alpha = (\bar{X}_d^\alpha, \bar{X}_e, \bar{X}_f^\alpha)$$

$$\tilde{S}^\alpha = (\bar{S}_d^\alpha, \bar{S}_e, \bar{S}_f^\alpha)$$

dimana,

$$\bar{X}_d^\alpha = \bar{X}_d + \alpha(\bar{X}_e - \bar{X}_d)$$

$$\bar{X}_f^\alpha = \bar{X}_f + \alpha(\bar{X}_f - \bar{X}_e)$$

$$\bar{S}_d^\alpha = \bar{S}_d + \alpha(\bar{S}_e - \bar{S}_d)$$

$$\bar{S}_f^\alpha = \bar{S}_f + \alpha(\bar{S}_f - \bar{S}_e)$$

Sehingga batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\tilde{X}$  pada tingkat  $\alpha$  dapat dedefinisikan pada persamaan (4.8), (4.9), (4.10):

$$\begin{aligned} B\tilde{P}A^\alpha &= (\bar{X}_d^\alpha, \bar{X}_e, \bar{X}_f^\alpha) + A_3(\bar{S}_d^\alpha, \bar{S}_e, \bar{S}_f^\alpha) \\ &= (\bar{X}_d^\alpha + A_3\bar{S}_d^\alpha, \bar{X}_e + A_3\bar{S}_e, \bar{X}_f^\alpha + A_3\bar{S}_f^\alpha) \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$G\tilde{T}^\alpha = (\bar{X}_d^\alpha, \bar{X}_e, \bar{X}_f^\alpha) \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} B\tilde{P}B^\alpha &= (\bar{X}_d^\alpha, \bar{X}_e, \bar{X}_f^\alpha) - A_3(\bar{S}_d^\alpha, \bar{S}_e, \bar{S}_f^\alpha) \\ &= (\bar{X}_d^\alpha - A_3\bar{S}_f^\alpha, \bar{X}_e - A_3\bar{S}_e, \bar{X}_f^\alpha - A_3\bar{S}_d^\alpha) \end{aligned} \quad (4.10)$$

Kemudian didapatkan batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\tilde{X}$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ . Dalam Tugas Akhir ini *fuzzy midrange* digunakan dalam menentukan garis tengah dan batas kendali. Dari persamaan (2.12) didapatkan garis tengah dan batas pengendali *fuzzy*  $\tilde{X}$  berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  sebagai berikut:

$$B\tilde{P}A_{mr}^\alpha = G\tilde{T}_{mr}^\alpha + A_3\left(\frac{\bar{S}_d^\alpha + \bar{S}_f^\alpha}{2}\right) \quad (4.11)$$

$$G\tilde{T}_{mr}^\alpha = f_{mr}^\alpha(G\tilde{T}) = \left(\frac{\bar{X}_d^\alpha + \bar{X}_f^\alpha}{2}\right) \quad (4.12)$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^\alpha = G\tilde{T}_{mr}^\alpha - A_3\left(\frac{\bar{S}_d^\alpha + \bar{S}_f^\alpha}{2}\right) \quad (4.13)$$

Serta *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  dari sampel  $l$  untuk peta kendali *fuzzy*  $\tilde{X}$  didefinisikan pada persamaan (4.14)

$$S_{mr,l}^{\alpha} = \frac{(\bar{X}_{dl} + \bar{X}_{fl}) + \alpha[(\bar{X}_{el} + \bar{X}_{dl}) - (\bar{X}_{fl} + \bar{X}_{el})]}{2} \quad (4.14)$$

Selanjutnya mencari batas pengendali *fuzzy*  $S$ . Sebelumnya diketahui bahwa batas kendali peta kendali  $S$  adalah pada persamaan (2.8), (2.9), (2.10). Batas pengendali *fuzzy*  $S$  dibangun menggunakan *triangular fuzzy number*. *Triangular fuzzy number* pada peta kendali ini dapat dinotasikan sebagai  $(S_d, S_e, S_f)$  sehingga diperoleh:

$$B\tilde{P}A = B_4\bar{S} = B_4(\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) = (B_4\bar{S}_d, B_4\bar{S}_e, B_4\bar{S}_f) \quad (4.15)$$

$$G\tilde{T} = \bar{S} = (\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) \quad (4.16)$$

$$B\tilde{P}B = B_3\bar{S} = B_3(\bar{S}_d, \bar{S}_e, \bar{S}_f) = (B_3\bar{S}_d, B_3\bar{S}_e, B_3\bar{S}_f) \quad (4.17)$$

Dengan cara yang sama mencari batas pengendali untuk peta kendali *fuzzy*  $\tilde{X}$  berdasarkan  $\alpha$ -cut, maka batas pengendali untuk peta kendali *fuzzy*  $\tilde{S}$  berdasarkan  $\alpha$ -cut adalah:

$$B\tilde{P}A^{\alpha} = B_4\bar{S}^{\alpha} = B_4(\bar{S}_d^{\alpha}, \bar{S}_e^{\alpha}, \bar{S}_f^{\alpha}) = (B_4\bar{S}_d^{\alpha}, B_4\bar{S}_e^{\alpha}, B_4\bar{S}_f^{\alpha}) \quad (4.18)$$

$$G\tilde{T}^{\alpha} = \bar{S}^{\alpha} = (\bar{S}_d^{\alpha}, \bar{S}_e^{\alpha}, \bar{S}_f^{\alpha}) = (G\tilde{T}_1^{\alpha}, G\tilde{T}_2^{\alpha}, G\tilde{T}_3^{\alpha}) \quad (4.19)$$

$$B\tilde{P}B^{\alpha} = B_3\bar{S}^{\alpha} = B_3(\bar{S}_d^{\alpha}, \bar{S}_e^{\alpha}, \bar{S}_f^{\alpha}) = (B_3\bar{S}_d^{\alpha}, B_3\bar{S}_e^{\alpha}, B_3\bar{S}_f^{\alpha}) \quad (4.20)$$

Kemudian didapatkan batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\tilde{S}$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  melalui persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$B\tilde{P}A_{mr}^{\alpha} = B_4f_{mr}^{\alpha}(G\tilde{T}) \quad (4.21)$$

$$G\tilde{T}_{mr}^\alpha = f_{mr}^\alpha(G\tilde{T}) = \left( \frac{\bar{S}_d^\alpha + \bar{S}_j^\alpha}{2} \right) \quad (4.22)$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^\alpha = B_3 f_{mr}^\alpha(G\tilde{T}) \quad (4.23)$$

Serta *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  dari sampel  $l$  untuk peta kendali  $\tilde{S}$  didefinisikan dalam persamaan (4.24):

$$S_{mr,l}^\alpha = \frac{(S_{dl} + S_{fl}) + \alpha[(S_{el} + S_{dl}) - (S_{fl} + S_{el})]}{2} \quad (4.24)$$

Kemudian, kondisi dari proses kendali untuk setiap masing-masing sampel pada peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Proses Kendali} = \begin{cases} \text{terkendali,} & B\tilde{P}B_{mr}^\alpha \leq S_{mr,l}^\alpha \leq B\tilde{P}B_{mr}^\alpha \\ \text{di luar kendali,} & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

## 4.2 Penerapan Peta Kendali $\bar{X} - S$ dan Peta Kendali *Fuzzy* $\bar{X} - S$ Berdasarkan Transformasi *Fuzzy Midrange* pada Tingkat $-\alpha$ .

Selanjutnya akan dilakukan penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  pada produk X.

### 4.2.1 Uji Normalitas

Sebelum membuat peta kendali  $\bar{X} - S$  dan *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ , diperlukan uji normalitas pada data produksi produk X, yang dapat dilihat dalam Lampiran A. Uji normalitas ini dilakukan untuk memenuhi asumsi distribusi normal. Gambar 4.1 merupakan Uji Kolmogorov-Smirnov pada produk X dengan menggunakan *software minitab*.

$H_0$ : data sampel berdistribusi normal.

$H_1$ : data sampel tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

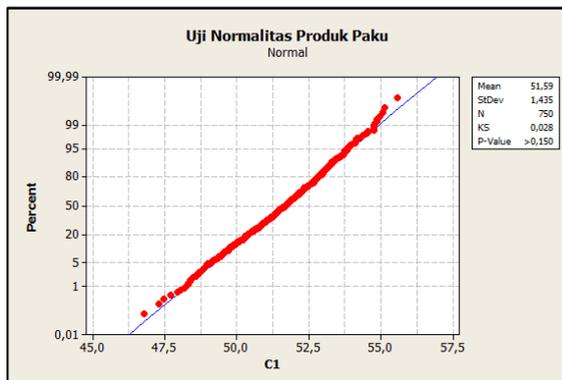
$$KS = \sup |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$= 0,028$$

$$KS_{0,05,750} = \frac{1,36}{\sqrt{750}}$$

$$= 0,04966$$

Karena nilai  $KS < KS_{\alpha,n}$  (nilai  $\alpha = 0.05$ ) dengan demikian,  $H_0$  diterima, sehingga data paku berdistribusi normal.



**Gambar 4.1** Uji Normalitas Produk X

#### 4.2.2 Peta Kendali $\bar{X} - S$

Untuk membuat peta kendali  $\bar{X} - S$  langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Hitung rata-rata dan standar deviasi data variabel produk dari setiap subgroup.

Dalam menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi dari setiap subgroup/data sampel untuk setiap kali observasi. Standar deviasi ( $S$ ) dan rata-rata ( $\bar{x}$ ) untuk observasi 1 dan seterusnya dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2.6) dan (2.9) berikut :

$$\begin{aligned}
 S_t &= \sqrt{\frac{9,78}{15-1}} & \bar{x} &= \frac{766,53}{15} \\
 &= \sqrt{0,6985} & &= 51,10 \\
 &= 0,8358
 \end{aligned}$$

Nilai standar deviasi dan rata-rata untuk observasi/pengamatan 1 adalah 0,8358 dan 51,10. Perhitungan standar deviasi dan rata-rata tersebut selanjutnya dapat dilakukan untuk mengetahui nilai standar deviasi dan rata-rata dari masing-masing subgrup sample. Perhitungan pada observasi selanjutnya akan dilampirkan pada lampiran B.

2. Menentukan garis tengah, garis pengendali atas, dan garis pengendali bawah peta kendali  $\bar{X} - S$ .

Setelah mendapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi pada setiap subgrup data, lalu kemudian dicari rata-rata  $\bar{X}$  dan  $\bar{S}$  melalui persamaan (2.2) dan (2.7) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \bar{\bar{X}} &= \frac{2580,17}{50} \\
 &= 51,603 \\
 \bar{S} &= \frac{62,7804}{50} \\
 &= 1,2556
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dihitung batas pengendali atas, garis tengah, dan batas pengendali bawah peta kendali  $\bar{X}$  dengan menggunakan persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BPA &= \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \\
 &= 51,603 + 0,789(1,2556) \\
 &= 52,5941 \\
 GT &= \bar{\bar{X}} \\
 &= 51,603
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BPB &= \bar{X} - A_3\bar{S} \\
 &= 51,603 - 0,789(1,2556) \\
 &= 50,6123
 \end{aligned}$$

Dengan nilai  $A_3$  untuk  $n = 15$  yaitu 0,789.

Lalu selanjutnya dihitung batas pengendali atas, garis tengah, dan batas pengendali bawah peta kendali  $S$  dengan menggunakan persamaan (2.8), (2.9), dan (2.10) sebagai berikut:

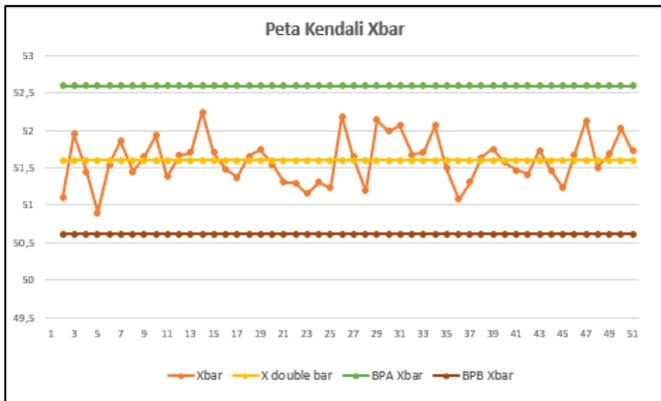
$$\begin{aligned}
 BPA &= B_4\bar{S} \\
 &= 1,572(1,2556) \\
 &= 1,9738
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GT &= \bar{S} \\
 &= 1,2556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BPB &= B_3\bar{S} \\
 &= 0,428(1,2556) \\
 &= 0,5374
 \end{aligned}$$

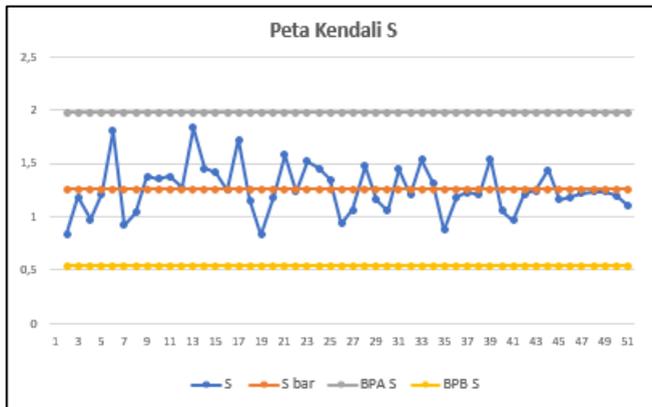
Dengan nilai  $B_3$  untuk  $n = 15$  yaitu 0,428 dan  $B_4$  untuk  $n = 15$  yaitu 1,573

Setelah menghitung batas pengendali, dapat disusun peta kendali  $\bar{X} - S$  dengan batas pengendali  $\bar{X}$  yaitu  $BPA = 52,5941$ ,  $GT = 51,603$ ,  $BPB = 50,6123$ . Batas pengendali  $S$  yaitu  $BPA = 1,9738$ ,  $GT = 1,2556$ ,  $BPB = 0,5374$ .



**Gambar 4.2** Plot Peta Kendali  $\bar{X} - S$

Plot data pada peta kendali  $\bar{X} - S$  dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Plot Peta Kendali  $S$

Dari Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada plot data tidak ada yang keluar dari batas pengendali.

### 4.2.3 Peta Kendali *fuzzy* $\bar{X} - S$ Berdasarkan Transformasi

#### *Fuzzy Midarange* pada Tingkat $\alpha$ .

50 sampel panjang paku dari proses produksi dikumpulkan dan dicatat sebagai *triangular fuzzy number* dapat dilihat pada lampiran C.

Dalam menentukan batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$ , langkah awal adalah menghitung rata-rata *fuzzy* dan standar deviasi *fuzzy* untuk setiap masing-masing sampel dapat dilihat pada lampiran D. Dengan menggunakan data pada lampiran D, rata-rata *fuzzy*  $\tilde{S}$  ditunjukkan dengan *triangular fuzzy number* dapat dihitung dengan persamaan (4.5) sebagai berikut:

$$\tilde{S} = \left( \frac{63,4140}{50}, \frac{62,7804}{50}, \frac{64,1270}{50} \right) = (1,2683, 1,2556, 1,2825)$$

Nilai  $A_3 = 0,789$  untuk  $n = 15$  dari tabel koefisien peta kendali  $\bar{X} - S$ . Batas pengendali untuk peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$  berdasarkan standar deviasi dihitung dengan persamaan (4.1), (4.2), dan (4.3) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B\bar{P}A &= (51,2927, 51,5793, 51,8962) + 0,789(1,2683, 1,2556, 1,2825) \\ &= (52,2934, 52,5700, 52,9081) \end{aligned}$$

$$G\tilde{T} = (51,2927, 51,5793, 51,8962)$$

$$\begin{aligned} B\bar{P}B &= (51,2927, 51,5793, 51,8962) + 0,789(1,2683, 1,2556, 1,2825) \\ &= (50,2808, 50,5887, 50,8955) \end{aligned}$$

Selanjutnya dicari batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$  pada tingkat  $\alpha$  berdasarkan standar deviasi dengan menggunakan  $\alpha = 0,65$  dapat dihitung dengan persamaan (4.8), (4.9), (4.10) berikut:

$$\begin{aligned} B\bar{P}A^{0,65} &= (51,0868, 51,5793, 52,1021) + 0,789(1,26, 1,2556, 1,3) \\ &= (52,0809, 52,5700, 53,1278) \end{aligned}$$

$$G\tilde{T}^{0,65} = (51,0868, 51,5793, 52,1021)$$

$$\begin{aligned} B\bar{P}B^{0,65} &= (51,0868, 51,5793, 52,1021) - 0,789((1,26, 1,2556, 1,3) \\ &= (50,0926, 50,5887, 51,0764) \end{aligned}$$

Kemudian didapatkan batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ . Dari

persamaan (4.11), (4.12), (4.13) didapatkan garis tengah dan batas pengendali *fuzzy*  $\bar{X}$  berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  sebagai berikut:

$$B\tilde{P}A_{mr}^{0,65} = 51,5944 + 0,789 \left( \frac{1,26 + 1,3}{2} \right) = 52,6044$$

$$G\tilde{T}_{mr}^{0,65} = f_{mr}^{0,65}(G\tilde{T}) = \left( \frac{51,0868 + 52,1021}{2} \right) = 51,5944$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^{0,65} = 51,5944 - 0,789 \left( \frac{1,26 + 1,3}{2} \right) = 50,5845$$

Nilai dari  $B_4 = 1,572$  dan  $B_3 = 0,428$  untuk  $n = 15$  yang diperoleh dari tabel koefisien dari peta kendali  $\bar{X} - S$ . Batas pengendali dari peta kendali *fuzzy*  $S$  didapatkan dengan persamaan (4.15), (4.16) dan (4.17) berikut:

$$B\tilde{P}A = 1,572(1,2683, 1,2556, 1,2825)$$

$$= (1,9937, 1,9738, 2,0162)$$

$$G\tilde{T} = (1,2683, 1,2556, 1,2825)$$

$$B\tilde{P}B = 0,428(1,2683, 1,2556, 1,2825)$$

$$= (0,5428, 0,5374, 0,5489)$$

Selanjutnya dicari batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $S$  pada tingkat  $-\alpha$  dengan menggunakan  $\alpha = 0,65$  dapat dihitung dengan persamaan (4.18), (4.19), (4.20) berikut:

$$B\tilde{P}A^{0,65} = 1,572(1,26, 1,2556, 1,3)$$

$$= (1,9808, 1,9738, 2,0437)$$

$$G\tilde{T}^{0,65} = (1,26, 1,2556, 1,3)$$

$$B\tilde{P}B^{0,65} = 0,428(1,26, 1,2556, 1,2825)$$

$$= (0,5393, 0,5374, 0,5564)$$

Kemudian didapatkan batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$ . Dari persamaan (4.21), (4.22), (4.23) didapatkan garis tengah dan batas

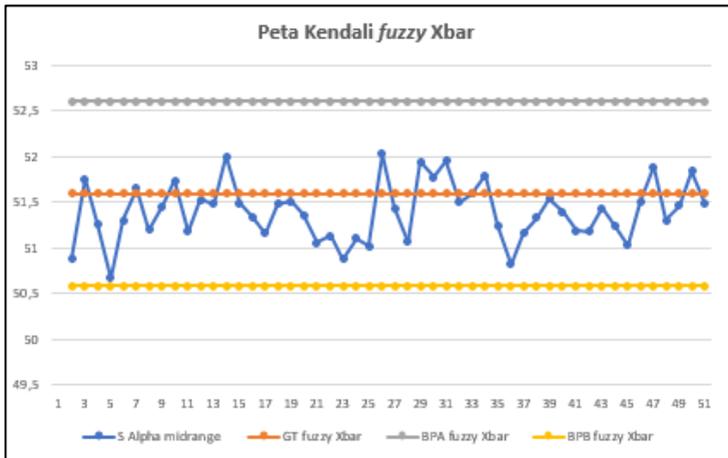
pengendali *fuzzy S* berdasarkan *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  sebagai berikut:

$$B\tilde{P}A_{mr}^{0,65} = 1,572(1,28) = 2,0122$$

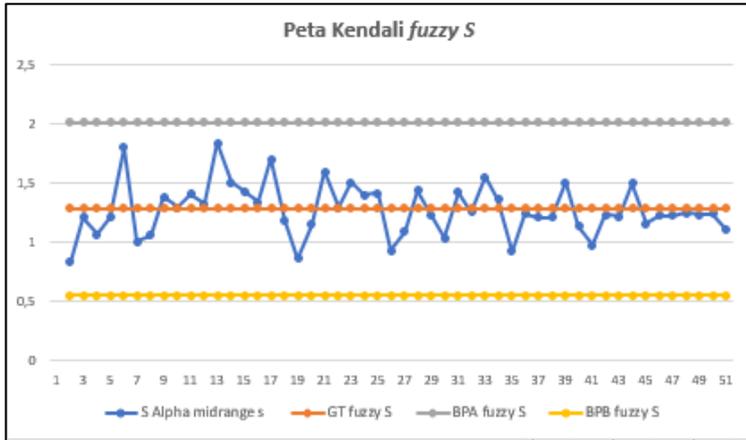
$$G\tilde{T}_{mr}^{0,65} = f_{mr}^{0,65}(G\tilde{T}) = \left(\frac{1,26 + 1,3}{2}\right) = 1,28$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^{0,65} = 0,428(1,28) = 0,5478$$

Setelah diketahui batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $\alpha$ , lalu dilakukan plot data, dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



**Gambar 4.4** Peta Kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$



**Gambar 4.5** Peta Kendali *fuzzy S*

Dilihat dari Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa proses ini terkendali dan dapat digunakan untuk memantau proses produksi.

### 4.3 Perbandingan Peta Kendali $\bar{X} - S$ dan Peta Kendali *Fuzzy* $\bar{X} - S$ Berdasarkan Transformasi *Fuzzy Midrange* pada Tingkat $-\alpha$ .

Setelah dilakukan penerapan pada masing-masing peta kendali, terhadap data hasil produksi X, dilakukan perbandingan kedua peta kendali untuk menunjukkan peta kendali mana yang paling efektif dalam mendeteksi pergeseran proses berdasarkan nilai ARL. Semakin kecil nilai ARL, maka semakin cepat pula peta kendali tersebut untuk mendeteksi pergeseran proses.

Berdasarkan persamaan (2.14), untuk mencari nilai  $ARL_0$  dari peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  dicari terlebih dahulu nilai  $\alpha$  yang merupakan peluang suatu titik yang *out of control*. perhitungan peluang yang digunakan adalah distribusi normal.

1. ARL untuk peta kendali  $\bar{X} - S$

$$\begin{aligned}
\alpha &= P(BPB \leq X \leq BPA) \\
&= P(50,6123 \leq X \leq 52,5941) \\
&= P(X \leq 52,5941) - P(X \leq 50,6123) \\
&= \Phi\left(\frac{52,5941 - 51,603}{1,2556}\right) - \Phi\left(\frac{50,6123 - 51,603}{1,2556}\right) \\
&= \Phi(0,7893) - \Phi(-0,789) \\
&= 0,569996
\end{aligned}$$

$$ARL_0 = \frac{1}{0,569996} = 1,7544$$

2. ARL untuk peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$

$$\begin{aligned}
\alpha &= P(BPB \leq X \leq BPA) \\
&= P(50,5845 \leq X \leq 52,6044) \\
&= P(X \leq 52,6044) - P(X \leq 50,5845) \\
&= \Phi\left(\frac{52,6044 - 51,5944}{1,28}\right) - \Phi\left(\frac{50,5845 - 51,5944}{1,28}\right) \\
&= \Phi(0,7891) - \Phi(-0,7890) \\
&= 0,59902
\end{aligned}$$

$$ARL_0 = \frac{1}{0,59902} = 1,6694$$

Dapat dilihat bahwa, jika  $ARL_0$  antara kedua peta kendali dibandingkan dan dapat diketahui bahwa peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  yang menunjukkan nilai ARL yang lebih kecil daripada peta kendali  $\bar{X} - S$  sehingga peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  lebih cepat dan efektif dalam mendeteksi pergeseran proses.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan serta diberikan saran untuk perusahaan yang bersangkutan.

#### 5.1 Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Batas pengendali pada peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  yaitu

a. Untuk batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $\bar{X}$ :

$$B\tilde{P}A_{mr}^{\alpha} = G\tilde{T}_{mr}^{\alpha} + A_3 \left( \frac{\bar{S}_d^{\alpha} + \bar{S}_f^{\alpha}}{2} \right)$$

$$G\tilde{T}_{mr}^{\alpha} = f_{mr}^{\alpha}(G\tilde{T}) = \left( \frac{\bar{X}_d^{\alpha} + \bar{X}_f^{\alpha}}{2} \right)$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^{\alpha} = G\tilde{T}_{mr}^{\alpha} - A_3 \left( \frac{\bar{S}_d^{\alpha} + \bar{S}_f^{\alpha}}{2} \right)$$

b. Untuk batas pengendali peta kendali *fuzzy*  $S$ :

$$B\tilde{P}A_{mr}^{\alpha} = B_4 f_{mr}^{\alpha}(G\tilde{T})$$

$$G\tilde{T}_{mr}^{\alpha} = f_{mr}^{\alpha}(G\tilde{T}) = \left( \frac{\bar{S}_d^{\alpha} + \bar{S}_j^{\alpha}}{2} \right)$$

$$B\tilde{P}B_{mr}^{\alpha} = B_3 f_{mr}^{\alpha}(G\tilde{T})$$

2. Penerapan peta kendali  $\bar{X} - S$  dan peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  dalam pengendalian kualitas produksi produk X di PT. ABC sudah terkendali secara statistik karena tidak terdapat titik-titik plot yang di luar batas pengendali.

3. Peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  lebih baik apabila dibandingkan

dengan Peta kendali  $\bar{X} - S$ , karena peta kendali *fuzzy*  $\bar{X} - S$  berdasarkan transformasi *fuzzy midrange* pada tingkat  $-\alpha$  dapat mendeteksi jumlah data *out of control* lebih sensitif dibandingkan peta kendali  $\bar{X} - S$  dengan ditunjukkannya besar kecilnya nilai  $ARL_0$ .

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisis data, pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, saran pada Tugas Akhir ini dapat dicoba dilakukan menggunakan jenis transformasi *fuzzy* lainnya seperti transformasi *fuzzy Mode* dan *fuzzy average*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, D.W., 2004. “Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)”. Yogyakarta : Andi Offset
- [2] Montgomery, D.C. 2009. “Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik”. Diterjemahkan oleh : Zanzawi Soejoeti. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- [3] R. A. Sanusi et al. 2017. “An EWMA Monitoring Scheme With A Single Auxiliary Variable For Industrial Processes”. **Computers and Industrial Engineering Vol. 114**, Hal. 1-10.
- [4] Varsh, M., M., V. 2015. “Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Process”. **International Journal of Engineering Research and General Science Vol. 2**, Hal. 364-371.
- [5] Bakhtiar, S\* , Suharto Tahir dan Ria Asysyfa Hasni. 2013. “Analisa Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode *Statistical Quality Control (SQC)*”. **Malikussaleh Industrial Engineering Journal Vol.2**, Hal. 29-36.
- [6] S. Mojtaba Zabihinpour, M. K. A. Ariffin, Tang S. H., A. S. Azfanizam1. “Fuzzy Based Approach for Monitoring the Mean and Range of the Products Quality .”**Journal of Applied Environmental and Biological Sciences** , 2014: 1-7.
- [7] R, Nanda Eka Putri. 2018. “Pengendalian Kualitas Kantong Semen di PT. Semen Gresik Menggunakan Peta Kendali Demerit dan *Fuzzy Demerit*”.FMIPA. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Nur Ain Zafirah Ahmad Basri, M. S. 2016. “Application of Fuzzy  $\bar{X} - S$  Charts for Solder Paste Thickness”. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics* , 4299-4315.

- [9] Kusumadewi, Sri. 2006. "*Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*". Yogyakarta:Graha Ilmu.
- [10] Mitra, A., (1993). "*Fundamental of quality control and Improvement*". New York: Macmillan Publising Company.
- [11] Montgomery, D. C. 2009. "Introduction to Statistical Quality Control (6th ed.)". New York: John Wiley & Sons Inc.
- [12] Kusumadewi, Sri. Purnomo, Hari. 2010. "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan". Edisi Kedua. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Nasution, Rozaini. 2013. "Teknik Sampling". Medan: F akultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.

## LAMPIRAN A

### Data Produksi Produk X di PT. ABC

sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	51,57	50,02	51,65	50,69	50,59	50,53	52,23	51,17	51,99	50,66	49,87	52,24	51,52	49,90	51,90
2	52,73	51,80	50,66	52,73	49,89	52,13	51,45	49,60	52,31	51,87	52,48	53,37	53,54	53,21	51,52
3	49,93	52,06	51,47	50,59	51,66	50,41	51,41	52,24	51,33	52,25	51,66	50,08	52,38	50,73	53,47
4	49,41	51,61	48,86	49,17	51,61	50,36	52,20	50,09	51,74	52,47	51,11	52,19	52,04	49,75	50,95
5	51,80	51,48	50,36	52,22	53,92	53,39	49,74	54,94	50,95	48,84	49,68	49,12	52,12	51,46	53,09
6	52,15	52,65	51,00	50,85	51,60	52,92	50,77	50,54	53,51	51,64	51,04	51,66	52,68	52,91	51,93
7	52,12	49,67	51,04	52,28	53,06	51,82	50,64	50,39	50,78	51,47	51,79	52,60	51,73	49,79	52,62
8	52,76	53,84	49,93	51,48	51,82	50,80	49,60	52,43	52,28	52,41	52,28	52,45	53,06	49,11	50,43
9	50,44	52,02	48,92	53,44	52,60	50,70	52,11	54,27	51,42	51,37	51,32	53,54	52,88	51,54	52,35
10	53,30	50,54	50,91	50,48	49,36	51,40	52,01	51,17	51,66	50,15	49,84	50,47	53,10	54,30	52,03
11	53,58	53,70	49,81	51,73	52,73	51,98	52,55	52,46	51,85	50,89	51,10	51,24	49,03	50,91	51,38
12	52,31	54,33	52,24	49,77	51,69	50,24	50,37	53,89	50,61	50,92	52,02	50,21	52,25	55,64	49,04
13	52,92	54,43	52,71	50,94	52,41	52,40	52,60	50,32	52,37	50,24	50,12	53,01	50,99	53,43	54,75
14	53,06	53,21	52,17	53,31	52,36	52,22	52,59	51,28	51,70	49,20	50,19	50,29	49,26	53,35	51,42
15	52,85	53,49	52,89	49,38	51,99	49,61	50,41	50,76	50,76	52,07	52,95	51,19	51,20	50,63	51,94
16	54,47	49,24	50,55	47,36	50,75	53,42	51,81	52,56	52,88	51,23	50,81	51,99	51,27	51,90	50,36
17	51,10	52,63	51,93	49,55	51,36	52,76	51,62	50,88	52,98	51,38	52,27	52,49	53,23	51,29	49,33
18	51,33	51,59	51,93	51,26	51,64	50,70	53,26	50,59	52,62	52,85	51,31	52,25	52,74	50,85	51,25
19	50,63	53,74	50,02	51,07	50,51	50,81	50,61	52,66	51,67	51,19	51,89	52,15	50,60	54,00	51,66
20	50,20	50,80	50,84	52,80	49,74	53,63	50,68	50,91	50,83	49,68	50,99	50,85	52,52	51,53	55,62
21	50,42	49,87	51,77	50,67	50,85	49,38	52,96	51,02	50,72	52,84	50,87	53,53	52,74	51,63	50,18
22	53,63	51,23	52,59	51,95	50,90	48,85	49,79	49,94	50,99	52,46	48,69	53,57	51,64	50,18	50,93
23	48,90	51,62	49,65	49,61	51,96	50,75	51,63	53,22	53,44	53,20	50,38	52,20	49,61	51,26	52,13
24	54,79	53,92	50,70	50,75	50,90	50,37	50,82	51,84	51,15	50,08	50,33	50,44	50,46	50,75	51,24

## LANJUTAN LAMPIRAN A...

25	51,56	52,42	52,22	53,83	50,80	52,15	52,62	50,39	52,76	51,91	52,94	53,16	52,56	50,95	52,49
26	52,50	51,97	50,14	52,86	52,78	51,45	51,82	52,20	50,59	51,09	52,43	49,88	52,80	50,00	52,16
27	49,90	49,35	52,61	52,82	52,05	52,43	51,32	49,54	50,83	49,25	53,89	52,31	50,04	51,66	49,86
28	50,25	50,66	53,34	50,88	52,13	51,48	54,14	53,90	51,64	52,66	52,15	51,25	53,11	52,52	51,95
29	51,73	51,65	50,54	52,51	50,90	52,23	51,15	52,08	53,11	53,63	53,41	52,64	50,54	53,01	50,77
30	49,57	52,91	54,46	53,88	52,46	51,63	50,90	51,32	52,66	52,72	50,65	50,02	53,73	52,77	51,26
31	50,05	49,35	52,72	51,27	52,61	51,73	53,19	53,12	51,00	51,07	52,98	50,54	52,96	51,23	51,38
32	52,30	48,67	50,19	51,17	52,31	49,97	51,68	53,40	53,06	51,80	52,33	51,79	50,55	51,39	54,98
33	50,37	50,60	51,98	51,36	55,55	52,67	52,35	50,39	52,35	53,54	52,69	52,21	51,79	51,64	51,46
34	51,41	51,57	52,59	51,15	51,09	51,27	51,04	50,67	51,66	52,73	52,25	53,22	50,77	49,88	51,10
35	51,86	52,31	52,77	49,71	51,58	48,70	50,39	51,39	50,34	52,36	52,26	49,91	50,26	51,73	50,61
36	52,50	50,77	49,45	50,18	50,88	51,21	53,41	53,48	50,51	53,06	51,18	50,83	50,78	50,25	51,13
37	51,87	51,83	50,10	52,80	53,32	51,81	50,38	51,83	51,46	53,63	51,75	49,52	50,12	51,34	52,76
38	49,54	51,79	55,67	52,23	50,83	51,35	51,36	51,07	51,65	52,10	52,02	50,91	50,46	54,51	50,76
39	51,66	49,58	51,66	50,00	52,82	51,23	52,39	51,07	53,47	50,78	50,91	51,09	52,09	52,47	52,38
40	50,51	50,11	53,44	51,75	51,80	50,78	52,50	50,99	51,26	49,85	52,21	51,33	51,73	52,51	51,26
41	49,51	51,96	50,91	51,66	51,73	49,63	49,83	52,34	51,20	52,41	52,12	52,85	49,79	52,06	53,17
42	50,14	50,40	51,41	52,39	51,27	50,72	51,31	54,83	52,80	50,14	52,44	53,00	51,87	51,57	51,68
43	50,55	49,03	48,70	52,14	51,76	53,32	52,41	52,05	54,05	51,66	52,40	51,50	50,75	50,45	51,19
44	52,86	50,33	51,53	51,27	50,98	52,44	50,15	52,27	52,11	52,85	50,34	50,79	51,72	49,10	49,73
45	50,77	49,94	51,38	52,54	51,23	50,31	51,94	53,32	54,30	50,28	52,21	51,89	52,46	51,43	51,15
46	53,61	49,92	52,66	51,96	52,14	51,84	52,38	52,50	52,14	55,20	52,18	50,84	51,12	51,09	52,44
47	53,68	51,18	50,00	52,94	51,79	50,64	51,66	52,43	48,69	51,01	51,25	52,79	51,61	52,05	50,92
48	50,45	54,84	50,81	52,58	49,85	52,06	50,24	51,01	52,41	51,66	52,32	52,02	50,91	52,43	51,63
49	53,25	51,74	53,05	49,85	51,92	52,36	50,93	52,26	50,81	53,42	53,84	52,40	49,93	52,43	52,14
50	52,31	51,23	51,59	52,61	51,87	50,58	51,16	52,80	51,74	49,67	50,37	52,61	51,08	52,18	54,09

## LAMPIRAN B

### Perhitungan Rata-Rata dan Standar Deviasi Setiap Subgrup

Sample	$\bar{X}$	S
1	51,1020	0,8358
2	51,9527	1,1858
3	51,4447	0,9715
4	50,9040	1,2108
5	51,5407	1,8030
6	51,8567	0,9201
7	51,4533	1,0376
8	51,6453	1,3763
9	51,9280	1,3577
10	51,3813	1,3795
11	51,6627	1,2714
12	51,7020	1,8327
13	52,2427	1,4497
14	51,7073	1,4114
15	51,4747	1,2495
16	51,3733	1,7197
17	51,6533	1,1527
18	51,7447	0,8309
19	51,5473	1,1801
20	51,3080	1,5763
21	51,2967	1,2382
22	51,1560	1,5216
23	51,3040	1,4483

**LANJUTAN LAMPIRAN B...**

24	51,2360	1,3468
25	52,1840	0,9323
26	51,6447	1,0590
27	51,1907	1,4757
28	52,1373	1,1575
29	51,9933	1,0532
30	52,0627	1,4420
31	51,6800	1,2045
32	51,7060	1,5306
33	52,0633	1,3151
34	51,4933	0,8792
35	51,0787	1,1833
36	51,3080	1,2290
37	51,6347	1,2081
38	51,7500	1,5417
39	51,5733	1,0582
40	51,4687	0,9649
41	51,4113	1,2137
42	51,7313	1,2447
43	51,4640	1,4354
44	51,2313	1,1571
45	51,6767	1,1839
46	52,1347	1,2235
47	51,5093	1,2365
48	51,6813	1,2334
49	52,0220	1,2001
50	51,7260	1,1102



## LAMPIRAN C

### Triangular Fuzzy Numbers ( $d, e, f$ )

sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Xd	51,03	49,49	51,51	50,55	50,45	51,65	50,99	51,62	50,60	49,50	51,79	51,21	49,61	51,77
	Xe	51,57	50,02	51,65	50,69	50,53	52,23	51,17	51,99	50,66	49,87	52,24	51,52	49,90	51,90
	Xf	51,93	50,19	51,78	51,04	50,70	52,33	51,64	52,23	50,85	50,05	52,40	51,66	50,14	51,93
2	Xd	52,50	51,43	50,21	52,32	49,47	50,91	49,56	51,78	51,81	52,43	52,84	53,46	52,86	51,05
	Xe	52,73	51,80	50,66	52,73	49,89	51,45	49,60	52,31	51,87	52,48	53,37	53,54	53,21	51,52
	Xf	53,28	52,22	51,10	52,99	50,33	52,02	49,70	52,77	51,95	52,58	53,67	53,92	53,77	52,08
3	Xd	49,67	51,89	51,01	50,16	51,39	50,05	51,36	52,09	51,17	51,79	49,58	52,35	50,31	53,39
	Xe	49,93	52,06	51,47	50,59	51,66	51,41	52,24	51,33	52,25	51,66	50,08	52,38	50,73	53,47
	Xf	50,02	52,64	51,73	50,64	52,08	51,44	52,42	51,47	52,26	51,80	50,54	52,92	50,89	53,82
4	Xd	49,10	51,38	48,41	49,14	51,60	49,79	52,01	51,29	51,85	50,84	51,83	51,49	49,24	50,45
	Xe	49,41	51,61	48,86	49,17	51,61	52,20	50,09	51,74	52,47	51,11	52,19	52,04	49,75	50,95
	Xf	49,50	51,91	49,39	49,25	51,84	52,61	50,39	52,27	52,68	51,68	52,69	52,15	50,28	51,06
5	xd	51,42	50,92	50,29	51,82	53,71	49,29	54,43	50,81	48,54	49,42	48,63	52,01	50,98	52,55
	xe	51,80	51,48	50,36	52,22	53,92	49,74	54,94	50,95	48,84	49,68	49,12	52,12	51,46	53,09
	xf	52,02	51,79	50,86	52,74	54,43	50,05	55,32	51,01	49,02	50,26	49,23	52,42	51,58	53,15
6	xd	51,60	52,35	50,62	50,36	51,48	52,78	50,22	50,09	53,45	51,60	50,92	51,32	52,23	51,55
	xe	52,15	52,65	51,00	50,85	51,60	52,92	50,77	50,54	53,51	51,64	51,66	52,68	52,91	51,93
	Xf	52,41	52,70	51,30	50,92	51,70	51,02	50,94	53,63	51,95	51,09	52,17	52,88	53,26	52,01

## LANJUTAN LAMPIRAN C...

7	xd	52,04	49,24	50,86	51,89	52,86	51,48	50,06	50,04	50,36	50,94	51,42	52,14	51,13	49,71	52,06
	xe	52,12	49,67	51,04	52,28	53,06	51,82	50,64	50,39	50,78	51,47	51,79	52,60	51,73	49,79	52,62
	Xf	52,58	49,69	51,60	52,56	53,36	52,28	50,72	50,79	50,84	52,07	52,31	52,79	52,14	49,81	52,97
8	xd	52,27	53,77	49,41	51,00	51,44	50,76	49,28	52,00	52,03	52,39	51,98	52,16	52,54	48,90	50,32
	xe	52,76	53,84	49,93	51,48	51,82	50,80	49,60	52,43	52,28	52,41	52,28	52,45	53,06	49,11	50,43
	Xf	53,05	54,23	50,31	51,56	52,17	50,94	50,09	52,55	52,53	52,98	52,57	52,84	53,44	49,63	50,73
9	xd	50,41	51,80	48,81	52,92	51,98	50,60	51,87	54,05	51,30	51,32	51,04	53,10	52,25	51,03	52,14
	xe	50,44	52,02	48,92	53,44	52,60	50,70	52,11	54,27	51,42	51,37	51,32	53,54	52,88	51,54	52,35
	Xf	50,82	52,33	49,02	53,97	53,19	50,86	52,14	54,86	51,80	51,63	51,39	53,69	53,44	51,55	52,37
10	xd	52,94	50,25	50,84	50,19	49,20	50,81	51,87	50,82	51,49	49,66	49,40	50,33	52,62	54,14	51,65
	xe	53,30	50,54	50,91	50,48	49,36	51,40	52,01	51,17	51,66	50,15	49,84	50,47	53,10	54,30	52,03
	Xf	53,36	50,99	51,25	50,57	49,49	51,96	52,09	51,33	51,84	50,27	50,09	50,59	53,67	54,89	52,59
11	xd	53,39	53,66	49,39	51,41	52,53	51,64	52,39	52,24	51,61	50,56	50,93	51,08	48,75	50,48	51,36
	xe	53,58	53,70	49,81	51,73	52,73	51,98	52,55	52,46	51,85	50,89	51,10	51,24	49,03	50,91	51,38
	Xf	54,00	53,94	50,36	51,77	52,88	52,23	52,97	52,95	52,29	51,17	51,40	51,68	49,38	51,36	51,63
12	xd	51,71	54,10	51,74	49,54	51,13	50,06	49,86	53,86	50,41	50,90	51,50	49,63	51,90	55,22	49,00
	xe	52,31	54,33	52,24	49,77	51,69	50,24	50,37	53,89	50,61	50,92	52,02	50,21	52,25	55,64	49,04
	Xf	52,76	54,77	52,37	49,87	52,09	50,51	50,59	54,05	51,05	51,24	52,24	50,34	52,87	56,21	49,27
13	xd	52,66	54,01	52,14	50,38	51,97	51,85	52,11	50,07	51,99	49,90	49,63	52,92	50,72	53,38	54,63
	xe	52,92	54,43	52,71	50,94	52,41	52,40	52,60	50,32	52,37	50,24	50,12	53,01	50,99	53,43	54,75
	Xf	53,50	54,68	52,87	51,19	52,51	52,87	52,85	50,47	52,97	50,52	50,60	53,05	51,47	53,47	55,19

**LANJUTAN LAMPIRAN C...**

14	xd	52,76	52,91	51,74	52,92	52,17	51,86	52,20	50,94	51,23	48,86	50,13	49,69	49,06	53,22	51,32
	xe	53,06	53,21	52,17	53,31	52,36	52,22	52,59	51,28	51,70	49,20	50,19	50,29	49,26	53,35	51,42
	Xf	53,45	53,45	52,28	53,62	52,48	52,26	53,01	51,51	52,20	49,21	50,33	50,81	49,30	53,59	51,81
15	xd	52,70	53,24	52,77	48,88	51,86	49,10	50,39	50,56	50,37	51,94	52,86	51,14	51,17	50,14	51,77
	xe	52,85	53,49	52,89	49,38	51,99	49,61	50,41	50,76	50,76	52,07	52,95	51,19	51,20	50,63	51,94
	Xf	52,90	53,85	53,14	49,59	52,36	50,04	50,72	51,13	51,17	52,66	53,47	51,31	51,40	50,71	51,94
16	xd	53,94	49,11	50,24	47,05	50,65	53,19	51,79	51,94	52,51	51,08	50,27	51,66	50,69	51,73	50,13
	xe	54,47	49,24	50,55	47,36	50,75	53,42	51,81	52,56	52,88	51,23	50,81	51,99	51,27	51,90	50,36
	Xf	54,58	49,27	50,75	47,43	51,30	53,77	52,05	53,17	53,17	51,40	50,81	52,17	51,65	52,24	50,53
17	xd	50,96	52,27	51,86	49,12	50,84	52,74	51,33	50,60	52,76	51,12	52,04	52,42	52,63	50,68	49,15
	xe	51,10	52,63	51,93	49,55	51,36	52,76	51,62	50,88	52,98	51,38	52,27	52,49	53,23	51,29	49,33
	Xf	51,46	52,94	52,33	49,81	51,58	53,29	51,90	51,15	53,10	51,85	52,67	52,98	53,50	51,79	49,71
18	xd	51,27	51,36	51,35	50,96	51,48	50,10	53,19	50,45	52,00	52,46	50,78	52,12	52,12	50,28	50,99
	xe	51,33	51,59	51,93	51,26	51,64	50,70	53,26	50,59	52,62	52,85	51,31	52,25	52,74	50,85	51,25
	Xf	51,83	52,15	52,35	51,46	52,15	51,23	53,29	50,85	53,01	53,48	51,37	52,71	52,89	51,11	51,31
19	xd	50,54	53,23	49,87	51,02	50,22	50,41	50,58	52,41	51,28	51,01	51,30	52,13	50,16	53,69	51,05
	xe	50,63	53,74	50,02	51,07	50,51	50,81	50,61	52,66	51,67	51,19	51,89	52,15	50,60	54,00	51,66
	Xf	50,98	54,21	50,21	51,09	50,55	51,22	50,95	53,10	52,17	51,31	52,26	52,47	50,88	54,11	51,71
20	xd	49,60	50,66	50,36	52,24	49,74	53,13	50,13	50,39	50,55	49,36	50,40	50,59	50,32	51,19	55,41
	xe	50,20	50,80	50,84	52,80	49,74	53,63	50,68	50,91	50,83	49,68	50,99	50,85	50,52	51,53	55,62
	Xf	50,53	51,09	50,93	53,28	49,84	54,25	51,12	50,98	50,85	49,85	51,39	51,14	50,92	51,74	56,21

## LANJUTAN LAMPIRAN C

21	xd	50,30	49,58	51,68	50,47	50,34	48,93	52,85	50,63	50,67	52,62	50,72	53,26	52,55	51,40	49,66
	xe	50,42	49,87	51,77	50,67	50,85	49,38	52,96	51,02	50,72	52,84	50,87	53,53	52,74	51,63	50,18
	xk	50,98	50,20	51,88	50,71	51,41	49,72	53,29	51,55	50,94	53,16	51,06	53,61	53,00	51,77	50,22
22	xd	53,21	50,71	52,24	51,74	50,60	48,66	49,72	49,34	50,44	51,90	48,21	53,11	51,64	49,68	50,44
	xe	53,63	51,23	52,59	51,95	50,90	48,85	49,79	49,94	50,99	52,46	48,69	53,57	51,64	50,18	50,93
	xk	53,71	51,59	52,66	52,56	51,27	49,31	49,80	50,08	51,27	52,55	49,09	53,60	51,78	50,46	50,96
23	xd	48,60	51,28	49,38	49,46	51,52	50,67	51,08	52,63	53,12	52,65	50,20	51,80	49,29	51,00	52,11
	xe	48,90	51,62	49,65	49,61	51,96	50,75	51,63	53,22	53,44	53,20	50,38	52,20	49,61	51,26	52,13
	xk	48,96	52,15	50,17	50,20	52,36	50,85	52,04	53,75	54,03	53,27	50,71	52,45	50,08	51,71	52,70
24	xd	54,48	53,87	50,36	50,40	50,62	49,84	50,59	51,50	50,69	49,72	49,97	49,91	49,97	50,55	51,24
	xe	54,79	53,92	50,70	50,75	50,90	50,37	50,82	51,84	51,15	50,08	50,33	50,44	50,46	50,75	51,24
	xk	55,15	54,34	50,82	51,34	51,17	50,75	51,16	52,09	51,53	50,19	50,73	50,59	50,96	50,80	51,70
25	xd	51,54	51,98	52,19	53,43	50,61	51,89	52,35	50,08	52,37	51,56	52,89	52,63	52,38	50,61	52,41
	xe	51,56	52,42	52,22	53,83	50,80	52,15	52,62	50,39	52,76	51,91	52,94	53,16	52,56	50,95	52,49
	xk	51,89	52,48	52,81	54,22	51,38	52,53	52,64	50,47	53,08	52,47	53,28	53,52	52,82	51,18	52,97
26	xd	52,33	51,74	49,87	52,61	52,60	51,10	51,40	52,16	50,49	50,63	52,24	49,38	52,22	49,73	51,72
	xe	52,50	51,97	50,14	52,86	52,78	51,45	51,82	52,20	50,59	51,09	52,43	49,88	52,80	50,00	52,16
	xk	52,72	52,45	50,51	53,11	52,90	51,47	52,08	52,30	50,78	51,51	52,47	49,98	53,11	50,12	52,36
27	xd	49,81	49,26	52,42	52,79	51,62	52,14	51,15	49,53	50,56	49,15	53,56	52,06	49,70	51,21	49,81
	xe	49,90	49,35	52,61	52,82	52,05	52,43	51,32	49,54	50,83	49,25	53,89	52,31	50,04	51,66	49,86
	xk	50,23	49,44	52,68	53,19	52,46	52,81	51,79	49,72	51,01	49,72	54,47	52,78	50,43	51,71	49,89

**LANJUTAN LAMPIRAN C**

28	xd	49,88	50,10	53,03	50,48	52,09	50,99	54,05	53,72	51,51	52,12	51,66	51,06	52,72	52,49	51,89
	xe	50,25	50,66	53,34	50,88	52,13	51,48	54,14	53,90	51,64	52,66	52,15	51,25	53,11	52,52	51,95
	Xf	50,47	50,94	53,48	51,22	52,22	51,79	54,48	53,96	51,71	52,91	52,42	51,58	53,47	52,85	52,39
29	xd	51,31	51,07	50,40	52,41	50,51	52,10	50,86	51,78	52,68	53,52	52,80	52,33	50,24	52,47	50,61
	xe	51,73	51,65	50,54	52,51	50,90	52,23	51,15	52,08	53,11	53,63	53,41	52,64	50,54	53,01	50,77
	Xf	51,93	51,71	50,96	52,58	51,14	52,40	51,56	52,27	53,64	53,87	53,90	53,03	50,94	53,02	51,11
30	xd	49,56	52,65	54,21	53,45	52,42	51,19	50,57	51,20	52,33	52,22	50,60	49,75	53,68	52,72	51,19
	xe	49,57	52,91	54,46	53,88	52,46	51,63	50,90	51,32	52,66	52,72	50,65	50,02	53,73	52,77	51,26
	Xf	49,71	52,92	55,05	54,46	52,70	51,99	51,12	51,61	53,09	53,24	51,12	50,58	54,00	53,21	51,64
31	xd	50,00	48,96	52,69	50,79	52,17	51,54	53,00	53,02	50,99	50,83	52,56	50,01	52,73	50,71	50,85
	xe	50,05	49,35	52,72	51,27	52,61	51,73	53,19	53,12	51,00	51,07	52,98	50,54	52,96	51,23	51,38
	Xf	50,16	49,76	53,13	51,83	53,07	52,20	53,32	53,60	51,30	51,36	53,54	50,65	53,06	51,62	51,83
32	xd	52,03	48,59	50,18	50,64	52,25	49,94	51,58	53,36	52,97	51,20	51,81	51,65	50,15	51,28	54,94
	xe	52,30	48,67	50,19	51,17	52,31	49,97	51,68	53,40	53,06	51,80	52,33	51,79	50,55	51,39	54,98
	Xf	52,70	49,19	50,45	51,67	52,68	50,13	52,07	53,67	53,18	52,30	52,60	52,32	50,78	51,82	55,30
33	xd	50,06	50,00	51,47	51,06	55,29	52,50	51,92	50,07	51,94	53,24	52,33	51,77	51,38	51,12	51,04
	xe	50,37	50,60	51,98	51,36	55,55	52,67	52,35	50,39	52,35	53,54	52,69	52,21	51,79	51,64	51,46
	Xf	50,61	50,68	52,03	51,89	55,82	52,67	52,54	50,70	52,60	54,07	53,25	52,49	51,85	51,94	51,71
34	xd	51,37	51,20	52,51	50,67	50,63	50,71	50,60	50,37	51,19	52,34	51,97	52,88	50,19	49,64	50,79
	xe	51,41	51,57	52,59	51,15	51,09	51,27	51,04	50,67	51,66	52,73	52,25	53,22	50,77	49,88	51,10
	Xf	51,58	51,68	53,16	51,54	51,59	51,48	51,57	50,93	52,17	53,27	52,52	53,24	50,82	50,28	51,11

## LANJUTAN LAMPIRAN C

35	xd	51,42	52,18	52,14	49,36	51,03	48,45	49,84	51,32	49,88	52,31	52,15	49,35	49,83	51,30	50,16
	xe	51,86	52,31	52,77	49,71	51,58	48,70	50,39	51,39	50,34	52,36	52,26	49,91	50,26	51,73	50,61
	xf	51,99	52,60	52,87	49,96	51,84	48,76	50,53	51,96	50,36	52,70	52,57	50,13	50,50	52,06	50,99
36	xd	52,22	50,64	49,17	49,78	50,69	50,86	52,89	53,27	50,51	52,85	51,15	50,62	50,53	50,07	50,90
	xe	52,50	50,77	49,45	50,18	50,88	51,21	53,41	53,48	50,51	53,06	51,18	50,83	50,78	50,25	51,13
	xf	52,98	50,81	49,76	50,33	51,47	51,28	53,43	53,76	50,76	53,45	51,54	51,34	50,97	50,31	51,14
37	xd	51,29	51,58	49,65	52,33	52,80	51,38	49,91	51,67	51,37	53,28	51,22	49,11	49,64	50,78	52,15
	xe	51,87	51,83	50,10	52,80	53,32	51,81	50,38	51,83	51,46	53,63	51,75	49,52	50,12	51,34	52,76
	xf	52,16	51,96	50,41	52,96	53,32	52,33	50,89	52,11	51,90	53,84	51,76	49,62	50,54	51,85	53,18
38	xd	49,48	51,42	55,30	52,03	50,41	50,91	51,07	50,61	51,28	51,74	51,71	50,85	49,92	53,93	50,75
	xe	49,54	51,79	55,67	52,23	50,83	51,35	51,36	51,07	51,65	52,10	52,02	50,91	50,46	54,51	50,76
	xf	49,55	52,10	56,04	52,52	51,17	51,87	51,45	51,08	51,87	52,13	52,32	51,45	50,99	55,03	51,17
39	xd	51,18	49,18	51,46	49,67	52,24	50,86	51,99	50,64	53,44	50,38	50,57	50,90	52,05	52,35	52,31
	xe	51,66	49,58	51,66	50,00	52,82	51,23	52,39	51,07	53,47	50,78	50,91	51,09	52,09	52,47	52,38
	xf	52,18	49,89	52,03	50,29	52,88	51,83	52,85	51,47	53,67	50,84	51,00	51,43	52,55	53,05	52,99
40	xd	50,16	49,65	53,03	51,69	51,67	50,42	51,92	50,57	50,97	49,72	51,89	51,30	51,65	52,46	50,72
	xe	50,51	50,11	53,44	51,75	51,80	50,78	52,50	50,99	51,26	49,85	52,21	51,33	51,73	52,51	51,26
	xf	50,38	50,01	53,04	51,14	51,72	50,57	51,94	50,82	51,25	49,30	51,80	51,22	51,38	52,30	51,17
41	xd	49,28	51,70	50,41	51,38	51,67	49,23	49,26	52,09	50,98	52,05	51,99	52,32	49,62	51,57	52,89
	xe	49,51	51,96	50,91	51,66	51,73	49,63	49,83	52,34	51,20	52,41	52,12	52,85	49,79	52,06	53,17
	xf	49,58	52,07	50,93	51,87	52,25	49,86	50,39	52,34	51,21	52,55	52,27	53,32	49,79	52,47	53,26

**LANJUTAN LAMPIRAN C**

42	xd	49,74	50,16	51,03	51,87	50,90	50,15	50,88	54,22	52,53	49,70	51,86	52,48	51,29	51,12	51,60
	xe	50,14	50,40	51,41	52,39	51,27	50,72	51,31	54,83	52,80	50,14	52,44	53,00	51,87	51,57	51,68
	Xf	50,65	50,73	51,76	53,02	51,71	50,78	51,77	54,89	53,35	50,31	52,76	53,53	51,90	52,11	52,04
43	xd	50,01	48,55	48,19	51,72	51,47	53,26	52,38	51,52	53,61	51,65	52,08	51,20	50,43	50,11	50,76
	xe	50,55	49,03	48,70	52,14	51,76	53,32	52,41	52,05	54,05	51,66	52,40	51,50	50,75	50,45	51,19
	Xf	51,08	49,38	49,24	52,76	52,01	53,37	52,47	52,27	54,63	51,99	52,47	51,79	51,34	50,68	51,52
44	xd	52,29	49,78	51,28	50,80	50,63	52,12	49,76	52,05	52,06	52,75	50,00	50,40	51,35	49,09	49,46
	xe	52,86	50,33	51,53	51,27	50,98	52,44	50,15	52,27	52,11	52,85	50,34	50,79	51,72	49,10	49,73
	Xf	53,12	50,91	52,07	51,66	51,15	52,45	50,52	52,67	52,32	53,12	50,43	51,01	52,21	49,42	50,31
45	xd	50,72	49,37	51,09	52,00	50,88	49,92	51,85	53,19	53,88	49,95	52,12	51,63	52,19	50,89	51,04
	xe	50,77	49,94	51,38	52,54	51,23	50,31	51,94	53,32	54,30	50,28	52,21	51,89	52,46	51,43	51,15
	Xf	50,83	50,45	51,95	52,97	51,78	50,77	52,42	53,91	54,85	50,84	52,76	52,18	52,84	51,45	51,35
46	xd	53,07	49,49	52,23	51,82	52,13	51,41	51,76	52,41	51,61	54,77	51,75	50,43	51,09	50,53	51,85
	xe	53,61	49,92	52,66	51,96	52,14	51,84	52,38	52,50	52,14	55,20	52,18	50,84	51,12	51,09	52,44
	Xf	54,14	50,37	52,92	51,98	52,58	52,26	52,84	52,89	52,54	55,78	52,53	51,16	51,53	51,69	52,67
47	xd	53,06	51,18	49,82	52,66	51,18	50,36	51,37	51,88	48,13	50,77	50,78	52,71	51,61	51,54	50,67
	xe	53,68	51,18	50,00	52,94	51,79	50,64	51,66	52,43	48,69	51,01	51,25	52,79	51,61	52,05	50,92
	Xf	53,91	51,50	50,13	53,52	52,08	51,17	52,03	53,00	49,05	51,18	51,72	53,26	51,82	52,51	51,35
48	xd	49,91	54,35	50,30	52,14	49,83	51,86	49,86	50,44	51,87	51,24	52,22	52,00	50,75	52,33	51,38
	xe	50,45	54,84	50,81	52,58	49,85	52,06	50,24	51,01	52,41	51,66	52,32	52,02	50,91	52,43	51,63
	Xf	50,50	55,12	50,97	52,71	50,25	52,33	50,77	51,14	52,46	51,81	52,87	52,16	51,38	52,64	52,19

**LANJUTAN LAMPIRAN C**

49	xd	53,06	51,51	52,75	49,51	51,41	52,32	50,41	51,80	50,73	53,30	53,49	52,06	49,61	52,15	51,59
	xe	53,25	51,74	53,05	49,85	51,92	52,36	50,93	52,26	50,81	53,42	53,84	52,40	49,93	52,43	52,14
	Xf	53,69	52,06	53,57	50,03	52,51	52,90	51,25	52,87	51,02	53,54	54,40	53,01	50,38	52,76	52,59
50	xd	51,86	51,04	51,02	52,36	51,38	50,13	50,61	52,39	51,23	49,54	50,12	52,16	51,03	51,80	53,91
	xe	52,31	51,23	51,59	52,61	51,87	50,58	51,16	52,80	51,74	49,67	50,37	52,61	51,08	52,18	54,09
	Xf	52,64	51,75	51,71	52,88	52,36	50,84	51,20	53,32	51,87	50,14	50,73	52,88	51,22	52,38	54,44

## LAMPIRAN D

### Perhitungan Rata-rata *fuzzy* dan Standar Deviasi *fuzzy*

sample	Fuzzy Mean			$S_{mr-\bar{x},l}^{0,65}$
	Xd	Xe	Xf	
1	50,79	51,10	51,30	50,88
2	51,63	51,95	52,34	51,76
3	51,18	51,44	51,69	51,27
4	50,56	50,90	51,23	50,67
5	51,20	50,90	51,83	51,31
6	51,56	51,86	52,09	51,65
7	51,08	51,45	51,77	51,20
8	51,35	51,65	51,97	51,46
9	51,64	51,93	52,20	51,74
10	51,08	51,38	51,67	51,18
11	51,43	51,66	52,00	51,53
12	51,37	51,70	52,02	51,48
13	51,89	52,24	52,55	52,01
14	51,40	51,71	51,95	51,50
15	51,26	51,47	51,76	51,35
16	51,07	51,37	51,62	51,16
17	51,37	51,65	52,00	51,48
18	51,39	51,74	52,08	51,51
19	51,26	51,55	51,81	51,36
20	50,94	51,31	51,61	51,06
21	51,04	51,30	51,57	51,14
22	50,78	51,16	51,38	50,88
23	50,99	51,30	51,70	51,11
24	50,91	51,24	51,55	51,03

**LANJUTAN LAMPIRAN D...**

25	51,93	52,18	52,52	52,03
26	51,35	51,64	51,86	51,44
27	50,98	51,19	51,49	51,07
28	51,85	52,14	52,39	51,95
29	51,67	51,99	52,27	51,78
30	51,85	52,06	52,43	51,95
31	51,39	51,68	52,03	51,50
32	51,50	51,71	52,06	51,60
33	51,68	51,49	52,32	51,79
34	51,14	51,49	51,80	51,25
35	50,71	51,08	51,32	50,82
36	51,08	51,31	51,56	51,16
37	51,21	51,63	51,92	51,34
38	51,43	51,75	52,05	51,54
39	51,28	51,57	51,93	51,39
40	51,19	51,47	51,20	51,19
41	51,10	51,41	51,61	51,19
42	51,30	51,73	52,09	51,44
43	51,13	51,46	51,80	51,25
44	50,92	51,23	51,56	51,03
45	51,38	51,68	52,09	51,51
46	51,76	52,13	52,53	51,89
47	51,18	51,51	51,88	51,30
48	51,37	51,68	51,95	51,47
49	51,71	52,02	52,44	51,84
50	51,37	51,73	52,02	51,49

## LANJUTAN LAMPIRAN D...

sample	Fuzzy standar deviasi			$S_{mr-S,l}^{0,65}$
	$S_d$	$S_e$	$S_f$	
1	0,8258	0,8358	0,8263	0,8259
2	1,2004	1,1858	1,2219	1,2042
3	1,0709	0,9715	1,0324	1,0642
4	1,1993	1,2108	1,2326	1,2051
5	1,7939	1,8030	1,8294	1,8001
6	1,0196	0,9201	0,9345	1,0047
7	1,0378	1,0376	1,1399	1,0557
8	1,3817	1,3763	1,3574	1,3775
9	1,2521	1,3577	1,4729	1,2907
10	1,3868	1,3795	1,4808	1,4033
11	1,3379	1,2714	1,2485	1,3223
12	1,8169	1,8327	1,9192	1,8348
13	1,5127	1,4497	1,4453	1,5009
14	1,4148	1,4114	1,4716	1,4247
15	1,3513	1,2495	1,2713	1,3373
16	1,6776	1,7197	1,7907	1,6974
17	1,1823	1,1527	1,1598	1,1784
18	0,8596	0,8309	0,8513	0,8581
19	1,1326	1,1801	1,2262	1,1490
20	1,5717	1,5763	1,7118	1,5963
21	1,3032	1,2382	1,2166	1,2881
22	1,5155	1,5216	1,4571	1,5053
23	1,3765	1,4483	1,4841	1,3954
24	1,4197	1,3468	1,3868	1,4140
25	0,9154	0,9323	0,9588	0,9230
26	1,0897	1,0590	1,0685	1,0860

**LANJUTAN LAMPIRAN D...**

27	1,4135	1,4757	1,5502	1,4374
28	1,2353	1,1575	1,1444	1,2194
29	1,0286	1,0532	1,0484	1,0321
30	1,4070	1,4420	1,4930	1,4221
31	1,2554	1,2045	1,2414	1,2529
32	1,5530	1,5306	1,5108	1,5456
33	1,3621	1,3151	1,3549	1,3608
34	0,9226	0,8792	0,9092	0,9203
35	1,2383	1,1833	1,2343	1,2376
36	1,1992	1,2290	1,2565	1,2092
37	1,2114	1,2081	1,1694	1,2040
38	1,4827	1,5417	1,5980	1,5029
39	1,1332	1,0582	1,1015	1,1277
40	0,9844	0,9649	0,9279	0,9745
41	1,2313	1,2137	1,2402	1,2329
42	1,2017	1,2447	1,2541	1,2109
43	1,5181	1,4354	1,3905	1,4958
44	1,1618	1,1571	1,1198	1,1545
45	1,2171	1,1839	1,2389	1,2209
46	1,2129	1,2235	1,2586	1,2209
47	1,2340	1,2365	1,2803	1,2421
48	1,2305	1,2334	1,2189	1,2285
49	1,2347	1,2001	1,2641	1,2398
50	1,0992	1,1102	1,1260	1,1039

## BIODATA PENULIS



**Lailatul Ajjah** atau yang biasa dipanggil Lala lahir di Gresik, 5 Agustus 1997. Penulis menempuh pendidikan di SDN Pongangan 1 (2003-2009), SMP Negeri 1 Gresik (2009-2012), dan SMA Negeri 1 Manyar (2012-2015).

Penulis yang memiliki kegemaran membaca dan mendengarkan musik ini diterima di Departemen Matematika ITS untuk menempuh pendidikan S1 selama 4 tahun.

Penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi yaitu aktif di UKM Sepakbola sebagai staf divisi event periode 2016/2017 dan staf ahli divisi logistik dan pengadaan periode 2017/2018. Serta di Himpunan Mahasiswa Matematika ITS (Himatika ITS) sebagai *Head of the Professional Division*. Di Jurusan Matematika ITS penulis mengambil bidang minat Matematika Terapan yang terdiri atas Pemodelan Matematika dan Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD).

Jika ingin memberikan saran, kritik, dan diskusi mengenai Tugas Akhir ini, bisa melalui [lailatul.azizah05@gmail.com](mailto:lailatul.azizah05@gmail.com).

Semoga bermanfaat.