



**TUGAS AKHIR - SM141501**

**PERBANDINGAN DIAGRAM KONTROL  $\bar{X}$  SHEWHART DAN  $\bar{X}$  VSSI  
(*VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING INTERVAL*) DALAM  
PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC  
ANGKASA ABADI**

RESA ARIESCA PRICILIA  
1212100055

Dosen Pembimbing :  
Dra. Farida Agustini Widjajati, MS  
Drs. Soehardjoepri, M.Si

JURUSAN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT- SM141501**

***COMPARISON OF  $\bar{X}$  SHEWHART AND  $\bar{X}$  VSSI (VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING INTERVAL) CHART IN QUALITY CONTROL OF STEEL PIPE PRODUCTION PT. PACIFIC ANGKASA ABADI***

RESA ARIESCA PRICILIA  
1212100055

Supervisor :  
Dra. Farida Agustini Widjajati, MS  
Drs. Soehardjoepri, M.Si

Department of Mathematic  
Faculty of Mathematics and Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERBANDINGAN DIAGRAM KONTROL  $\bar{X}$  SHEWHART DAN  $\bar{X}$  VSSI (VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING INTERVAL) DALAM PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

**COMPARISON OF  $\bar{X}$  SHEWHART AND  $\bar{X}$  VSSI (VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING INTERVAL) CHART IN QUALITY CONTROL OF STEEL PIPE PRODUCTION PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Memperoleh gelar Sarjana Sains  
Pada bidang minat Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

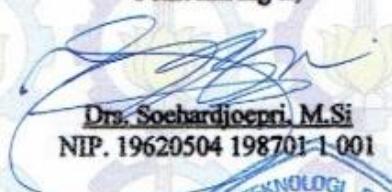
Oleh :

**RESA ARIESCA PRICILIA**  
NRP. 1212 100 055

Menyetujui,

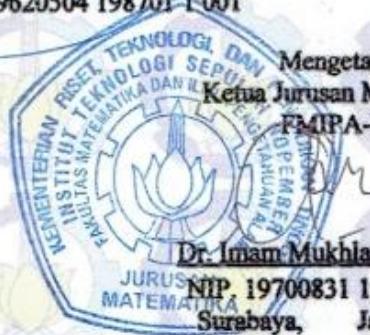
Pembimbing II,

Pembimbing I,

  
**Drs. Soehardjoepri, M.Si**  
NIP. 19620504 198701 1 001

  
**Dra. Farida Agustini Widajati, MS**  
NIP. 19540817 198103 2 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika  
FMIPA-ITS

  
**Dr. Imam Mukhlash, S.Si. M.T**  
NIP. 19700831 199403 1 003  
Surabaya, Januari 2017



**PERBANDINGAN DIAGRAM KONTROL  $\bar{X}$  SHEWHART  
DAN  $\bar{X}$  VSSI (VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING  
INTERVAL) DALAM PENGENDALIAN KUALITAS  
PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

**Nama** : Resa Ariesca Pricilia  
**NRP** : 1212 100 055  
**Jurusan** : Matematika FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dra. Farida Agustini Widjajati, MS  
Drs. Soehardjoepri, M.Si

**Abstrak**

Suatu perusahaan perlu untuk menjaga dan meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan. Hal ini dapat dilakukan dengan pengendalian kualitas proses statistik (*Statistical Process Control*). Salah satu alat yang dapat digunakan yaitu penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI (*Variable Sample Size and Sampling Interval*). Diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI digunakan untuk mendeteksi lebih awal adanya signal – signal yang terjadi dalam suatu proses. Pada tugas akhir ini dibahas penerapan pengendalian kualitas statistik menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart dan  $\bar{X}$  VSSI dalam mengendalikan tingkat kecacatan produk di PT. Pacific Angkasa Abadi. Penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart dan  $\bar{X}$  VSSI menunjukkan bahwa data proses produksi pipa besi belum terkendali secara statistik. Penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI memberikan hasil bahwa diagram ini lebih sensitif untuk mendeteksi data yang *out of control* dibandingkan dengan diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart.

**Kata kunci:** pengendalian kualitas, diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart, diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**COMPARISON OF  $\bar{X}$  SHEWHART AND  $\bar{X}$  VSSI  
(VARIABLE SAMPLE SIZE AND SAMPLING INTERVAL)  
CHART IN QUALITY CONTROL OF STEEL PIPE  
PRODUCTION PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

**Name** : Resa Ariesca Pricilia  
**NRP** : 1212 100 055  
**Department** : Matematika FMIPA-ITS  
**Supervisor** : Dra. Farida Agustini Widjajati, MS  
Drs. Soehardjoepri, M.Si

**Abstract**

A company needs to keep and improve the quality of the production produced. It can be done by controlling the statistic process (Statistical Process Control). One of the tools that can be used is applying the  $\bar{X}$  VSSI (*Variable Sample Size and Sampling Interval*) control chart. The  $\bar{X}$  VSSI control chart is used to detect in advance the signals happen in a process. In this final task, discussed the tool of statistic quality control using  $\bar{X}$  *Shewhart* and  $\bar{X}$  VSSI control chart in controlling the level of product defect in PT. Pacific Angkasa Abadi. that application of control chart  $\bar{X}$  *Shewhart* and  $\bar{X}$  VSSI shows that the data of steel pipe production is not controlled yet statistically. The application of  $\bar{X}$  VSSI control chart gives result that the chart is more sensitive to detetect out of control data instead of using  $\bar{X}$  *Shewhart* control chart.

**Key words** : quality control,  $\bar{X}$  *Shewhart* control chart,  $\bar{X}$  VSSI control chart.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul  
**“PERBANDINGAN DIAGRAM KONTROL  $\bar{X}$   
SHEWHART DAN  $\bar{X}$  VSSI (VARIABLE SAMPLE SIZE  
AND SAMPLING INTERVAL) DALAM  
PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI PIPA BESI  
PT. PACIFIC ANGKASA ABADI”**

Dalam menyusun Tugas Akhir ini, penulis mendapat beberapa hambatan dan kesulitan yang dialami. Namun, berkat kerja keras dan dukungan dari semua pihak, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini semaksimal mungkin. Selesaiannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan tulus dan cinta kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT sebagai Ketua Jurusan Matematika FMIPA-ITS.
2. Ibu Dra. Farida Agustini Widjajati, MS sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan motivasi dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. Soehardjoepri, M.Si sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si sebagai Kaprodi S1 Jurusan Matematika.
5. Bapak Drs. Iis Herisman, M.Si sebagai Sekprodi S1 Jurusan Matematika.
6. Bapak Prof. DR. Mohammad Isa Irawan, MT sebagai dosen wali selama penulis kuliah di Jurusan Matematika FMIPA-ITS.
7. Bapak Drs. Iis Herisman, M.Si, Bapak M. Syifa'ul Mufid, S.Si., M.Si, dan Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih,

M.Kes sebagai dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Bapak Fredy Herdianto yang telah membantu saya dan memperlancar dalam pencarian data.
9. Bapak Achmad Sahid dan Ibu Sri Retnowati selaku orang tua penulis yang selalu mendukung dan memberi semangat.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan ilmu kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan, untuk itu pula dalam kesempatan ini penulis meminta maaf sebesar-besarnya atas segala kekurangan yang ada. Kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun juga sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, 18 Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Pengertian Kualitas .....	7
2.3 Pengendalian Kualitas .....	8
2.4 Pengendalian Kualitas Statistik .....	8
2.5 Diagram Kontrol .....	9
2.6 Ekspektasi Bersyarat .....	15
2.7 Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Jenis Penelitian .....	21
3.2 Pengambilan Data .....	21
3.3 Teknik Analisis Data .....	21
3.4 Diagram Alir .....	22
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Batas Pengendali Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	25
4.2 Batas Pengendali Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI .....	28

	Hal
4.3 Analisis Menggunakan Diagram Kontrol .....	31
4.3.1 Diagram Kontrol $\bar{X}$ - R .....	31
4.3.2 Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> menggunakan nilai Z.....	42
4.3.3 Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI menggunakan nilai Z .....	46
4.4 Perbandingan Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> dan $\bar{X}$ VSSI.....	50
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN .....	57
BIODATA PENULIS.....	89

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	22
Gambar 4.1 Plot Diagram Kontrol R.....	32
Gambar 4.2 Plot Diagram Kontrol R Revisi 1 .....	33
Gambar 4.3 Plot Diagram Kontrol R Revisi 2 .....	34
Gambar 4.4 Plot Diagram Kontrol $\bar{X}$ .....	36
Gambar 4.5 Plot Diagram Kontrol R Tahap 2.....	37
Gambar 4.6 Plot Diagram Kontrol $\bar{X}$ Tahap 2.....	39
Gambar 4.7 Plot Diagram Kontrol R Tahap 3.....	40
Gambar 4.8 Plot Diagram Kontrol $\bar{X}$ Tahap 3.....	42
Gambar 4.9 Plot Data I $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	44
Gambar 4.10 Plot Data II $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	45
Gambar 4.11 Plot Data III $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	45
Gambar 4.12 Plot Data I $\bar{X}$ VSSI .....	48
Gambar 4.13 Plot Data II $\bar{X}$ VSSI.....	49
Gambar 4.14 Plot Data III $\bar{X}$ VSSI.....	49

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Hasil perbandingan diagram kontrol .....	51

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Tabel nilai $A_2$ , $d_2$ , $D_3$ , dan $D_4$ .....	57
Lampiran 2 Data Masa Lalu Proses Produksi Pipa Besi .....	58
Lampiran 3 Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	62
Lampiran 4 Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	64
Lampiran 5 Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	68
Lampiran 6 Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI.....	73
Lampiran 7 Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI.....	75
Lampiran 8 Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI.....	78
Lampiran 9 Program Matlab untuk Diagram kontrol R pada Data Masa Lalu .....	80
Lampiran 10 Program Matlab untuk Diagram kontrol $\bar{X}$ pada Data Masa Lalu .....	83
Lampiran 11 Program Matlab untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> .....	86
Lampiran 12 Program Matlab untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI.....	87

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang yang mendasari penulisan Tugas Akhir. Didalamnya mencakup identifikasi permasalahan pada topik Tugas Akhir. Uraian ini bersifat umum yang menjelaskan secara ringkas hal-hal yang dilakukan pada penyelesaian Tugas Akhir. Informasi yang telah diperoleh tersebut kemudian dirumuskan menjadi permasalahan, kemudian diberikan asumsi-asumsi dan batasan-batasan untuk membatasi pembahasan pada Tugas Akhir ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Semakin berkembangnya teknologi dan produk yang beredar di pasaran, semakin ketat pula persaingan para produsen dalam mencari kepercayaan konsumen. Salah satu faktor yang mempengaruhi konsumen dalam pemilihan produk adalah kualitas dari produk yang dihasilkan. Kualitas produk yang baik merupakan jaminan kepuasan konsumen yang harus selalu dijaga. Kualitas suatu produk sangat berpengaruh dalam pemasaran. Jika produk yang ditawarkan berkualitas baik dan memenuhi kepuasan konsumen maka akan berpengaruh pada kenaikan permintaan. Oleh sebab itu, pengendalian kualitas sangat dibutuhkan dalam memproduksi suatu produk untuk menjaga kualitas produk.

Kualitas produk yang baik diperoleh dari produksi yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, sehingga pengendalian kualitas merupakan teknik yang sangat bermanfaat agar suatu perusahaan dapat mengetahui kualitas produknya yang dipasarkan. Dalam proses produksi, terdapat beberapa karakteristik kualitas yang menentukan produk sudah memenuhi spesifikasi atau belum. Sehingga karakteristik tersebut harus diperhatikan agar kualitas tetap terjaga. Meskipun upaya tersebut telah dilakukan, masih terdapat banyak variasi hasil produksi. Kualitas dalam pengendalian proses statistik adalah metode atau teknik yang dapat digunakan untuk mengkualifikasi suatu produk

memenuhi spesifikasi dan toleransi yang ditetapkan oleh perusahaan.

Pengendalian kualitas suatu produk merupakan faktor penting bagi dunia industri karena pengendalian kualitas yang baik dan dilakukan secara berkala dapat mendeteksi ketidaknormalan hasil produksi dengan cepat. Teknik pengendalian kualitas semakin berkembang luas seiring dengan tuntutan perusahaan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen. Karena konsumen meningkatkan tuntutan mereka akan kualitas dan kecenderungan ini diperkuat dengan adanya persaingan di masa mendatang. Teknik ini dapat membantu perusahaan dalam mengetahui kelayakan suatu produk berdasarkan batas – batas kontrol yang telah ditentukan.

Dalam proses produksi, sebaik apapun pengawasan yang dilakukan, masih memungkinkan terdapat produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Hal ini bisa terjadi karena adanya penyebab umum dan khusus. Beberapa macam penyebab umum diantaranya adalah kurangnya pengawasan dalam produksi, metode pengerjaan dalam produksi kurang tepat, dan tempat kerja kurang efektif. Sedangkan penyebab khusus misalnya, kerusakan mesin produksi, operator melakukan kesalahan, dan kerusakan bahan baku.

Salah satu alat yang sering digunakan dalam pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kontrol (*control chart*). Terdapat dua macam diagram control, berdasarkan jenis karakteristik kualitasnya yaitu diagram kontrol variabel dan diagram kontrol atribut [1]. Diagram kontrol variabel digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati dapat diukur (*measurable*). Sedangkan diagram kontrol atribut digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati hanya dinyatakan dengan kategori (cacat dan tidak cacat) atau bersifat kualitatif. Salah satu diagram kontrol variabel adalah diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*. Diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa.

Terdapat beberapa metode yang membahas mengenai kualitas dengan karakteristiknya masing-masing. Sebuah konsep metode untuk menganalisis pengendalian kualitas berdasarkan ukuran data variabel dan interval waktu menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI (*Variable Sample Size and Sampling Interval*) telah diperkenalkan oleh Maoyuan Zhou[2]. Diagram kontrol ini digunakan untuk mendeteksi lebih awal adanya signal – signal yang terjadi pada suatu proses.

PT. Pacific Angkasa Abadi merupakan perusahaan pembuat pipa besi yang berlokasi di Gresik. Sebagian besar pelanggannya adalah berbagai perusahaan *scaffolding* yang membutuhkan pipa besi dengan tingkat presisi yang tinggi. Proses produksi di PT. Pacific Angkasa Abadi terdapat beberapa proses, yaitu *uncoiler*, *puller*, *accumulator*, *forming*, *welding*, *cooling tank*, *sizing*, *straightening*, dan *cutting*. Pada tugas akhir ini hanya akan mengamati pada proses *cutting*. Proses ini diharapkan dapat memberikan hasil sesuai dengan target yang diinginkan oleh perusahaan yaitu memiliki panjang 6.008 mm. Namun, pada proses *cutting* ini tidak selalu tepat dengan target yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh ketebalan bahan, ketepatan mesin dalam memotong, dan juga kecepatan mesin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada Tugas Akhir ini bertujuan menganalisis pengendalian kualitas pada PT. Pacific Angkasa Abadi. Metode yang digunakan adalah diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI. Hasil perbandingan dari penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengkaji rumusan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI?
2. Bagaimana penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI dalam pengendalian kualitas produksi pipa besi di PT. Pacific Angkasa Abadi?

3. Bagaimana perbandingan kinerja diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI berdasarkan waktu ketika data *out of control*?

### 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Diasumsikan data berdistribusi normal.
2. Software yang digunakan adalah Matlab.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengkaji rumusan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI.
2. Bagaimana menerapkan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI dalam pengendalian kualitas produksi pipa besi di PT. Pacific Angkasa Abadi.
3. Membandingkan kinerja diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI berdasarkan waktu ketika data *out of control* untuk mencari metode yang terbaik.

### 1.5 Manfaat

Hasil Tugas Akhir ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai metode pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI pada proses produksi di PT. Pacific Angkasa Abadi.
2. Dapat digunakan sebagai referensi dalam memahami diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI.
3. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam memahami permasalahan pengendalian kualitas pada periode mendatang.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

- BAB I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

- BAB II Tinjauan Pustaka, menjelaskan tentang kualitas, pengendalian kualitas, pengendalian kualitas statistik, diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*, diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI.
- BAB III Metode Penelitian, menjelaskan tentang jenis penelitian, pengambilan data, dan teknik analisis data dalam pengendalian kualitas.
- BAB IV Analisis Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang analisis data dan pembahasan secara keseluruhan dengan menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI.
- BAB V Penutup, berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dari seluruh pengerjaan tugas akhir.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dibahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Dasar teori yang dijelaskan meliputi diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Salah satu penelitian yang digunakan sebagai rujukan adalah tugas akhir yang ditulis oleh Intan Alifiyah Ilmi (2010) yang berjudul “Analisis Efisiensi Sistem Pembakaran pada Boiler di PLTU Unit III PT. PJB Up Gresik dengan Metode SPC (*Statistical Process Control*)”[3]. Implementasi SPC digunakan untuk menganalisa dan meningkatkan performansi pada sistem pembakaran pada Boiler di PLTU unit III PT. PJB Up Gresik. Metode pendekatan yang digunakan adalah diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*. Pada tugas akhir ini diperoleh hasil bahwa seluruh variabel berada dalam keadaan *out of control*. Sistem pembakaran pada Boiler menunjukkan kondisi proses yang tidak cukup *capable*, tetapi mendekati batas spesifikasi yang telah ditunjukkan dengan nilai  $C_p = 1,29$ .

Penelitian lain adalah jurnal yang ditulis oleh Maoyuan Zhou (2015) yang berjudul “*Variable Sample Size and Variable Sampling Interval Shewhart Control Chart with Estimated Parameters*”[2]. Penelitian ini membahas tentang diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI yang memberikan hasil bahwa estimasi parameter memiliki dampak yang signifikan terhadap data *in control* dan memiliki sedikit dampak pada data *out of control*.

#### **2.2 Pengertian Kualitas**

Definisi kualitas adalah sesuatu yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan. Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan

*maintenance*, di mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan [4].

Dalam sebuah perusahaan, kualitas produk yang dihasilkan baik berupa barang atau jasa merupakan faktor yang sangat menentukan baik atau buruknya perusahaan tersebut. Usaha untuk menjaga reputasi (nama baik) ini dapat dilakukan melalui kualitas dari barang atau jasa yang dihasilkan. Karena kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam banyak produk dan jasa [5].

### **2.3 Pengendalian Kualitas**

Pengertian pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen [4].

Pengendalian kualitas dilakukan agar dapat menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang sesuai dengan standar yang diinginkan dan direncanakan, selain itu dapat juga digunakan untuk memperbaiki kualitas produk yang belum sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan sebisa mungkin mempertahankan kualitas yang sesuai.

Dalam menjalankan aktivitas, pengendalian kualitas merupakan salah satu teknik yang perlu dilakukan mulai dari sebelum proses produksi berjalan, pada saat proses produksi, hingga proses produksi berakhir dengan menghasilkan produk akhir.

### **2.4 Pengendalian Kualitas Statistik**

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola, dan memperbaiki produk serta proses menggunakan metode – metode statistik. Filosofi pada konsep pengendalian kualitas statistik adalah *output* pada proses atau

pelayanan dapat dikemukakan ke dalam pengendalian statistik melalui alat – alat manajemen dan tindakan perancangan.

Pengendalian kualitas statistik dan pengendalian proses statistik merupakan dua istilah yang saling dipertukarkan. Apabila dilakukan bersama – sama maka pemakai akan melihat gambaran kinerja proses masa kini dan masa mendatang. Hal ini disebabkan oleh pengendalian proses statistik yang dikenal sebagai alat yang bersifat *online* untuk menggambarkan apa yang sedang terjadi dalam proses saat ini. Pengendalian kualitas statistik menyediakan alat – alat *offline* untuk mendukung analisis dan pembuatan keputusan yang membantu menentukan apakah proses dalam keadaan stabil dan dapat diprediksi setiap tahapannya[4].

## 2.5 Diagram Kontrol

Diagram kontrol adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Diagram kontrol menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada diagram kontrol[5].

Diagram kontrol mempunyai banyak manfaat dalam pengendalian kualitas diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengurangi buangan atau pembuatan ulang yang merupakan penghambat produktivitas yang utama dalam setiap operasi sehingga dapat mengurangi biaya, produktivitas dan kapasitas produksi akan meningkat.
2. Mengetahui penyimpangan-penyimpangan yang terjadi selama proses produksi berlangsung jika disertai lembar pengamatan yang baik.
3. Sebagai alat untuk mengendalikan kualitas produk agar seragam dan memenuhi spesifikasi produk yang telah ditentukan.

4. Memperoleh informasi mengenai kemampuan proses. Diagram kontrol dapat memberikan informasi tentang nilai parameter proses yang penting dan stabilitasnya terhadap waktu. Hal ini memberikan taksiran kemampuan proses yang akan dibuat.
5. Sebagai dasar dalam menetapkan standart proses berikutnya sehingga kestabilan kualitas produk dapat dipertahankan[5].

Diagram kontrol merupakan suatu tampilan grafis dari karakteristik kualitas yang telah diukur dari setiap sampel, dengan skala karakteristik kualitas yang diukur sebagai garis vertikal, dan ukuran sampel yang diambil sebagai garis horizontal.

Diagram kontrol dapat digunakan dengan cara menetapkan batas-batas kontrol. Batas kontrol tersebut terbagi menjadi

1. Batas Kontrol Atas (BKA)  
Merupakan garis batas atas untuk suatu penyimpangan yang masih dapat ditoleransi.
2. Garis Tengah (GT)  
Merupakan garis yang melambangkan tidak adanya penyimpangan dari karakteristik sampel.
3. Batas Kontrol Bawah (BKB)  
Merupakan garis batas bawah untuk suatu penyimpangan dari karakteristik sampel.

Selama titik-titik terletak di dalam batas pengendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali, dan tidak perlu tindakan apa pun. Tetapi, satu titik yang terletak di luar batas pengendali diinterpretasikan sebagai fakta bahwa proses tak terkendali, dan diperlukan tindakan penyelidikan untuk mendapatkan sebab-sebab tersangka yang menyebabkan tingkah laku itu. Diagram kontrol dapat dikatakan lebih sensitif dalam mendeteksi adanya pergeseran data apabila memiliki jumlah data *out of control* yang lebih banyak [6].

Untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi, maka digunakan diagram kontrol yang secara garis besar dibagi menjadi 2 jenis:

#### 1. Diagram Kontrol Atribut

Model ini digunakan apabila produk yang akan dievaluasi kualitasnya dapat dibedakan atas baik dan jelek, cacat dan tidak cacat. Diagram kontrol atribut dibagi menjadi 4 macam, yaitu:

##### a. Diagram Kontrol $p$

Jika unit yang cacat dapat dinyatakan sebagai proporsi dari banyaknya barang yang tidak sesuai yang ditemukan dalam pemeriksaan terhadap total barang, maka pengendalian kualitasnya dapat dilakukan dengan menggunakan diagram kontrol  $p$  [5].

Diagram kontrol  $p$  memiliki rumus  $BKA$ ,  $BKB$ , dan  $GT$  sebagai berikut:

$$BKA = p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{f}}$$

$$GT = p$$

$$BKB = p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{f}}$$

dengan :

$p = \frac{D}{f}$ , adalah proporsi ketidaksesuaian produksi,

$D$  : jumlah total produk yang tak sesuai,

$f$  : jumlah produksi.

##### b. Diagram Kontrol $np$

Model ini digunakan untuk menganalisis banyak unit yang tak sesuai, bukan pada bagian tak sesuai [5]. Diagram kontrol  $np$  memiliki rumus  $BKA$ ,  $BKB$ , dan  $GT$  sebagai berikut:

$$BKA = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$GT = np$$

$$BKB = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

dengan :

$np$  : banyak produk yang tak sesuai,

c. Diagram Kontrol  $c$

Model diagram kontrol  $c$  digunakan untuk menganalisis total banyaknya ketidaksesuaian. Andaikan bahwa cacat atau tak sesuai terjadi dalam unit pemeriksaan ini menurut distribusi Poisson [5], yaitu

$$p(x) = \frac{e^{-c}c^x}{x!}, x = 0,1,2, \dots$$

dengan :

$x$  : banyak ketidaksesuaian,

$c$  : parameter distribusi Poisson.

Dengan demikian, rumus  $BKA$ ,  $BKB$ , dan  $GT$  untuk diagram kontrol  $c$  adalah sebagai berikut:

$$BKA = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$GT = \bar{c}$$

$$BKB = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

dengan :

$\bar{c} = \frac{\sum c}{m}$ , adalah proporsi cacat/ketidaksesuain per subgroup,

$\sum c$  : jumlah cacat/ketidaksesuain per subgroup,

$m$  : banyaknya sampel.

d. Diagram Kontrol  $u$

Model ini digunakan untuk menganalisis ketidaksesuaian per unit. Diagram kontrol  $u$  biasanya digunakan pada situasi rata-rata banyak ketidaksesuaian ukuran unit sampel sangat bervariasi dari sampel ke sampel. Jika diperoleh  $c$  jumlah ketidaksesuaian rata-rata per unit pemeriksaan, maka banyak ketidaksesuaian rata-rata per unit pemeriksaan adalah

$$u = \frac{c}{m}$$

Dalam hal ini,  $u$  adalah variabel random Poisson [5]. Dengan demikian, rumus  $BKA$ ,  $BKB$ , dan  $GT$  untuk diagram kontrol  $u$  sebagai berikut:

$$BKA = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{m}}$$

$$GT = \bar{u}$$

$$BKB = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{m}}$$

dengan:

$\bar{u}$  : banyak ketidaksesuaian rata-rata per unit yang diamati,

## 2. Diagram Kontrol Variabel

Diagram kontrol variabel digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang bersifat variabel dan dapat diukur. Seperti: berat, ketebalan, panjang volume, diameter. Diagram kontrol ini biasanya digunakan untuk pengendalian proses yang didominasi oleh mesin.

Diagram kontrol variabel dibagi menjadi 2, yaitu:

### a. Diagram kontrol $\bar{X}$ Shewhart dan R

Diagram Kontrol R digunakan untuk mengetahui besarnya rentang atau selisih antara nilai pengukuran yang terbesar dengan nilai pengukuran terkecil di dalam sub grup yang diperiksa. Rumus untuk mencari rata-rata rentang [5] yaitu:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_m}{m}$$

dengan:

$\bar{R}$  : rata-rata rentang,

$R$  : selisih antara ukuran maksimum sampel dengan minimum sampel,

$m$  : banyak sampel.

Dengan demikian, rumus  $BKA$ ,  $BKB$ , dan  $GT$  untuk diagram kontrol  $\bar{R}$  sebagai berikut:

$$BKA = \bar{R} D_4$$

$$GT = \bar{R}$$

$$BKB = \bar{R} D_3$$

Diagram Kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa. Rumus-rumus berikut digunakan untuk mencari total rata-rata:

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

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_j}{m}$$

dengan:

$n$  : ukuran sampel,

$\bar{X}_j$  : rata-rata sampel ke- $j$ ,

$m$  : banyak sampel,

$\bar{\bar{X}}$  : rata-rata dari  $\bar{X}$ .

Dengan demikian, rumus *BKA*, *BKB*, dan *GT* untuk diagram kontrol  $\bar{X}$  [5] sebagai berikut:

$$BKA = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$GT = \bar{\bar{X}}$$

$$BKB = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*, sampel diambil dengan ukuran yang tetap ( $n$  tetap) dan interval waktu yang sama pula ( $t$  tetap). Jika plot sebuah titik sampel berada di luar batas kontrol atas (*BKA*) atau batas kontrol bawah (*BKB*), maka proses dikatakan tidak terkendali.

Diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dapat dinyatakan dalam nilai standart  $Z$  untuk mempermudah tampilan. Setiap plot titik sampel pada diagram kontrol adalah nilai yang distandarisasi  $Z$  ( $Z_j$ ), dengan rumus sebagai berikut[7] :

$$Z_j = \frac{\bar{X}_j - \bar{\bar{X}}}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (2.1)$$

dengan :

$\sigma$  : standar deviasi,

$Z_j$  berdistribusi normal dengan mean = 0 dan standar deviasi = 1.

Sehingga batasan pada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* menjadi sebagai berikut :

$$BKA = k$$

$$GT = 0$$

$$BKB = -k$$

dengan nilai  $k = 3$  (prinsip 3 *sigma* dengan  $\alpha = 0,0027$ )[7].

b. Diagram Kontrol  $\bar{X}$  dan S

Merupakan diagram kontrol yang menggambarkan penyebaran atau keragaman proses produksi dan digunakan apabila ukuran  $n$  besar, yaitu  $n > 10$ . Jika  $n$  besar maka grafik kendali R kurang efektif untuk menaksir nilai  $\sigma$ . Sehingga digunakan grafik kendali S untuk menaksir nilai  $\sigma$ . Jika  $S_1, S_2, \dots, S_m$  adalah standar deviasi dari  $m$  subgrup yang masing-masing berukuran  $n$ . Dengan demikian, rumus BKA, GT, dan BKB sebagai berikut[5]:

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

$$GT = \bar{\bar{X}}$$

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

dengan:

$\bar{S}$  : rata-rata dari standar deviasi.

## 2.6 Ekspektasi Bersyarat

Distribusi probabilitas memiliki berbagai sifat atau karakteristik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu distribusi. Karakteristik yang biasa digunakan antara lain rata-rata hitung yang biasa disebut rata-rata dan variansi. Biasanya terdapat data pengamatan yang memuat peubah acak tidak tunggal. Misalnya  $E(X), E(Y)$ , dan  $E(X, Y)$ . Variansi dari  $X$  dan  $Y$  dinyatakan  $\sigma_X^2, \sigma_Y^2$  dan kovarian dari peubah acak  $X$  dan  $Y$  dinyatakan  $\sigma_{XY}$ .

$E(X)$  tersebut adalah rata-rata dan tidak perlu menyatakan hasil yang muncul dalam percobaannya. Rata-rata ini yang disebut rata-rata peubah acak  $X$  atau rata-rata distribusi *probabilitas*  $X$ .

Jika  $X$  suatu peubah acak dengan fungsi probabilitas  $f(x)$ , maka rata-rata peubah acak  $X$  untuk data diskrit adalah sebagai berikut :

$$E(X) = \sum_X x \cdot f(x)$$

Misalkan  $X$  dan  $Y$  *joint random variable* maka nilai ekspektasi  $Y$  dengan syarat  $X = x$  untuk data diskrit adalah sebagai berikut[8] :

$$E(Y|x) = \sum_y y \cdot f(y|x)$$

## 2.7 Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI

Untuk mendeteksi lebih awal adanya signal – signal yang terjadi dalam suatu proses, maka digunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI. Diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI menggunakan ukuran sampel dan interval waktu yang bervariasi. Posisi setiap titik sampel pada diagram kontrol akan menentukan ukuran sampel berikutnya dan interval waktu pengambilan sampel berikutnya.

Jika suatu titik sampel jatuh pada daerah peringatan (*warning region*), maka interval waktu untuk mengambil sampel berikutnya akan pendek/cepat karena ada dugaan bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali. Sebaliknya, jika suatu titik sampel jatuh pada daerah tengah (*central region*), pengambilan sampel berikutnya akan dilakukan setelah interval waktu yang panjang/lama karena proses tampak dalam keadaan terkendali[7].

Jika suatu titik sampel jatuh pada daerah peringatan (*warning region*), maka ukuran sampel berikutnya diambil dalam jumlah besar karena ada dugaan bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali. Sebaliknya, jika suatu titik sampel jatuh pada daerah tengah (*central region*), ukuran sampel berikutnya akan diambil dalam jumlah kecil/ sedikit karena proses tampak dalam keadaan terkendali[9].

Terdapat dua jenis batasan dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, yaitu batas kontrol dan batas peringatan. Batas kontrol dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$BKA = \mu_0 + k\sigma$$

$$BKB = \mu_0 - k\sigma$$

Sedangkan batas peringatan dirumuskan sebagai berikut :

$$BPA = \mu_0 + w\sigma$$

$$BPB = \mu_0 - w\sigma$$

dengan :

$BKA$  : batas kontrol atas,

$BKB$  : batas kontrol bawah,

$BPA$  : batas peringatan atas,

$BPB$  : batas peringatan bawah.

Untuk mempermudah tampilan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, digunakan nilai standar  $Z$ . Setiap plot titik sampel pada diagram kontrol adalah nilai yang distandarisasi  $Z$  ( $Z_j$ ) dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_j = \frac{\bar{X}_j - \bar{X}}{\sigma/\sqrt{n}}$$

$Z_j$  berdistribusi normal dengan *mean* = 0 dan standar deviasi = 1. Sehingga batasan pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI menjadi sebagai berikut:

$$BKA = k$$

$$BKB = -k$$

$$GT = 0$$

$$BPA = w$$

$$BPB = -w$$

dengan nilai  $k = 3$  (prinsip 3 *sigma* dengan  $\alpha = 0,0027$ )[7].

Diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI dibedakan menjadi tiga daerah, yaitu sebagai berikut :

1. Daerah tengah (*central region*)

Daerah ini terdapat antara batas peringatan atas ( $w$ ) dan batas peringatan bawah ( $-w$ ).

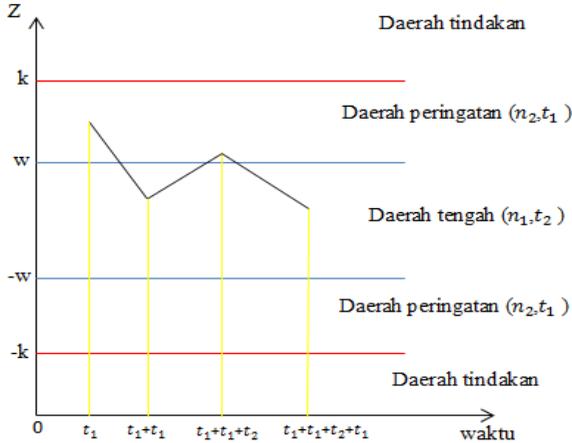
2. Daerah peringatan (*warning region*)

Daerah ini terdapat antara batas kontrol bawah ( $-k$ ) dan batas peringatan bawah ( $-w$ ) atau batas peringatan atas ( $w$ ) dan batas kontrol atas ( $k$ ).

### 3. Daerah tindakan (*action region*)

Daerah ini terdapat di luar batas kontrol atas ( $k$ ) dan batas kontrol bawah ( $-k$ )[9].

Berikut merupakan pembagian daerah pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI :



**Gambar 2.1** Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, menggunakan dua ukuran sampel dan dua interval waktu, yaitu :

- $n_1$  : ukuran sampel kecil,
- $n_2$  : ukuran sampel besar,
- $t_1$  : interval waktu pendek,
- $t_2$  : interval waktu panjang.

Kemudian dimisalkan bahwa

$$I_1(n_1, t_2) = [-w, w]$$

$$I_2(n_2, t_1) = (-k, -w) \cup (w, k)$$

$$I_3 = (-k, k)$$

dengan

$I_1$  : daerah tengah,

$I_2$  : daerah peringatan,

$I_3$  : daerah di antara  $k$  dan  $-k$ .

Untuk menghitung  $n_i$  (ukuran sampel) dan  $t_i$  (interval sampel) didefinisikan sebagai berikut :

$$n_i, t_i = \begin{cases} (n_2, t_1), \text{jika} & w < Z_{j-1} < k \\ (n_1, t_2), \text{jika} & -w \leq Z_{j-1} \leq w \\ (n_2, t_1), \text{jika} & -k < Z_{j-1} < -w \end{cases}$$

dengan :

$n_i$  : ukuran sampel,

$t_i$  : interval sampel,

$k$  : batas kontrol atas,

$-k$  : batas kontrol bawah,

$w$  : batas peringatan atas,

$-w$  : batas peringatan bawah.

Sehingga desain diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI akan dibatasi oleh batasan – batasan ukuran sampel dan interval sampel. Untuk batasan ukuran sampel[1], yaitu

$$E_0[n(i)] = n_0$$

atau

$$E[n(i)|-k < Z_{j-1} < k ; \delta = 0] = n_0 \quad (2.2)$$

Sedangkan batasan untuk interval sampel, yaitu

$$E_0[t(i)] = t_0$$

atau

$$E[t(i)|-k < Z_{j-1} < k ; \delta = 0] = t_0 \quad (2.3)$$

Untuk mendapatkan nilai  $n_0$  dan  $t_0$ , dengan pembagian wilayah pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI sebesar 4 bagian, adalah sebagai berikut [10]:

$$n_0 = n_1 \frac{P_r(Z \in I_1)}{P_r(Z \in I_4)} + n_2 \frac{P_r(Z \in I_2)}{P_r(Z \in I_4)} + n_3 \frac{P_r(Z \in I_3)}{P_r(Z \in I_4)} \quad (2.4)$$

$$t_0 = t_1 \frac{P_r(Z \in I_1)}{P_r(Z \in I_4)} + t_2 \frac{P_r(Z \in I_2)}{P_r(Z \in I_4)} + t_3 \frac{P_r(Z \in I_3)}{P_r(Z \in I_4)} \quad (2.5)$$



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini dijelaskan mengenai langkah-langkah yang digunakan dalam menyelesaikan masalah pada Tugas Akhir. Disamping itu, dijelaskan pula prosedur dalam proses pelaksanaan tiap-tiap langkah yang digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian studi literatur. Literatur dapat berupa buku, makalah, jurnal, hasil penelitian sebelumnya, atau berbagai tulisan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Literatur utama yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah jurnal yang ditulis oleh Maoyuan Zhou (2015) yang berjudul “*Variable Sample Size and Variable Sampling Interval Shewhart Control Chart with Estimated Parameters*”[2].

#### **3.2 Pengambilan Data**

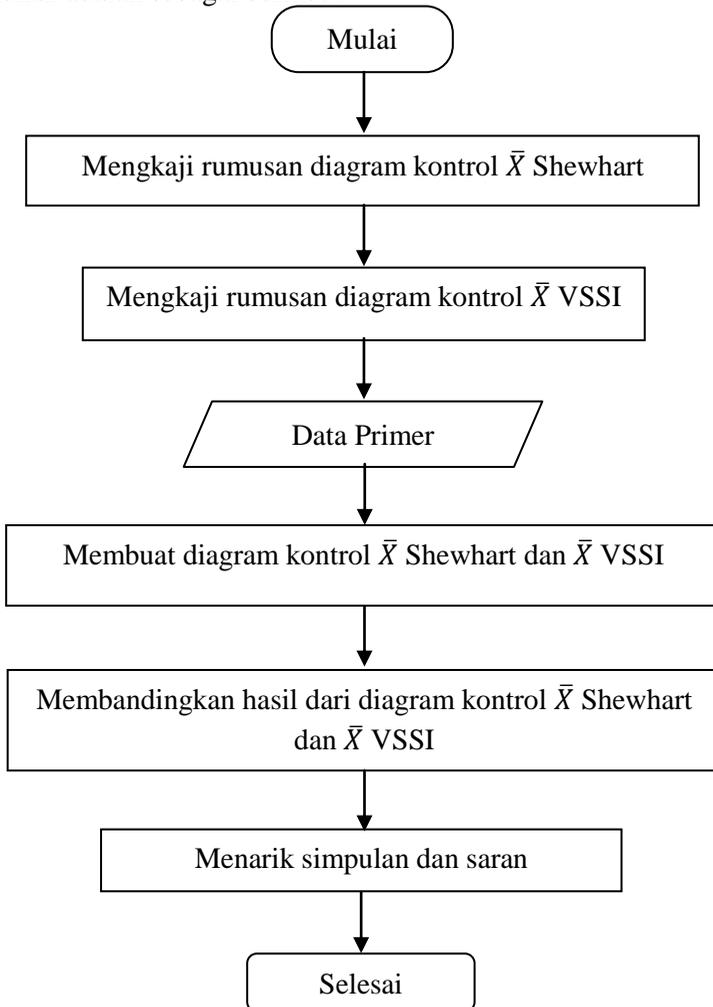
Jenis data yang digunakan untuk pengerjaan tugas akhir ini adalah data primer pada PT. Pacific Angkasa Abadi. Data primer di sini merupakan data yang diambil secara langsung melalui pengambilan sampel dengan ukuran sampel dan interval sampel yang berbeda. Jenis pipa yang diamati pada tugas akhir ini yaitu pipa *hollow* kotak galvanis ukuran  $40 \times 10$  mm dengan ketebalan 0,63 mm dan panjang 6008 mm.

#### **3.3 Teknik Analisis Data**

Analisis dalam tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan teknik pendekatan statistik, agar kesimpulan dapat diperoleh secara tepat. Teknik statistik yang digunakan adalah analisis pengendalian kualitas dengan menggunakan diagram control  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI. Tugas akhir ini menggunakan bantuan software yaitu Matlab.

### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini disajikan pada Gambar 3.1, dimana langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Metodologi Penelitian

1. Mengkaji rumusan batas pengendali diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI.
2. Mengidentifikasi karakteristik data jumlah kecacatan dengan menggunakan analisis deskriptif.
3. Membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI.
4. Membandingkan hasil diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan secara detail mengenai diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*, diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI. Sehingga diperoleh hasil perbandingan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, kemudian ditarik sebuah kesimpulan.

### 4.1 Batas Pengendali Diagram Kontrol $\bar{X}$ *Shewhart*

Misalkan karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan *mean*  $\mu$  dan deviasi standar  $\sigma$ . Jika  $X_1, X_2, \dots, X_n$  merupakan sampel berukuran  $n$ , maka rata – rata sampel adalah

$$\begin{aligned}\bar{X}_j &= \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \\ \bar{X}_j &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i\end{aligned}\tag{4.1}$$

Misalkan tersedia  $m$  sampel, masing – masing memuat  $n$  observasi pada karakteristik kualitas. Jika  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$  adalah rata – rata tiap sampel, maka penaksir terbaik untuk rata – rata proses  $\mu$  adalah *mean* keseluruhan, yaitu

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}} &= \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m} \\ &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{X}_j\end{aligned}\tag{4.2}$$

Dengan :

$i$  : 1, 2, ...,  $n$ ,

$j$  : 1, 2, ...,  $m$ ,

$n$  : ukuran sampel,

$m$  : banyak sampel,

$\bar{X}_j$  : rata – rata sampel ke- $j$ ,

$\bar{\bar{X}}$  : rata – rata dari  $\bar{X}$ .

Untuk membuat batas kontrol, perlu ditaksir deviasi standar  $\sigma$  dengan menggunakan rentang  $m$  sampel. Jika  $X_1, X_2, \dots, X_n$  suatu sampel berukuran  $n$ , maka rentang sampel itu adalah selisih antara observasi yang terbesar dan terkecil, yaitu

$$R_j = (x_{ji})_{max} - (x_{ji})_{min}$$

dengan :

$x_{ji}$  : data sampel ke- $j$  dan ukuran sampel ke- $i$ .

Terdapat hubungan antara rentang sampel dari distribusi normal dan deviasi standar distribusi itu. Variabel random  $W$  dinamakan rentang relatif dari sampel, yaitu

$$W = \frac{R}{\sigma}$$

Parameter distribusi  $W$  adalah fungsi ukuran sampel  $n$ . *Mean*  $W$  adalah  $d_2$ . Sehingga penaksir untuk  $\sigma$  adalah

$$\hat{\sigma} = \frac{R}{d_2}$$

Nilai  $d_2$  untuk berbagai ukuran sampel diberikan dalam tabel Lampiran 1.

Misalkan  $R_1, R_2, \dots, R_m$  adalah rentang  $m$  sampel tersebut. Rentang rata – ratanya adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (4.3)$$

Sehingga taksiran untuk  $\sigma$  dihitung sebagai

$$\hat{\sigma} = \frac{R}{d_2}$$

Variabilitas proses dapat dikendalikan dengan menggambarkan nilai – nilai  $R_j$  dari sampel – sampel yang berurutan pada diagram kontrol  $R$ . Parameter diagram kontrol  $R$  dapat ditentukan dengan mudah, garis tengahnya adalah  $\bar{R}$ . Untuk menentukan batas pengendalinya diperlukan taksiran untuk  $\sigma_R$ . Dengan menganggap karakteristik kualitas berdistribusi normal, estimasi  $\sigma_R$  ( $\hat{\sigma}_R$ ) dapat diperoleh dari distribusi rentang relatif  $W$ . Kemudian misalkan  $d_3$  adalah deviasi standar  $W$  yang merupakan fungsi  $n$  yang diketahui, karena

$$R = W \sigma$$

sehingga deviasi standar  $R$  adalah

$$\sigma_R = d_3 \sigma$$

Karena  $\sigma$  tidak diketahui,  $\sigma_R$  dapat ditaksir dengan

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Nilai  $d_3$  untuk berbagai ukuran sampel diberikan dalam tabel Lampiran 1.

Rumus batas pengendali diagram kontrol  $R$  dengan  $k = 3$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BKA &= \mu_R + k \sigma_R \\ &= \bar{R} + 3 d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned}$$

$$GT = \bar{R}$$

$$\begin{aligned} BKB &= \mu_R - k \sigma_R \\ &= \bar{R} - 3 d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned}$$

Jika dimisalkan

$$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$$

dan

$$D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$$

Maka dapat didefinisikan kembali parameter – parameter diagram kontrol  $R$  sebagai berikut :

$$BKA = \bar{R} D_4 \quad (4.4)$$

$$GT = \bar{R} \quad (4.5)$$

$$BKB = \bar{R} D_3 \quad (4.6)$$

Konstan  $D_3$  dan  $D_4$  ditabelkan untuk berbagai ukuran sampel dalam tabel Lampiran 1.

Setelah diperoleh diagram kontrol  $R$ , selanjutnya akan dicari batas kontrol diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*. Jika digunakan  $\bar{X}$  sebagai penaksir untuk  $\mu$  dan  $\frac{\bar{R}}{d_2}$  sebagai penaksir untuk  $\sigma$ , maka batas kontrol diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} BKA &= \mu + k \sigma_{\bar{X}} \\ &= \bar{X} + \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} \end{aligned}$$

$$GT = \bar{X}$$

$$\begin{aligned} BKB &= \mu - k \sigma_{\bar{X}} \\ &= \bar{X} - \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} \end{aligned}$$

Apabila dimisalkan :

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

sehingga diperoleh kembali batas kontrol untuk diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*, yaitu

$$BKA = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (4.7)$$

$$GT = \bar{\bar{X}} \quad (4.8)$$

$$BKB = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (4.9)$$

Konstan  $A_2$  untuk berbagai ukuran sampel diberikan dalam tabel Lampiran 1.

#### 4.2 Batas Pengendali Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI

Untuk membandingkan kinerja diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI harus dilakukan penyesuaian kinerja kedua diagram kontrol untuk keadaan terkendali. Konstruksi diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI harus didesain sedemikian rupa sehingga saat keadaan terkendali ( $\mu = \mu_0$ ), rata – rata ukuran sampel dari diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI akan sama dengan ukuran sampel tetap pada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan rata – rata interval sampel pada  $\bar{X}$  VSSI akan sama dengan interval sampel tetap dari diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*. Dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, ukuran sampel dan interval waktu pengambilan sampel berikutnya ditentukan oleh plot titik sampel sebelumnya pada diagram kontrol.

Dari persamaan (2.2) dan (2.3), dihitung probabilitas pada masing-masing interval sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_r(Z \in I_1) &= \Phi(w) - \Phi(-w) \\ &= \Phi(w) - [1 - \Phi(w)] \\ &= \Phi(w) - 1 + \Phi(w) \\ &= 2\Phi(w) - 1 \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$\begin{aligned} P_r(Z \in I_2) &= \Phi(k) - \Phi(w) + \Phi(-w) - \Phi(-k) \\ &= \Phi(k) - \Phi(w) + [1 - \Phi(w)] - [1 - \Phi(k)] \\ &= \Phi(k) - \Phi(w) + 1 - \Phi(w) - 1 + \Phi(k) \\ &= 2\Phi(k) - 2\Phi(w) \\ &= 2(\Phi(k) - \Phi(w)) \end{aligned} \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} P_r(Z \in I_3) &= \Phi(k) - \Phi(-k) \\ &= \Phi(k) - [1 - \Phi(k)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \Phi(k) - 1 + \Phi(k) \\
&= 2\Phi(k) - 1
\end{aligned} \tag{4.12}$$

dengan  $\Phi(\cdot)$  adalah fungsi probabilitas kumulatif untuk distribusi normal.

Persamaan (2.1) mengenai batasan ukuran sampel menjadi

$$n_0 = E[n(i) | Z \in I_3] \tag{4.13}$$

Berdasarkan persamaan (2.4) dengan mensubstitusikan persamaan (4.10), (4.11), dan (4.12) ke persamaan (4.13) diperoleh

$$n_0 = n_1 \frac{P_r(Z \in I_1)}{P_r(Z \in I_3)} + n_2 \frac{P_r(Z \in I_2)}{P_r(Z \in I_3)}$$

$$n_0 P_r(Z \in I_3) = n_1 P_r(Z \in I_1) + n_2 P_r(Z \in I_2) \tag{4.14}$$

Substitusikan persamaan (4.10), (4.11), dan (4.12) pada persamaan (4.14) sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
n_0(2\Phi(k) - 1) &= n_1(2\Phi(w) - 1) + n_2(2[\Phi(k) - \Phi(w)]) \\
\Leftrightarrow 2n_0\Phi(k) - n_0 &= 2n_1\Phi(w) - n_1 + 2n_2\Phi(k) - 2n_2\Phi(w) \\
\Leftrightarrow 2n_0\Phi(k) - n_0 &= 2(n_1\Phi(w) - n_2\Phi(w)) - n_1 + 2n_2\Phi(k) \\
\Leftrightarrow 2(n_1 - n_2)\Phi(w) &= n_1 - 2n_2\Phi(k) + 2n_0\Phi(k) - n_0 \\
\Leftrightarrow 2(n_1 - n_2)\Phi(w) &= 2(n_0\Phi(k) - n_2\Phi(k)) - n_0 + n_1 \\
\Leftrightarrow 2(n_1 - n_2)\Phi(w) &= 2(n_0 - n_2)\Phi(k) + n_1 - n_0
\end{aligned} \tag{4.15}$$

Dari persamaan (4.15) diperoleh nilai  $W$  yaitu sebagai berikut:

$$W = \Phi^{-1} \left[ \frac{2\Phi(k)(n_0 - n_2) + n_1 - n_0}{2(n_1 - n_2)} \right] \tag{4.16}$$

Kemudian persamaan (2.2) mengenai batasan interval sampel menjadi

$$t_0 = E[t(i) | Z \in I_3] \tag{4.17}$$

Berdasarkan persamaan (2.5) dengan mensubstitusikan persamaan (4.10), (4.11), dan (4.12) ke persamaan (4.17) diperoleh

$$\begin{aligned}
t_0 &= t_2 \frac{P_r(Z \in I_1)}{P_r(Z \in I_3)} + t_1 \frac{P_r(Z \in I_2)}{P_r(Z \in I_3)} \\
t_0 P_r(Z \in I_3) &= t_2 P_r(Z \in I_1) + t_1 P_r(Z \in I_2)
\end{aligned} \tag{4.18}$$

Persamaan (4.10), (4.11), dan (4.12) disubstitusikan pada persamaan (4.18) sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
t_0(2\Phi(k) - 1) &= t_2(2\Phi(w) - 1) + t_1(2[\Phi(k) - \Phi(w)]) \\
\Leftrightarrow 2t_0\Phi(k) - t_0 &= 2t_2\Phi(w) - t_2 + 2t_1\Phi(k) - 2t_1\Phi(w) \\
\Leftrightarrow 2t_0\Phi(k) - t_0 &= 2(t_2\Phi(w) - t_1\Phi(w)) - t_2 + 2t_1\Phi(k) \\
\Leftrightarrow 2(t_2 - t_1)\Phi(w) &= t_2 - 2t_1\Phi(k) + 2t_0\Phi(k) - t_0 \\
\Leftrightarrow 2(t_2 - t_1)\Phi(w) &= 2(t_0\Phi(k) - t_1\Phi(k)) - t_0 + t_2 \\
\Leftrightarrow 2(t_2 - t_1)\Phi(w) &= 2(t_0 - t_1)\Phi(k) + t_2 - t_0 \quad (4.19)
\end{aligned}$$

Dari persamaan (4.19) diperoleh nilai  $W$  yaitu sebagai berikut:

$$W = \Phi^{-1} \left[ \frac{2\Phi(k)(t_0 - t_1) + t_2 - t_0}{2(t_2 - t_1)} \right] \quad (4.20)$$

Berdasarkan persamaan (4.16) dan (4.20) diperoleh persamaan baru yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\frac{2\Phi(k)(n_0 - n_2) + n_1 - n_0}{2(n_1 - n_2)} &= \frac{2\Phi(k)(t_0 - t_1) + t_2 - t_0}{2(t_2 - t_1)} \\
\Leftrightarrow [2\Phi(k)(n_0 - n_2) + n_1 - n_0](t_2 - t_1) &= [2\Phi(k)(t_0 - t_1) + t_2 - t_0](n_1 - n_2) \\
\Leftrightarrow [2\Phi(k)(n_0 - n_2) + n_1 - n_0](t_2 - t_1) &= 2\Phi(k)(t_0 - t_1)(n_1 - n_2) + t_2(n_1 - n_2) - t_0(n_1 - n_2) \quad (4.21)
\end{aligned}$$

Untuk mempermudah perhitungan dapat dimisalkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
b &= 2(t_0 - t_1)(n_1 - n_2)\Phi(k) \\
c &= 2(n_0 - n_2)\Phi(k) + n_1 - n_0
\end{aligned}$$

Kemudian substitusikan  $b$  dan  $c$  pada persamaan (4.21), sehingga menjadi

$$\begin{aligned}
c(t_2 - t_1) &= b + t_2(n_1 - n_2) - t_0(n_1 - n_2) \\
\Leftrightarrow -b + t_0(n_1 - n_2) &= t_2(n_1 - n_2) - c(t_2 - t_1) \\
\Leftrightarrow -b + t_0(n_1 - n_2) &= t_2n_1 - t_2n_2 - t_2c + t_1c \\
\Leftrightarrow -b + t_0(n_1 - n_2) - t_1c &= t_2(n_1 - n_2 - c) \\
\Leftrightarrow \frac{t_0(n_1 - n_2) - b - t_1c}{n_1 - n_2 - c} &= t_2 \quad (4.22)
\end{aligned}$$

Diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI memiliki 5 parameter yaitu  $n_1, n_2, t_1, t_2, w$ . Jika nilai  $n_1, n_2$ , dan  $t_1$  ditentukan maka dua parameter lainnya yaitu  $t_2$  dan  $w$  dapat dicari dari persamaan (4.22) dan (4.20).

### 4.3 Analisis Menggunakan Diagram Kontrol

#### 4.3.1 Diagram Kontrol $\bar{X} - R$

Sebelum membuat diagram kontrol, perlu adanya parameter untuk diagram kontrol yaitu  $\bar{X}$  dan  $\sigma$ . Parameter inilah yang nantinya dijadikan patokan untuk membuat diagram kontrol. Parameter ini dihitung dengan menggunakan data masa lalu yang diperoleh dari perusahaan. Pada data masa lalu ini digunakan ukuran sampel sebanyak 4 dan dilakukan 80 kali pengamatan.

Diketahui dari data yang diperoleh dari perusahaan pada Lampiran 2. Sebelum membuat diagram kontrol  $\bar{X}$ , perlu membuat diagram kontrol R terlebih dahulu. Berikut langkah-langkah dalam membuat diagram kontrol R :

$$n = 4$$

$$m = 80$$

$$\sum R = 462$$

Setelah menghitung jumlah R kemudian dicari rata-rata R dengan menggunakan persamaan (4.3) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{R} &= \frac{1}{m} \sum R \\ &= \frac{1}{80} 462 \\ &= 5,775\end{aligned}$$

Kemudian dapat dihitung batas kontrol atas, garis tengah, dan batas kontrol bawah dengan menggunakan persamaan (4.4), (4.5), dan (4.6) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}BKA &= \bar{R}D_4 \\ &= 5,775 (2,282) \\ &= 13,17855\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}GT &= \bar{R} \\ &= 5,775\end{aligned}$$

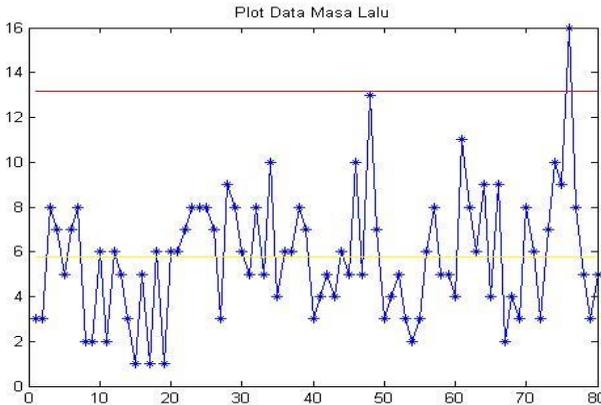
$$BKB = \bar{R}D_3$$

$$= 5,775 (0)$$

$$= 0$$

dengan nilai  $D_3$  untuk  $n = 4$  yaitu 0 dan  $D_4$  untuk  $n = 4$  yaitu 2,282 yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Setelah melakukan perhitungan batas kontrol, kemudian dapat disusun diagram kontrol R dengan  $GT = 5,775$ ,  $BKA = 13,17855$ , dan  $BKB = 0$ . Berikut plot data pada diagram kontrol R:



**Gambar 4.1** Plot Diagram Kontrol R

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa pada plot data ke 76 keluar dari batas kontrol, sehingga proses dikatakan belum terkontrol. Karena pada plot tahap pertama masih menunjukkan keadaan yang tidak terkontrol, sehingga perlu membuat digram kontrol R tahap kedua. Langkah pertama yaitu menghilangkan plot data ke 76 sehingga tersisa 79 subgroup. Kemudian dilakukan perhitungan tahap kedua sebagai berikut :

$$n = 4$$

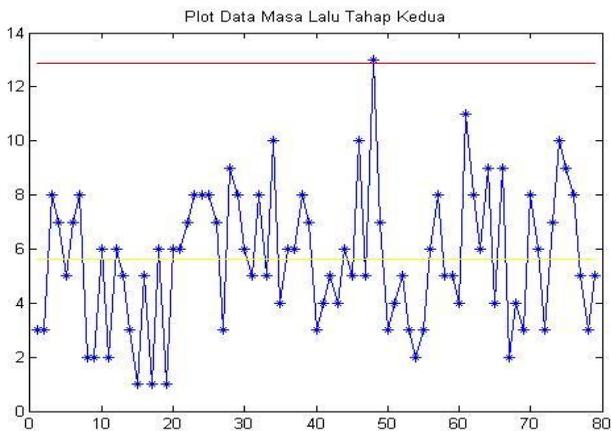
$$m = 79$$

$$\sum R = 446$$

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum R$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{79} 446 \\
 &= 5,64557 \\
 BKA &= \bar{R}D_4 \\
 &= 5,64557(2,282) \\
 &= 12,88319 \\
 GT &= \bar{R} \\
 &= 5,64557 \\
 BKB &= \bar{R}D_3 \\
 &= 5,64557(0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Karena sudah menghitung batas kontrol dari diagram kontrol R, selanjutnya dapat dibuat diagram kontrol R dengan  $GT = 5,64557$ ,  $BKA = 12,88319$ , dan  $BKB = 0$ . Berikut hasil plot data tahap kedua pada diagram kontrol R :



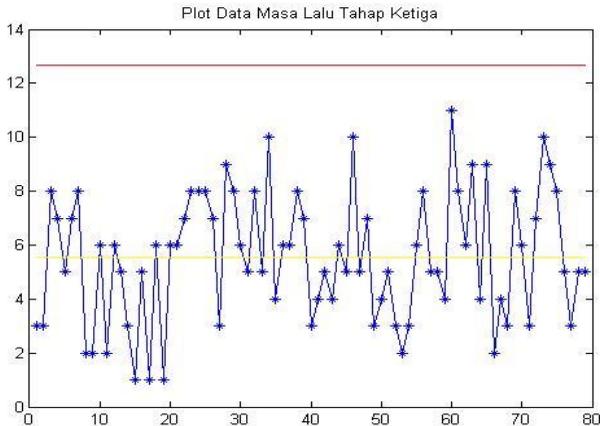
**Gambar 4.2** Plot Diagram Kontrol R Revisi 1

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa plot data ke 48 keluar dari batas kontrol, sehingga perlu membuat diagram kontrol R pada tahap ketiga. Berikut perhitungan batas kontrol pada tahap ketiga :

$$\begin{aligned}
 n &= 4 \\
 m &= 78
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum R &= 433 \\
 \bar{R} &= \frac{1}{m} \sum R \\
 &= \frac{1}{78} 433 \\
 &= 5,551282 \\
 BKA &= \bar{R} D_4 \\
 &= 5,551282(2,282) \\
 &= 12,66803 \\
 GT &= \bar{R} \\
 &= 5,551282 \\
 BKB &= \bar{R} D_3 \\
 &= 5,551282(0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Setelah batas kontrol dihitung, kemudian dapat membuat diagram kontrol R tahap ketiga. Berikut merupakan plot data pada diagram kontrol R dengan  $GT = 5,551282$ ,  $BKA = 12,66803$ , dan  $BKB = 0$  :



**Gambar 4.3** Plot Diagram Kontrol R Revisi 2

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa sudah tidak ada plot data yang keluar dari batas kontrol. Sehingga, selanjutnya dapat

membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dengan jumlah pengamatan menjadi 78 subgrup. Berikut perhitungan untuk membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*:

$$n = 4$$

$$m = 78$$

$$\sum R = 433$$

$$\bar{R} = 5,551282$$

Kemudian dapat dihitung nilai  $\bar{X}$  dan  $\bar{\bar{X}}$  dengan menggunakan persamaan (4.1) dan (4.2) sebagai berikut:

$$\sum \bar{X}_j = 468973,75$$

$$\begin{aligned} \bar{\bar{X}} &= \frac{1}{m} \sum \bar{X}_j \\ &= \frac{1}{78} 468973,75 \\ &= 6012,483974 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dicari nilai batas kontrol atas, garis tengah, dan batas kontrol bawah dengan menggunakan persamaan (4.7), (4.8), dan (4.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BKA &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ &= 6012,483974 + 0,729(5,551282) \\ &= 6016,530859 \end{aligned}$$

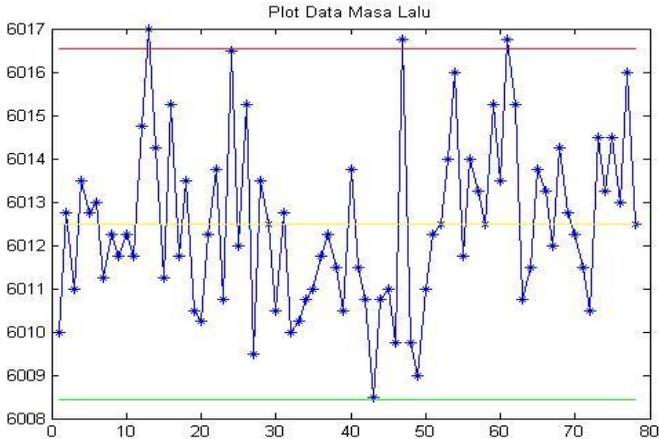
$$\begin{aligned} GT &= \bar{\bar{X}} \\ &= 6012,483974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BKB &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\ &= 6012,483974 - 0,729(5,551282) \\ &= 6008,43709 \end{aligned}$$

dengan nilai  $A_2$  untuk  $n = 4$  yaitu 0,729 yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Setelah melakukan perhitungan batas kontrol, kemudian dapat disusun diagram kontrol untuk menampilkan kecacatan produk yang masih berada dalam garis batas kontrol dan yang berada di luar garis batas kontrol.

Berikut plot data masa lalu dengan BKA = 6016,530859, GT = 6012,483974, dan BKB = 6008,43709 :



**Gambar 4.4** Plot Diagram Kontrol  $\bar{X}$

Dapat dilihat pada Gambar 4.4, bahwa terdapat 3 titik plot yang keluar dari batas kontrol, yaitu pada data ke 13, 47, dan 61. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses produksi pipa besi belum terkontrol secara statistik. Karena pada percobaan pertama masih menunjukkan keadaan yang tidak terkontrol, maka perlu dilakukan percobaan yang kedua. Seperti sebelumnya, sebelum membuat diagram kontrol  $\bar{X}$ , harus membuat diagram kontrol R terlebih dahulu.

Langkah pertama yaitu menghilangkan data yang *out of control* yaitu data ke 13, 47, dan 61 sehingga tersisa 75 subgrup. Kemudian data diolah dan dilakukan perhitungan diagram kontrol R seperti berikut :

$$n = 4$$

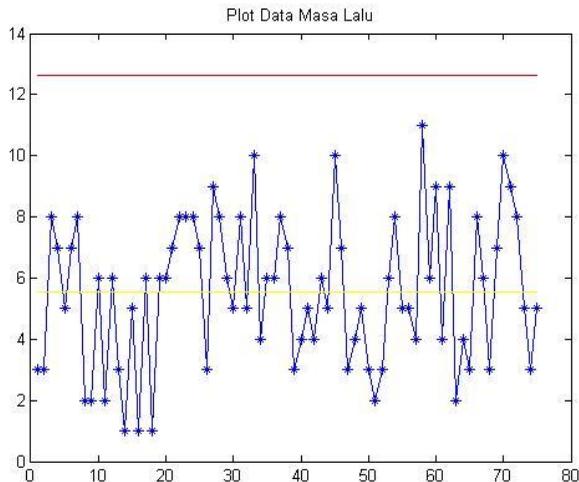
$$m = 75$$

$$\sum R = 415$$

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum R$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{75} 415 \\
 &= 5,533 \\
 BKA &= \bar{R}D_4 \\
 &= 5,533(2,282) \\
 &= 12,626306 \\
 GT &= \bar{R} \\
 &= 5,533 \\
 BKB &= \bar{R}D_3 \\
 &= 5,533(0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Setelah batas kontrol dihitung, kemudian dapat membuat diagram kontrol R baru. Berikut merupakan plot data pada diagram kontrol R dengan  $GT = 5,533$ ,  $BKA = 12,626306$ , dan  $BKB = 0$  :



**Gambar 4.5** Plot Diagram Kontrol R Tahap 2

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa sudah tidak ada plot data yang keluar dari batas kontrol. Sehingga, selanjutnya dapat membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dengan jumlah

pengamatan 75 subgrup. Berikut perhitungan untuk membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*:

$$n = 4$$

$$m = 75$$

$$\sum R = 415$$

$$\bar{R} = 5,533$$

Kemudian dapat dihitung nilai  $\bar{X}$  dan  $\bar{\bar{X}}$  dengan menggunakan persamaan (4.1) dan (4.2) sebagai berikut:

$$\sum \bar{X}_j = 450923,25$$

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}} &= \frac{1}{m} \sum \bar{X}_j \\ &= \frac{1}{75} 450923,25 \\ &= 6012,31\end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dicari nilai batas kontrol atas, garis tengah, dan batas kontrol bawah dengan menggunakan persamaan (4.7), (4.8), dan (4.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}BKA &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ &= 6012,31 + 0,729(5,533) \\ &= 6016,3438\end{aligned}$$

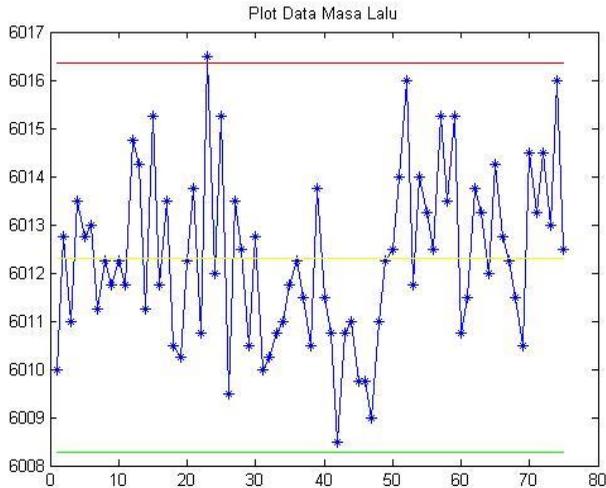
$$\begin{aligned}GT &= \bar{\bar{X}} \\ &= 6012,31\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BKB &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\ &= 6012,31 - 0,729(5,533) \\ &= 6008,2762\end{aligned}$$

dengan nilai  $A_2$  untuk  $n = 4$  yaitu 0,729 yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Setelah melakukan perhitungan batas kontrol, kemudian dapat disusun diagram kontrol  $\bar{X}$  untuk menampilkan kecacatan produk yang masih berada dalam garis batas kontrol dan yang berada di luar garis batas kontrol.

Berikut plot data masa lalu dengan BKA = 6016,3438, GT = 6012,31, dan BKB = 6008,2762 :



**Gambar 4.6** Plot Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Tahap 2

Dapat dilihat pada Gambar 4.6, bahwa terdapat 1 titik plot yang keluar dari batas kontrol, yaitu pada data ke 23. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses produksi pipa besi belum terkontrol secara statistik. Karena pada percobaan kedua masih menunjukkan keadaan yang tidak terkontrol, maka perlu dilakukan percobaan yang ketiga. Seperti sebelumnya, sebelum membuat diagram kontrol  $\bar{X}$ , harus membuat diagram kontrol R terlebih dahulu.

Langkah pertama yaitu menghilangkan data yang *out of control* yaitu data ke 23 sehingga tersisa 74 subgroup. Kemudian data diolah dan dilakukan perhitungan diagram kontrol R seperti berikut :

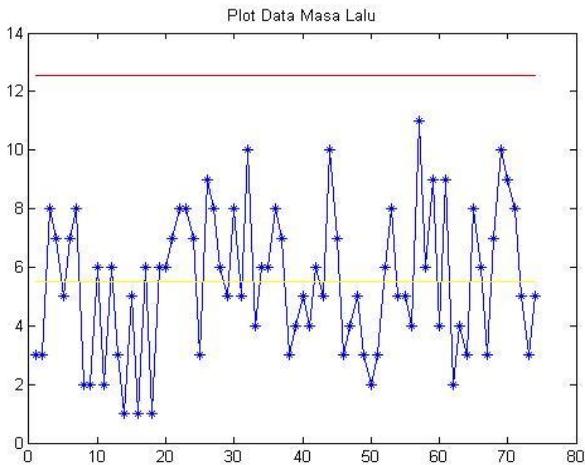
$$n = 4$$

$$m = 74$$

$$\sum R = 407$$

$$\begin{aligned}
 \bar{R} &= \frac{1}{m} \sum R \\
 &= \frac{1}{74} 407 \\
 &= 5,5 \\
 BKA &= \bar{R} D_4 \\
 &= 5,5(2,282) \\
 &= 12,551 \\
 GT &= \bar{R} \\
 &= 5,5 \\
 BKB &= \bar{R} D_3 \\
 &= 5,5(0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Setelah batas kontrol dihitung, kemudian dapat membuat diagram kontrol R baru. Berikut merupakan plot data pada diagram kontrol R dengan  $GT = 5,5$ ,  $BKA = 12,551$ , dan  $BKB = 0$  :



**Gambar 4.7** Plot Diagram Kontrol R Tahap 3

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa sudah tidak ada plot data yang keluar dari batas kontrol. Sehingga, selanjutnya dapat

membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dengan jumlah pengamatan 74 subgrup. Berikut perhitungan untuk membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*:

$$n = 4$$

$$m = 74$$

$$\sum R = 407$$

$$\bar{R} = 5,5$$

Kemudian dapat dihitung nilai  $\bar{X}$  dan  $\bar{\bar{X}}$  dengan menggunakan persamaan (4.1) dan (4.2) sebagai berikut:

$$\sum \bar{X}_j = 444906,75$$

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}} &= \frac{1}{m} \sum \bar{X}_j \\ &= \frac{1}{74} 444906,75 \\ &= 6012,253378\end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dicari nilai batas kontrol atas, garis tengah, dan batas kontrol bawah dengan menggunakan persamaan (4.7), (4.8), dan (4.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}BKA &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ &= 6012,253378 + 0,729(5,5) \\ &= 6016,262878\end{aligned}$$

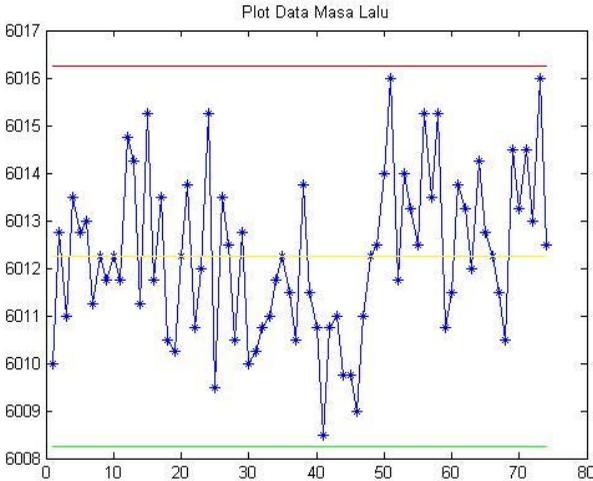
$$\begin{aligned}GT &= \bar{\bar{X}} \\ &= 6012,253378\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BKB &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\ &= 6012,253378 - 0,729(5,5) \\ &= 6008,243878\end{aligned}$$

dengan nilai  $A_2$  untuk  $n = 4$  yaitu 0,729 yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Setelah melakukan perhitungan batas kontrol, kemudian dapat disusun diagram kontrol  $\bar{X}$  untuk menampilkan kecacatan produk yang masih berada dalam garis batas kontrol dan yang berada di luar garis batas kontrol.

Berikut plot data masa lalu dengan BKA = 6016,262878, GT = 6012,253378, dan BKB = 6008,243878:



**Gambar 4.8** Plot Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Tahap 3

Karena plot data masa lalu sudah terkontrol, maka bisa dilihat nilai  $\bar{\bar{X}}$  dan  $\sigma$  untuk dijadikan parameter. Dengan nilai  $\bar{\bar{X}}$  sebesar 6012,253378 kemudian dihitung nilai  $\sigma$  seperti di bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{\bar{R}}{d_2} \\
 &= \frac{5,5}{2,059} \\
 &= 2,6712
 \end{aligned}
 \tag{4.23}$$

#### 4.3.2 Diagram Kontrol $\bar{X}$ *Shewhart* Menggunakan Nilai Z

Data yang digunakan dalam penerapan ini adalah data kecacatan produk pipa besi. Pengendalian kualitas pada pipa besi menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dilakukan untuk mengetahui keakuratan mesin dalam proses produksi, dalam hal

ini akan dilihat kecacatan tersebut masih memenuhi batas kontrol atau tidak.

Misalkan cacat produk pipa besi dilambangkan dengan  $X$  dimana  $X$  berdistribusi normal. Dengan ukuran sampel pada produk dilambangkan dengan  $n$ , waktu pengambilan sampel dilambangkan dengan  $t$ , dan pengamatan dilakukan sebanyak  $m$  kali pengamatan.

Dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* ukuran sampel dan interval waktu pengambilan sampel bersifat konstan, disini menggunakan ukuran sampel ( $n_0 = 3$ ) dan interval pengambilan sampel ( $t_0 = 7$  menit). Dalam tugas akhir ini digunakan tiga buah data yang berbeda. Data pertama yang digunakan pada metode ini dapat dilihat pada Lampiran 3.

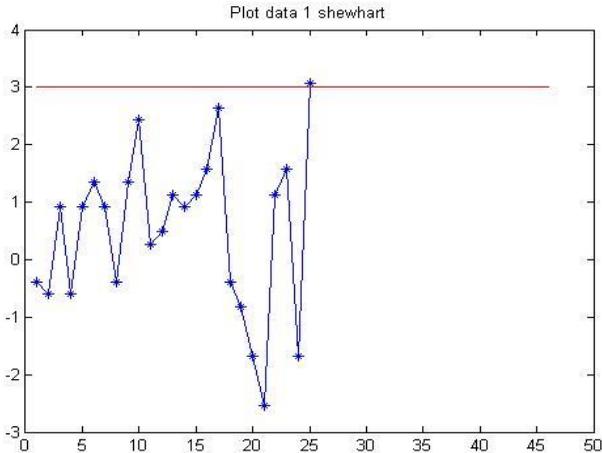
Pada perhitungan kali ini tidak perlu dihitung nilai BKA dan BKB, karena disini menggunakan ketetapan 3 sigma yang sudah di jelaskan sebelumnya. Adapun langkah untuk untuk membuat diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* harus mencari nilai  $Z_j$ . Nilai  $Z_j$  disini digunakan untuk menyederhanakan tampilan. Atau dengan kata lain nilai  $Z_j$  merupakan nilai yang di plot pada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*.

Sebelumnya, dihitung nilai  $\bar{X}_j$  untuk masing-masing pengamatan dan dapat dilihat pada Lampiran 3. Dengan menggunakan nilai  $\sigma$  dan  $\bar{\bar{X}}$  pada data masa lalu, selanjutnya akan dilakukan perhitungan titik plot menggunakan persamaan (2.1) dengan nilai sigma pada persamaan (4.23) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{6011,667 - 6012,253378}{\frac{2,6712}{\sqrt{3}}} \\ &= -0,3804 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai  $Z_j$  lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3. Nilai  $Z_j$  merupakan nilai yang akan di plot pada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*.

Berikut plot data pertama pada diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart :



**Gambar 4.9** Plot Data I  $\bar{X}$  Shewhart

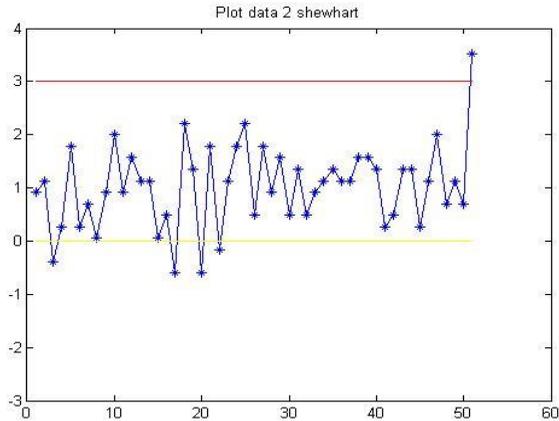
Namun setelah nilai  $Z_j$  dihitung satu per satu seperti pada Lampiran 3, pada plot data ke-25 menunjukkan keadaan *out of control* sehingga perhitungan tidak dilanjutkan, dapat dilihat pada Gambar 4.9. Pada plot data pertama ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-175.

Kemudian akan dilakukan perhitungan untuk data II, cara menghitungnya sama seperti perhitungan pada data I. Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Lampiran 4, pada plot data ke-51, data menunjukkan keadaan *out of control*, sehingga tidak perlu melanjutkan perhitungan, dapat dilihat pada Gambar 4.10. Pada plot data ke II ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-357.

Setelah data II di plot, kemudian akan dilakukan perhitungan untuk data III, cara menghitungnya sama seperti perhitungan pada data I dan II. Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Lampiran 5, pada plot data ke-58, data menunjukkan keadaan *out of control*, sehingga tidak perlu melanjutkan perhitungan, dapat

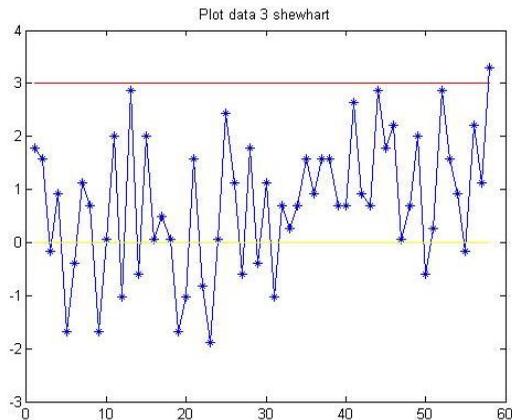
dilihat pada Gambar 4.11. Pada plot data ke III ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-406.

Berikut plot data II pada diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart :



**Gambar 4.10** Plot Data II  $\bar{X}$  Shewhart

Berikut plot data III pada diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart :



**Gambar 4.11** Plot Data III  $\bar{X}$  Shewhart

### 4.3.3 Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI Menggunakan Nilai Z

Dalam diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, ukuran sampel dan interval waktu pengambilan sampel bervariasi. Menggunakan dua jenis ukuran sampel, yaitu ukuran sampel kecil ( $n_1$ ) dan besar ( $n_2$ ). Serta dua jenis interval waktu pengambilan sampel, yaitu interval waktu pendek ( $t_1$ ) dan panjang ( $t_2$ ). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa titik plot sebelumnya menentukan ukuran sampel dan interval waktu pengambilan sampel setelahnya. Jika titik plot sebelumnya jatuh pada daerah peringatan (*warning region*), maka pengambilan sampel berikutnya berukuran besar dan interval waktu pengambilan sampel yang pendek. Sedangkan, jika titik plot sebelumnya jatuh pada daerah tengah (*central region*), maka pengambilan sampel berikutnya berukuran kecil dan interval pengambilan sampel yang panjang.

Ukuran sampel yang akan digunakan pada diagram kontrol ini yaitu  $n_1 = 2$  dan  $n_2 = 5$ . Sedangkan untuk interval pengambilan sampel yang digunakan adalah  $t_1 = 5$  menit dan  $t_2 = 8$  menit. Dalam metode ini, nilai  $n_1, n_2$ , dan  $t_1$  sudah ditentukan. Sedangkan untuk mendapatkan nilai  $t_2$  harus dilakukan perhitungan dulu seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned} b &= 2(t_0 - t_1)(n_1 - n_2)\Phi(k) \\ &= 2(7 - 5)(2 - 5)\Phi(3) \\ &= 2(2)(-3)(0,9987) \\ &= -11,9844 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 2(n_0 - n_2)\Phi(k) + n_1 - n_0 \\ &= 2(3 - 5)\Phi(3) + 2 - 3 \\ &= 2(-2)(0,9987) - 1 \\ &= -4,9948 \end{aligned}$$

kemudian substitusikan nilai  $b$  dan  $c$  untuk mencari nilai  $t_2$ , sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{t_0(n_1 - n_2) - b - t_1 c}{n_1 - n_2 - c} \\ &= \frac{7(2 - 5) - (-11,9844) - 5(-4,9948)}{2 - 5 - (-4,9948)} \end{aligned}$$

$$= \frac{7(-3)+11,9844+24,974}{1,9948}$$

$$= 8$$

dengan nilai  $\Phi(3) = 0,9987$  dapat dilihat pada tabel distribusi normal.

Setelah mendapatkan semua nilai ukuran sampel dan interval waktu pengambilan sampel yang dibutuhkan, kemudian dapat dihitung nilai batas peringatan yaitu batas peringatan atas ( $w$ ) dan batas peringatan bawah ( $-w$ ). Dalam diagram kontrol ini, batas kendali atas dan bawahnya sama seperti diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*, yaitu dengan ketentuan 3 sigma.

Adapun langkah – langkah mencari batas peringatan pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI seperti berikut ini :

$$w = \Phi^{-1} \left[ \frac{2\Phi(k)(n_0 - n_2) + n_1 - n_0}{2(n_1 - n_2)} \right]$$

$$= \Phi^{-1} \left[ \frac{2\Phi(3)(3-5) + 2-3}{2(2-5)} \right]$$

$$= \Phi^{-1} \left[ \frac{2(0,9987)(-2) - 1}{2(-3)} \right]$$

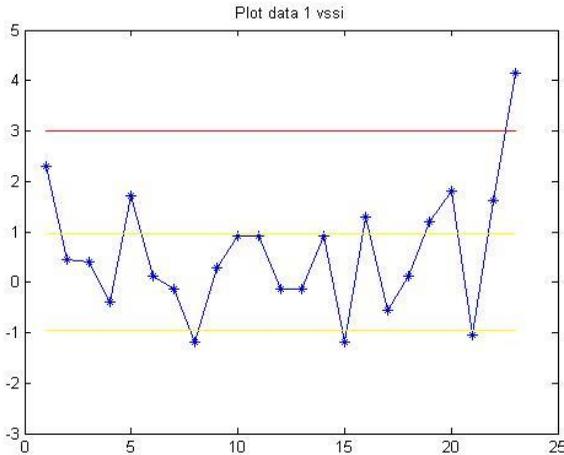
$$= \Phi^{-1} \left[ \frac{-4,9948}{-6} \right]$$

$$= \Phi^{-1}[0,83246667] \tag{4.24}$$

Kemudian dari persamaan (4.24) dicari nilai yang paling mendekati pada tabel distribusi normal dan diperoleh nilai  $w = 0,96$  dan  $-w = -0,96$ . Karena sudah mendapatnya nilai ukuran sampel, interval waktu pengambilan sampel, dan batas peringatan kemudian dapat dicari nilai  $Z_j$ . Nilai  $Z_j$  di sini merupakan nilai yang akan di plot pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI ini.

Pada tugas akhir ini akan menggunakan tiga buah data yang berbeda. Data pertama yang digunakan pada metode ini dapat dilihat pada Lampiran 6. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai  $Z_j$  menggunakan cara yang sama seperti pada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*.

Nilai  $Z_j$  merupakan nilai yang akan di plot pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI. Berikut plot data pertama pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI :



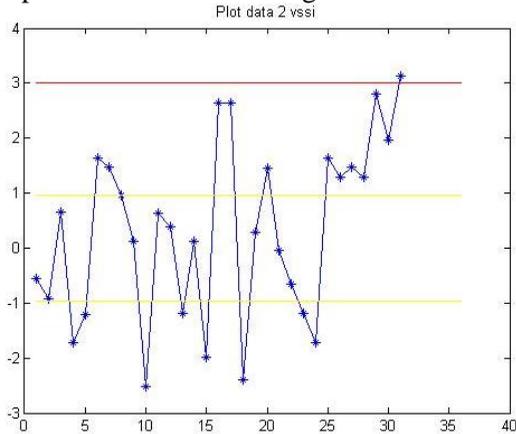
**Gambar 4.12** Plot Data I  $\bar{X}$  VSSI

Setelah dilakukan perhitungan nilai  $Z_j$  satu per satu seperti pada Lampiran 6, ternyata pada data ke-23 plot data menunjukkan keadaan *out of control* sehingga perhitungan tidak dilanjutkan, dapat dilihat pada Gambar 4.12. Pada plot data pertama ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-154.

Kemudian akan dilakukan perhitungan untuk data II, dapat dilihat pada Lampiran 7. Cara menghitungnya sama seperti perhitungan pada data I. Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Lampiran 7, pada plot data ke-31, data menunjukkan keadaan *out of control*, sehingga tidak perlu melanjutkan

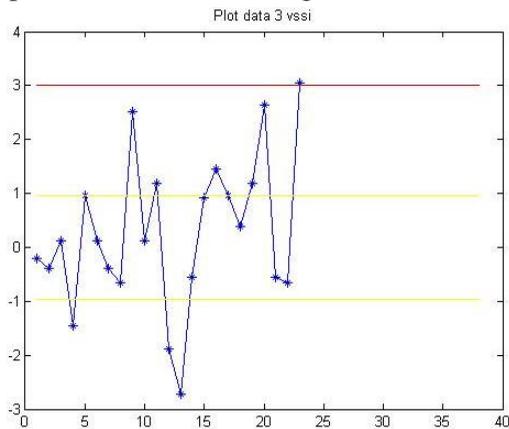
perhitungan, dapat dilihat pada Gambar 4.13. Pada plot data ke II ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-188.

Berikut plot data ke II untuk diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI :



**Gambar 4.13** Plot Data II  $\bar{X}$  VSSI

Berikut plot data ke III untuk diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI:



**Gambar 4.14** Plot Data III  $\bar{X}$  VSSI

Kemudian akan dilakukan perhitungan untuk data III, dapat dilihat pada Lampiran 8. Cara menghitungnya sama seperti perhitungan pada data I dan II. Setelah dilakukan perhitungan seperti pada Lampiran 8, pada plot data ke-23, data menunjukkan keadaan *out of control*, sehingga tidak perlu melanjutkan perhitungan, dapat dilihat pada gambar 4.14. Pada plot data ke III ini, keadaan *out of control* terjadi pada menit ke-157.

#### 4.4 Perbandingan Diagram Kontrol $\bar{X}$ Shewhart dan $\bar{X}$ VSSI

Perbandingan ini dilakukan dengan tujuan agar mengetahui diagram kontrol manakah yang lebih efektif dalam mendeteksi adanya keadaan tidak terkendali atau *out of control*. Untuk membandingkan diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart dan  $\bar{X}$  VSSI dapat melihat waktu saat terjadi proses *out of control*. Semakin kecil waktu terjadinya proses yang *out of control*, maka semakin cepat pula diagram kontrol tersebut mendeteksi adanya keadaan yang tidak terkendali.

Dari perhitungan diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart dan  $\bar{X}$  VSSI sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

##### 1. Diagram kontrol $\bar{X}$ Shewhart

Pada Data I, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-25, yaitu menit ke-175. Data II, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-51, yaitu pada menit-357. Sedangkan pada data III, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-58, yaitu pada menit-406.

##### 2. Diagram kontrol $\bar{X}$ VSSI

Pada Data I, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-23, yaitu menit ke-154. Data II, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-31, yaitu pada menit-188. Sedangkan pada data III, keadaan tidak terkendali terjadi pada data ke-23, yaitu pada menit-157.

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa waktu mendeteksi data *out of control* pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI lebih kecil dari pada diagram kontrol  $\bar{X}$  Shewhart. Kemampuan diagram kontrol

$\bar{X}$  *Shewhart* cenderung kurang sensitif dalam mendeteksi data *out of control* dari pada diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI lebih baik daripada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*. Dengan demikian, penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI dapat dikatakan lebih sensitif dalam proses pengendalian kualitas pipa besi pada PT. Pacific Angkasa Abadi.

**Tabel 4.1** Hasil perbandingan diagram kontrol

Data	Waktu saat plot pada diagram kontrol $\bar{X}$ <i>Shewhart</i> keluar dari batas kontrol	Waktu saat plot pada diagram kontrol $\bar{X}$ VSSI keluar dari batas kontrol
I	175	154
II	357	188
III	406	157
Total	938	499



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran yang dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI dalam pengendalian kualitas pipa besi pada PT. Pacific Angkasa Abadi memberikan hasil bahwa kualitas pipa besi berada di luar batas kontrol.
2. Setelah diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart* dan  $\bar{X}$  VSSI diterapkan pada PT. Pacific Angkasa Abadi, memberikan hasil bahwa diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI lebih sensitif dalam mendeteksi keadaan tidak terkontrol daripada diagram kontrol  $\bar{X}$  *Shewhart*.

#### **5.2 Saran**

Saran pada Tugas Akhir ini adalah PT. Pacific Angkasa Abadi Kota Gresik sebaiknya menggunakan diagram kontrol  $\bar{X}$  VSSI, karena diagram kontrol ini lebih cepat mendeteksi keadaan tidak terkontrol. Untuk mengurangi terjadinya kerusakan, perusahaan perlu melakukan berbagai tindakan perbaikan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ishikawa, K., (1994). “*Introduction to Quality Control*”. Tokyo: JUSE Press Ltd.
- [2] Zhou, M., (2015). “*Variable Sample Size and Variable Sampling Interval Shewhart Control Chart with Estimated Parameters*”. Verlag Berlin Heidelberg: Operation Research International Journal of Springer- DOI 10.1007/s12351-015-0214-9.
- [3] Ilmi, IA., dan Ya’umar., (2010). “Analisis Efisiensi Sistem Pembakaran pada Boiler di PLTU Unit III PT. PJB Up Gresik dengan Metode *Statistical Process Control*”. Tugas Akhir-Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya.
- [4] Ariani, DW., (2004). “Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)”. Yogyakarta: Andi Offset.
- [5] Montgomery, DC., (1990). “Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik”. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [6] Assauri, S., (2008). “Manajemen Produksi dan Operasi”. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [7] Costa, AFB., (2015). “*How to Choose Parameters of  $\bar{X}$  VSSI Control Chart with Adaptive Parameters*”. American Journal of Mathematics and Statistics Vol 5, No 5, pp 285-292.
- [8] Bain, LJ., dan Engelhardt, M., (1992). “*Introduction to Probability and Mathematical Statistic*”. California: Duxbury Press.
- [9] Costa, AFB., (1997). “ *$\bar{X}$  Chart with Variable Sample Size and Sampling Interval*”. Journal of Quality Technology Vol 29, No.2, pp 197-204.
- [10] Deheshvar, A., Noorossana, R., dan Shekary, M., (2013). “*A Novel Adaptive Control Chart with Variable Sample Size, Sampling Interval and Control Limits*”. International Journal of Business and Management Vol 8 , No.2, ISSN 1833-3850.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN 1

**Tabel nilai  $A_2$ ,  $d_2$ ,  $D_3$ , dan  $D_4$**

<b>Ukuran Sampel</b>	<b><math>A_2</math></b>	<b><math>d_2</math></b>	<b><math>D_3</math></b>	<b><math>D_4</math></b>
2	1,880	1,128	0	3,267
3	1,023	1,693	0	2,574
4	0,729	2,059	0	2,282
5	0,577	2,326	0	2,114
6	0,483	2,534	0	2,004
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,337	2,970	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,223	1,777

## LAMPIRAN 2

## Data Masa Lalu Proses Produksi Pipa Besi

Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}_j$	$R_j$
1	6010	6012	6009	6009	6010	3
2	6013	6011	6014	6013	6012,75	3
3	6007	6015	6013	6009	6011	8
4	6012	6015	6017	6010	6013,5	7
5	6015	6010	6013	6013	6012,75	5
6	6010	6013	6017	6012	6013	7
7	6016	6009	6012	6008	6011,25	8
8	6011	6013	6012	6013	6012,25	2
9	6012	6011	6011	6013	6011,75	2
10	6010	6016	6013	6010	6012,25	6
11	6013	6012	6011	6011	6011,75	2
12	6012	6016	6018	6013	6014,75	6
13	6020	6015	6016	6017	6017	5
14	6013	6013	6016	6015	6014,25	3
15	6012	6011	6011	6011	6011,25	1
16	6018	6016	6013	6014	6015,25	5
17	6012	6012	6011	6012	6011,75	1
18	6016	6010	6015	6013	6013,5	6
19	6010	6010	6011	6011	6010,5	1
20	6011	6007	6013	6010	6010,25	6
21	6012	6015	6013	6009	6012,25	6
22	6015	6010	6017	6013	6013,75	7
23	6007	6010	6015	6011	6010,75	8
24	6013	6021	6013	6019	6016,5	8
25	6014	6006	6014	6014	6012	8

## LAMPIRAN 2 LANJUTAN

**Data Masa Lalu Proses Produksi Pipa Besi**

<b>Sampel</b>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}_j$	$R_j$
26	6019	6016	6014	6012	6015,25	7
27	6008	6011	6008	6011	6009,5	3
28	6012	6010	6019	6013	6013,5	9
29	6017	6010	6009	6014	6012,5	8
30	6008	6014	6008	6012	6010,5	6
31	6016	6011	6013	6011	6012,75	5
32	6014	6006	6009	6011	6010	8
33	6011	6011	6007	6012	6010,25	5
34	6006	6011	6010	6016	6010,75	10
35	6012	6010	6009	6013	6011	4
36	6013	6010	6015	6009	6011,75	6
37	6012	6015	6013	6009	6012,25	6
38	6010	6016	6008	6012	6011,5	8
39	6014	6007	6009	6012	6010,5	7
40	6015	6013	6012	6015	6013,75	3
41	6012	6010	6010	6014	6011,5	4
42	6013	6012	6008	6010	6010,75	5
43	6007	6007	6009	6011	6008,5	4
44	6011	6007	6013	6012	6010,75	6
45	6012	6013	6011	6008	6011	5
46	6007	6016	6006	6010	6009,75	10
47	6016	6019	6018	6014	6016,75	5
48	6021	6012	6010	6008	6012,75	13
49	6009	6014	6007	6009	6009,75	7
50	6009	6008	6008	6011	6009	3

## LAMPIRAN 2 LANJUTAN

**Data Masa Lalu Proses Produksi Pipa Besi**

<b>Sampel</b>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\bar{X}_j$	$R_j$
51	6009	6012	6013	6010	6011	4
52	6010	6010	6015	6014	6012,25	5
53	6011	6012	6014	6013	6012,5	3
54	6013	6015	6015	6013	6014	2
55	6016	6015	6015	6018	6016	3
56	6013	6009	6015	6010	6011,75	6
57	6014	6010	6014	6018	6014	8
58	6014	6016	6012	6011	6013,25	5
59	6010	6015	6014	6011	6012,5	5
60	6017	6016	6013	6015	6015,25	4
61	6010	6019	6008	6017	6013,5	11
62	6017	6021	6013	6016	6016,75	8
63	6015	6013	6014	6019	6015,25	6
64	6015	6009	6013	6006	6010,75	9
65	6014	6010	6012	6010	6011,5	4
66	6011	6015	6010	6019	6013,75	9
67	6014	6013	6012	6014	6013,25	2
68	6010	6013	6011	6014	6012	4
69	6016	6013	6014	6014	6014,25	3
70	6012	6011	6010	6018	6012,75	8
71	6010	6015	6009	6015	6012,25	6
72	6013	6010	6013	6010	6011,5	3
73	6007	6014	6014	6007	6010,5	7
74	6015	6010	6013	6020	6014,5	10
75	6010	6016	6009	6018	6013,25	9

**LAMPIRAN 2 LANJUTAN****Data Masa Lalu Proses Produksi Pipa Besi**

<b>Sampel</b>	<b><math>X_1</math></b>	<b><math>X_2</math></b>	<b><math>X_3</math></b>	<b><math>X_4</math></b>	<b><math>\bar{X}_j</math></b>	<b><math>R_j</math></b>
76	6006	6016	6022	6011	6013,75	16
77	6012	6013	6013	6020	6014,5	8
78	6015	6013	6010	6014	6013	5
79	6017	6016	6017	6014	6016	3
80	6013	6015	6012	6010	6012,5	5

## LAMPIRAN 3

Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
7	1	6009	6014	6012	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
14	2	6013	6010	6011	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
21	3	6018	6013	6010	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
28	4	6006	6017	6011	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
35	5	6018	6013	6010	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
42	6	6013	6013	6017	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
49	7	6016	6012	6013	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
56	8	6010	6012	6013	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
63	9	6014	6015	6014	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
70	10	6019	6016	6013	6016	3	-3	6012,253	2,6712	2,4294
77	11	6009	6018	6011	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
84	12	6010	6014	6015	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
91	13	6017	6011	6014	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
98	14	6011	6013	6017	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164

## LAMPIRAN 3 LANJUTAN

Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
105	15	6011	6020	6011	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
112	16	6016	6016	6012	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
119	17	6018	6015	6016	6016,333	3	-3	6012,253	2,6712	2,6455
126	18	6012	6013	6010	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
133	19	6009	6011	6013	6011	3	-3	6012,253	2,6712	-0,8127
140	20	6010	6007	6012	6009,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,6773
147	21	6011	6007	6007	6008,333	3	-3	6012,253	2,6712	-2,5418
154	22	6015	6015	6012	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
161	23	6014	6012	6018	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
168	24	6006	6014	6009	6009,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,6773
175	25	6020	6018	6013	6017	3	-3	6012,253	2,6712	3,0778

## LAMPIRAN 4

Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
7	1	6013	6017	6011	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
14	2	6015	6017	6010	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
21	3	6007	6020	6008	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
28	4	6009	6011	6018	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
35	5	6017	6012	6016	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
42	6	6014	6013	6011	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
49	7	6011	6013	6016	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
56	8	6007	6013	6017	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
63	9	6010	6017	6014	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
70	10	6018	6016	6012	6015,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,9971
77	11	6015	6017	6009	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
84	12	6020	6014	6010	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
91	13	6011	6011	6020	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
98	14	6015	6011	6016	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325

### LAMPIRAN 4 LANJUTAN

**Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
105	15	6018	6009	6010	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
112	16	6010	6016	6013	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
119	17	6010	6011	6013	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
126	18	6013	6017	6017	6015,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,2132
133	19	6013	6013	6017	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
140	20	6011	6011	6012	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
147	21	6018	6011	6016	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
154	22	6016	6011	6009	6012	3	-3	6012,253	2,6712	-0,1643
161	23	6017	6014	6011	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
168	24	6018	6017	6010	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
175	25	6015	6015	6017	6015,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,2132
182	26	6010	6017	6012	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
189	27	6016	6018	6011	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
196	28	6012	6012	6017	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164

## LAMPIRAN 4 LANJUTAN

Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{X}$	$\sigma$	$Z_j$
203	29	6017	6011	6016	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
210	30	6018	6013	6008	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
217	31	6015	6011	6017	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
224	32	6007	6014	6018	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
231	33	6015	6011	6015	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
238	34	6017	6010	6015	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
245	35	6008	6017	6018	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
252	36	6015	6011	6016	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
259	37	6015	6015	6012	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
266	38	6017	6017	6010	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
273	39	6018	6013	6013	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
280	40	6015	6011	6017	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
287	41	6007	6014	6017	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
294	42	6008	6013	6018	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841

### LAMPIRAN 4 LANJUTAN

**Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{X}$	$\sigma$	$Z_j$
301	43	6016	6016	6011	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
308	44	6017	6011	6015	6014,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,3487
315	45	6006	6014	6018	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
322	46	6017	6010	6015	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
329	47	6014	6019	6013	6015,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,9971
336	48	6011	6012	6017	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
343	49	6014	6013	6015	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
350	50	6017	6010	6013	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
357	51	6019	6017	6017	6017,667	3	-3	6012,253	2,6712	3,5101

## LAMPIRAN 5

Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{X}$	$\sigma$	$Z_j$
7	1	6016	6014	6015	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
14	2	6018	6014	6012	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
21	3	6012	6013	6011	6012	3	-3	6012,253	2,6712	-0,1643
28	4	6014	6013	6014	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
35	5	6006	6009	6014	6009,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,6773
42	6	6011	6014	6010	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
49	7	6012	6012	6018	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
56	8	6013	6010	6017	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
63	9	6010	6009	6010	6009,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,6773
70	10	6007	6010	6020	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
77	11	6014	6017	6015	6015,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,9971
84	12	6006	6012	6014	6010,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,0289
91	13	6020	6013	6017	6016,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,8617
98	14	6009	6012	6013	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966

### LAMPIRAN 5 LANJUTAN

**Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
105	15	6017	6013	6016	6015,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,9971
112	16	6010	6015	6012	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
119	17	6014	6012	6013	6013	3	-3	6012,253	2,6712	0,4841
126	18	6013	6014	6010	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
133	19	6009	6012	6008	6009,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,6773
140	20	6008	6011	6013	6010,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,0289
147	21	6017	6015	6012	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
154	22	6011	6009	6013	6011	3	-3	6012,253	2,6712	-0,8127
161	23	6006	6012	6010	6009,333	3	-3	6012,253	2,6712	-1,8934
168	24	6011	6016	6010	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
175	25	6018	6013	6017	6016	3	-3	6012,253	2,6712	2,4294
182	26	6019	6011	6012	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
189	27	6012	6013	6009	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
196	28	6017	6013	6015	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810

## LAMPIRAN 5 LANJUTAN

Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
203	29	6008	6013	6014	6011,667	3	-3	6012,253	2,6712	-0,3804
210	30	6011	6020	6011	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
217	31	6012	6010	6010	6010,667	3	-3	6012,253	2,6712	-1,0289
224	32	6013	6018	6009	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
231	33	6011	6015	6012	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
238	34	6010	6017	6013	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
245	35	6016	6012	6016	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
252	36	6019	6012	6010	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
259	37	6014	6012	6018	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
266	38	6019	6013	6012	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
273	39	6012	6013	6015	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
280	40	6017	6013	6010	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
287	41	6016	6015	6018	6016,333	3	-3	6012,253	2,6712	2,6455
294	42	6013	6017	6011	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164

### LAMPIRAN 5 LANJUTAN

**Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

t	Sampel	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	K	-K	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
301	43	6014	6016	6010	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
308	44	6017	6017	6016	6016,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,8617
315	45	6012	6018	6015	6015	3	-3	6012,253	2,6712	1,7810
322	46	6017	6014	6016	6015,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,2132
329	47	6011	6012	6014	6012,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,0518
336	48	6010	6013	6017	6013,333	3	-3	6012,253	2,6712	0,7003
343	49	6014	6015	6017	6015,333	3	-3	6012,253	2,6712	1,9971
350	50	6009	6012	6013	6011,333	3	-3	6012,253	2,6712	-0,5966
357	51	6012	6010	6016	6012,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,2680
364	52	6019	6013	6018	6016,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,8617
371	53	6018	6014	6012	6014,667	3	-3	6012,253	2,6712	1,5648
378	54	6012	6012	6017	6013,667	3	-3	6012,253	2,6712	0,9164
385	55	6018	6010	6008	6012	3	-3	6012,253	2,6712	-0,1643
392	56	6016	6016	6015	6015,667	3	-3	6012,253	2,6712	2,2132

**LAMPIRAN 5 LANJUTAN**

**Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

<b>t</b>	<b>Sampel</b>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{X}_j$	<b>K</b>	<b>-K</b>	$\bar{\bar{X}}$	$\sigma$	$Z_j$
399	57	6020	6011	6011	6014	3	-3	6012,253	2,6712	1,1325
406	58	6017	6017	6018	6017,333	3	-3	6012,253	2,6712	3,2939

## LAMPIRAN 6

Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
1	5	6016	6017	6014	6013	6015	5	5	6015	2,2992
2	10	6012	6016	6014	6012	6010	5	5	6012,8	0,4576
3	18	6009	6017				2	8	6013	0,3953
4	26	6012	6011				2	8	6011,5	-0,3989
5	34	6015	6021				2	8	6018	1,7189
6	39	6015	6011	6010	6018	6008	5	5	6012,4	0,1227
7	47	6009	6015				2	8	6012	-0,1341
8	55	6010	6010				2	8	6010	-1,1930
9	60	6016	6014	6014	6007	6012	5	5	6012,6	0,2902
10	68	6015	6013				2	8	6014	0,9247
11	76	6016	6012				2	8	6014	0,9247
12	84	6010	6014				2	8	6012	-0,1341
13	92	6010	6014				2	8	6012	-0,1341
14	100	6015	6013				2	8	6014	0,9247

## LAMPIRAN 6 LANJUTAN

Data I Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
15	108	6010	6010				2	8	6010	-1,1930
16	113	6013	6020	6011	6013	6012	5	5	6013,8	1,2947
17	118	6012	6012	6014	6011	6009	5	5	6011,6	-0,5469
18	126	6012	6013				2	8	6012,5	0,1306
19	134	6010	6019				2	8	6014,5	1,1894
20	139	6014	6011	6011	6018	6018	5	5	6014,4	1,7969
21	144	6010	6012	6010	6013	6010	5	5	6011	-1,0492
22	149	6015	6010	6019	6009	6018	5	5	6014,2	1,6295
23	154	6015	6015	6012	6022	6022	5	5	6017,2	4,1408

## LAMPIRAN 7

Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
1	5	6010	6016	6011	6010	6011	5	5	6011,6	-0,5469
2	13	6007	6014				2	8	6010,5	-0,9283
3	21	6007	6020				2	8	6013,5	0,6600
4	29	6009	6009				2	8	6009	-1,7224
5	34	6011	6012	6010	6011	6010	5	5	6010,8	-1,2166
6	39	6016	6014	6015	6019	6007	5	5	6014,2	1,6295
7	44	6010	6018	6007	6016	6019	5	5	6014	1,4621
8	49	6011	6013	6016	6013	6014	5	5	6013,4	0,9598
9	57	6014	6011				2	8	6012,5	0,1306
10	65	6008	6007				2	8	6007,5	-2,5166
11	70	6018	6016	6012	6008	6011	5	5	6013	0,6250
12	78	6015	6011				2	8	6013	0,3953
13	86	6010	6010				2	8	6010	-1,1930
14	91	6011	6011	6020	6013	6007	5	5	6012,4	0,1227

## LAMPIRAN 7 LANJUTAN

Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
15	99	6006	6011				2	8	6008,5	-1,9872
16	104	6020	6020	6015	6014	6008	5	5	6015,4	2,6340
17	109	6018	6016	6014	6015	6014	5	5	6015,4	2,6340
18	114	6008	6010	6012	6007	6010	5	5	6009,4	-2,3886
19	119	6010	6011	6013	6016	6013	5	5	6012,6	0,2902
20	127	6016	6014				2	8	6015	1,4541
21	132	6016	6020	6007	6008	6010	5	5	6012,2	-0,0447
22	140	6011	6011				2	8	6011	-0,6636
23	148	6010	6010				2	8	6010	-1,1930
24	153	6010	6009	6010	6010	6012	5	5	6010,2	-1,7189
25	158	6012	6020	6014	6015	6010	5	5	6014,2	1,6295
26	163	6015	6012	6014	6017	6011	5	5	6013,8	1,2947
27	168	6018	6017	6010	6014	6011	5	5	6014	1,4621
28	173	6011	6011	6019	6010	6018	5	5	6013,8	1,2947

**LAMPIRAN 7 LANJUTAN**

**Data II Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI**

<b>Sampel</b>	<b>t kumulatif</b>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	<b>n</b>	<b>t</b>	$\bar{X}_j$	$Z_j$
29	178	6012	6020	6013	6018	6015	5	5	6015,6	2,8015
30	183	6018	6014	6008	6014	6019	5	5	6014,6	1,9644
31	188	6012	6016	6018	6015	6019	5	5	6016	3,1363

## LAMPIRAN 8

Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
1	5	6010	6011	6011	6016	6012	5	5	6012	-0,2121
2	13	6009	6014				2	8	6011,5	-0,3989
3	21	6012	6013				2	8	6012,5	0,1306
4	29	6007	6012				2	8	6009,5	-1,4577
5	34	6013	6013	6017	6011	6013	5	5	6013,4	0,9598
6	42	6011	6014				2	8	6012,5	0,1306
7	50	6010	6013				2	8	6011,5	-0,3989
8	58	6013	6009				2	8	6011	-0,6636
9	66	6015	6019				2	8	6017	2,5130
10	71	6007	6010	6019	6011	6015	5	5	6012,4	0,1227
11	79	6016	6013				2	8	6014,5	1,1894
12	84	6006	6012	6014	6007	6011	5	5	6010	-1,8863
13	89	6008	6010	6010	6011	6006	5	5	6009	-2,7234
14	94	6010	6010	6015	6010	6013	5	5	6011,6	-0,5469

### LAMPIRAN 8 LANJUTAN

**Data III Proses Produksi Pipa Besi untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  VSSI**

Sampel	t kumulatif	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	n	t	$\bar{X}_j$	$Z_j$
15	102	6014	6014				2	8	6014	0,9247
16	110	6015	6015				2	8	6015	1,4541
17	115	6014	6011	6015	6013	6014	5	5	6013,4	0,9598
18	123	6011	6015				2	8	6013	0,3953
19	131	6017	6012				2	8	6014,5	1,1894
20	136	6018	6012	6014	6018	6015	5	5	6015,4	2,6340
21	141	6013	6015	6009	6011	6010	5	5	6011,6	-0,5469
22	149	6009	6013				2	8	6011	-0,6636
23	157	6020	6016				2	8	6018	3,0424

## LAMPIRAN 9

**Program Matlab untuk Diagram kontrol R pada Data Masa Lalu**

```

a = xlsread ('datamasalalu_r.xlsx');
[m n]=size(a);
D3=0;
D4=2.282;
for j=1:m
    r(j,:) = max(a(j,:))-min(a(j,:));
end
r;
rbar=sum(r)/m;
gt=rbar;
bka=rbar*D4;
bkb=rbar*D3;
for j=1:m
    bka1(j,1)=bka;
    bkb1(j,1)=bkb;
    gt1(j,1)=gt;
end
figure(1);
plot(r,'-*')
hold on
plot(bka1,'r')
hold on
plot(bkb1,'g')
hold on
plot(gt1,'y')
title('Plot Data Masa Lalu')
hold on

i = 1;
for j=1:m
    if(r(j)<bka && r(j)>bkb)
        r_baru(i) = r(j);
        s(i) = r(j);
        i = i + 1;
    end
end
end

```

```

rdata2 = r_baru;
r = s;
rbar2=sum(rdata2)/size(rdata2,2)
gt=rbar2
bka=rbar2*D4
bkb=rbar2*D3

for j=1:size(r,2)
    bka2(j,1)=bka;
    bkb2(j,1)=bkb;
    gt2(j,1)=gt;
end
bka1 = bka2;
bkb1 = bkb2;
gt1=gt2;
figure(2);
plot(r, '-*')
hold on
plot(bka1, 'r')
hold on
plot(bkb1, 'g')
hold on
plot(gt1, 'y')
title('Plot Data Masa Lalu Tahap Kedua')
hold on

i = 1;
[a b]=size(r)
for j=1:b
    if(r(j)<bka && r(j)>bkb)
        r_barulagi(i) = r(j);
        s(i) = r(j);
        i = i + 1;
    end
end
rdata3 = r_barulagi;
r = s;
rbar3=sum(rdata3)/size(rdata3,2)
gt=rbar3

```

```
bka=rbar3*D4
bkb=rbar3*D3

for j=1:size(r,2)
    bka3(j,1)=bka;
    bkb3(j,1)=bkb;
    gt3(j,1)=gt;
end
bka_1 = bka3;
bkb_1 = bkb3;
gt_1=gt3;
figure(3);
plot(r, '-*')
hold on
plot(bka_1, 'r')
hold on
plot(bkb_1, 'g')
hold on
plot(gt3, 'y')
title('Plot Data Masa Lalu Tahap Ketiga')
hold on
```

## LAMPIRAN 10

### Program Matlab untuk Diagram kontrol $\bar{X}$ pada Data Masa Lalu

```

a = xlsread ('datamasalalu_x.xlsx');
[m n]=size(a);
xbar=0;
A2= 0.729;
for j=1:m
    xbar(j,1)=sum(a(j,:))/n;
    r(j,:) = max(a(j,:))-min(a(j,:));
end
xbar;
r;
rbar=sum(r)/m;
xbarbar=sum(xbar)/m;
bka=xbarbar+A2*rbar;
bkb=xbarbar-A2*rbar;
for j=1:m
    bka1(j,1)=bka;
    bkb1(j,1)=bkb;
    xbarbar1(j,1)=xbarbar;
end
figure(1);
plot(xbar,'-*')
hold on
plot(bka1,'r')
hold on
plot(bkb1,'g')
hold on
plot(xbarbar1,'y')
title('Plot Data Masa Lalu')
hold on

i = 1;
for j=1:m
    if(xbar(j)<bka && xbar(j)>bkb)
        xbar_baru(i) = xbar(j);
        s(i) = r(j);
        i = i + 1;
    end
end

```

```

    end
end
xbar = xbar_baru;
r = s;
rbar=sum(r)/size(r,2)
xbarbar=sum(xbar)/size(r,2)
bka=xbarbar+A2*rbar
bkb=xbarbar-A2*rbar

for j=1:size(r,2)
    bka2(j,1)=bka;
    bkb2(j,1)=bkb;
    xbarbar2(j,1)=xbarbar;
end
bka1 = bka2;
bkb1 = bkb2;
xbarbar1=xbarbar2;
figure(2);
plot(xbar, '-*')
hold on
plot(bka1, 'r')
hold on
plot(bkb1, 'g')
hold on
plot(xbarbar1, 'y')
title('Plot Data Masa Lalu Tahap Kedua')
hold on

[g h]=size(r)
i = 1;
for j=1:h
    if(xbar(j)<bka && xbar(j)>bkb)
        xbar_barulagi(i) = xbar(j);
        s(i) = r(j);
        i= i + 1;
    end
end
xbar3 = xbar_barulagi;
rnew = s;

```

```
rbar3=sum(rnew)/size(rnew,2)
xbarbar3=sum(xbar3)/size(xbar3,2)
bka=xbarbar3+A2*rbar3
bkb=xbarbar3-A2*rbar3

for j=1:size(r,2)
    bka3(j,1)=bka;
    bkb3(j,1)=bkb;
    xbarbar3(j,1)=xbarbar;
end
bka_1 = bka3;
bkb_1 = bkb3;
xbarbar_1=xbarbar3;
figure(3);
plot(xbar3, '-*')
hold on
plot(bka_1, 'r')
hold on
plot(bkb_1, 'g')
hold on
plot(xbarbar_1, 'y')
title('Plot Data Masa Lalu Tahap Ketiga')
hold on
```

## LAMPIRAN 11

**Program Matlab untuk Diagram Kontrol  $\bar{X}$  Shewhart**

```

a = xlsread ('plotdatashewhart1.xlsx');
[m n]=size(a);
miu=6012.253;
sigma=2.6712;
z=[];
xbar =sum(a(1,:))/3
z(1) =(xbar-miu)/(sigma/sqrt(3))
k1=3*ones(m,1);
k2=-3*ones(m,1);
j=2;
while j<=m && z(j-1)<3 && z(j-1)>-3
    if(z(j-1)<3 && z(j-1)>-3)
        xbar(j,1)=sum(a(j,:))/n;
        z(j,1)=(xbar(j,1)-miu)/(sigma/sqrt(n));
    end
    j=j+1;
end
panjangz = length(z);
figure(1);
for j=1:panjangz
    plot(z, '-*')
    hold on
    plot(k1, 'r')
    hold on
    plot(k2, 'g')
    hold on
    title('Plot data 1 shewhart')
    fprintf('masuk\n')
end

```

## LAMPIRAN 12

### Program Matlab untuk Diagram Kontrol $\bar{X}$ VSSI

```

A = xlsread ('plotdatavssi.xlsx');
[m n]=size(A);
miu=6012.253;
sigma=2.6712;
z=[];
xbar = sum(A(1,:))/5
z(1) =(xbar-miu)/(sigma/sqrt(5))
k1=3*ones(m,1);
k2=-3*ones(m,1);
w1=0.96*ones(m,1);
w2=-0.96*ones(m,1);
j=2;
while j<=m && z(j-1)<3 && z(j-1)>-3
    if (z(j-1)<=0.96 && z(j-1) >=-0.96)
        xbar = (A(j,1)+A(j,2))/2
        z(j) =(xbar-miu)/(sigma/sqrt(2))
    else
        xbar = sum(A(j,:))/5
        z(j) =(xbar-miu)/(sigma/sqrt(5))
    end
    j=j+1;
end
panjangz = length(z);
figure(1);
for j=1:panjangz
    plot(z,'-*')
    hold on
    plot(k1,'r')
    hold on
    plot(k2,'r')
    hold on
    plot(w1,'y')
    hold on
    plot(w2,'y')
    hold on
    title('Plot data 1 vssi')

```

88

```
fprintf('masuk\n')  
end
```

## BIODATA PENULIS



**Resa Ariescia Pricilia** atau biasa dipanggil Rere terlahir di Kediri, 25 April 1994. Penulis telah menempuh pendidikan di SD Negeri Mojoroto 3 Kediri, SMP Negeri 4 Kediri dan SMA Negeri 1 Kediri.

Penulis yang mempunyai kegemaran membaca buku, *travelling*, dan berenang, saat ini sedang menempuh pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam.

Penulis juga mengikuti kegiatan organisasi intern, yaitu sebagai Staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Matematika ITS dan sebagai tim konseptor OMITS 2014 dan 2015. Bidang minat yang sedang ditekuni adalah bidang minat Terapan yang terdiri atas Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD) dan Permodelan Matematika. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek pada bulan Juni-Juli 2015 di KWSG Provinsi Jawa Timur.

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

Semoga bermanfaat.