



TUGAS AKHIR – SM141501

**PERBANDINGAN KINERJA DIAGRAM KONTROL
EWMA (*EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING
AVERAGE*) DAN DOB (*DECISION ON BELIEF*) PADA
PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK ETIKET ROKOK
STUDI KASUS PT. GUDANG GARAM DIREKTORAT
GRAFIKA**

**FAUZIA YULIANTI
1213100018**

Dosen Pembimbing :

- 1. Dra. Farida Agustini Widjajati, MS**
- 2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes**

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – SM141501

***COMPARISON PERFORMANCE OF THE EWMA
(EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE) AND
DOB (DECISION ON BELIEF) CONTROL CHART ON
QUALITY CONTROL OF ETIQUETTE CIGARETTES
PRODUCT CASE STUDY PT. GUDANG GARAM
DIREKTORAT GRAFIKA***

**FAUZIA YULIANTI
1213100018**

Supervisor :

- 1. Dra. Farida Agustini Widjajati, MS**
- 2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN KINERJA DIAGRAM KONTROL EWMA
(EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE) DAN DOB
(DECISION ON BELIEF) PADA PENGENDALIAN KUALITAS
PRODUK ETIKET ROKOK STUDI KASUS PT. GUDANG GARAM
DIREKTORAT GRAFIKA**

**COMPARISON PERFORMANCE OF THE EWMA (EXPONENTIALLY
WEIGHTED MOVING AVERAGE) AND DOB (DECISION ON
BELIEF) CONTROL CHART ON QUALITY CONTROL OF
ETIQUETTE CIGARETTES PRODUCT CASE STUDY PT. GUDANG
GARAM DIREKTORAT GRAFIKA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Pada bidang studi Riset Operasi dan Pengolahan Data
Program Studi S-1 Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
FAUZIA YULIANTI
NRP. 1213 100 018

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,


Dra. Nuri Wahyubingsih, M. Kes
NIP. 19450220 198903 2 002


Dra. Farida Agustini Widjajati, MS
NIP. 19540817 198103 2 003



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERBANDINGAN KINERJA DIAGRAM KONTROL EWMA
(*EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE*) DAN
DOB (*DECISION ON BELIEF*) PADA PENGENDALIAN
KUALITAS PRODUK ETIKET ROKOK STUDI KASUS PT.
GUDANG GARAM DIREKTORAT GRAFIKA**

Nama : Fauzia Yulianti
NRP : 1213100018
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS
Pembimbing : 1. Dra. Farida Agustini Widjajti, MS
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

Abstrak

Upaya untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas merupakan tujuan utama dari pengendalian kualitas. Salah satu metode pengendalian kualitas yang digunakan adalah diagram kontrol. Diagram kontrol adalah sebuah grafik yang memberi gambaran tentang perilaku sebuah proses dalam kondisi yang terkendali atau tidak. Diagram kontrol EWMA adalah diagram kontrol yang digunakan untuk memonitor data atribut maupun variabel. Sebuah konsep metode baru pengendalian kualitas dari diagram kontrol univariat atribut, yaitu diagram kontrol DOB. Tugas Akhir ini membandingkan kinerja diagram kontrol EWMA dan DOB pada pengendalian kualitas produk etiket rokok studi kasus PT. Gudang Garam Direktorat Grafika. Dari hasil analisa dan pembahasan, menunjukkan bahwa data cacat produk etiket rokok belum terkendali secara statistik. Kinerja diagram kontrol DOB memberikan hasil yang lebih sensitif sebesar 6,67% daripada diagram kontrol EWMA berdasarkan jumlah data yang *out of control*.

Kata kunci: *Pengendalian Kualitas, Diagram Kontrol EWMA, Diagram Kontrol DOB.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**COMPARISON PERFORMANCE OF THE EWMA
(EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE) AND
DOB (DECISION ON BELIEF) CONTROL CHART ON
QUALITY CONTROL OF ETIQUETTE CIGARETTES
PRODUCT CASE STUDY PT. GUDANG GARAM
DIREKTORAT GRAFIKA**

Name : Fauzia Yulianti
NRP : 1213100018
Department : Mathematics FMIPA-ITS
Supervisor : 1. Dra. Farida Agustini Widjajti, MS
2. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

Abstract

Efforts to improve the quality and productivity is the main purpose of the quality control. One of the quality control methods used is the control chart. The control chart is a chart that gives an overview of the behavior of a process in controlled conditions or not. EWMA control chart is a control chart used to monitor the data attributes or variables.. The new concept method quality control of the univariate attributes control chart, i.e. DOB control chart. This final project compares the performance of EWMA and DOB control chart on quality control of etiquette cigarettes prouct case study PT. Gudang Garam Direktorat Grafika. From the analysis and discussion, the data show that a defect of etiquette cigarettes product is not controlled statistically. Performance of DOB control chart provide results that are more sensitive by 6,67% then EWMA control chart based on the amount of data out of control.

Keywords: *Quality Control, EWMA Control Chart, DOB Control Chart.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perbandingan Kinerja Diagram Kontrol EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) dan DOB (*Decision On Belief*) pada Pengendalian Kualitas Produk Etiket Rokok, Studi Kasus PT. Gudang Garam Direktorat Grafika” sebagai salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

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

1. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan panjatan doa selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA ITS.
2. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku Ketua Jurusan Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama perkuliahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Farida Agustini Widjajati, MS dan Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Alvida Mustika Rukmi, S.Si, M.Si dan Bapak Drs. Soehardjoepri, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran demi perbaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si selaku dosen wali yang selama ini memberikan dukungan, arahan, dan nasehat

selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA ITS.

6. Semua Bapak dan Ibu dosen Jurusan Matematika FMIPA ITS Surabaya yang telah sabar dalam memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama penulis menempuh perkuliahan.
7. Ibu Neysa yang telah membantu saya dalam perizinan pengambilan data di PT. Gudang Garam Direktorat Grafika.
8. Seluruh karyawan di Biro Pengendalian Mutu dan Lingkungan (PML), khususnya Bapak Bagus yang telah membantu dan membimbing penulis selama pengambilan data di PT. Gudang Garam Direktorat Grafika.
9. Teman-teman mahasiswa Matematika angkatan 2013, serta warga Himpunan Mahasiswa Matematika ITS (HIMATIKA ITS) yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 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
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pengendalian Kualitas Statistik.....	8
2.3 Alat Dalam Pengendalian Kualitas	9
2.4 Distribusi Poisson	12
2.5 Hampiran Distribusi Probabilitas.....	13
2.6 Uji Normalitas.....	14
2.7 Deret Geometri.....	15
2.8 Diagram Kontrol EWMA	15
2.9 Diagram Kontrol DOB.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahap Penelitian.....	21

3.2 Diagram Alur	23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Mengkaji Rumusan Batas Kendali Diagram Kontrol EWMA.....	25
4.2 Histogram.....	31
4.3 Diagram Pareto	32
4.4 <i>Fishbone Diagram</i>	35
4.5 Usulan Tindakan untuk Mengatasi Penyebab Cacat.....	37
4.6 Analisis Menggunakan Diagram Kontrol	40
4.7 Perbandingan <i>Output</i> dari Diagram Kontrol EWMA dan DOB	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	55
BIODATA PENULIS.....	65

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Histogram	9
Gambar 2.2 Diagram Pareto	10
Gambar 2.3 <i>Fishbone Diagram</i>	10
Gambar 2.4 Diagram Kontrol	11
Gambar 4.1 Histogram Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016	32
Gambar 4.2 Diagram Pareto	34
Gambar 4.3 <i>Fishbone Diagram</i> Cacat Produk Etiket Rokok ...	36
Gambar 4.4 Contoh Perhitungan Statistik Uji	41
Gambar 4.5 Uji Normalitas Data Cacat Produk Etiket Rokok .	41
Gambar 4.6 Diagram Kontrol EWMA	45
Gambar 4.7 Diagram Kontrol DOB	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Jumlah Jenis Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016	33
Tabel 4.2 Persentase Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016	33
Tabel 4.3 Perbandingan Persentase Jumlah Data <i>Out Of Control</i>	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran A	Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov Smirnov.....55
Lampiran B	Data Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016.....57
Lampiran C	Statistik Uji..... 59
Lampiran D	Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) dari Diagram Kontrol EWMA (<i>Exponentially Weighted Moving Average</i>)...61
Lampiran E	Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) dari Diagram Kontrol DOB (<i>Decision On Belief</i>).....63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR SIMBOL

- β : parameter distribusi Poisson
- \bar{X} : rata-rata data cacat produk etiket rokok
- $\hat{\mu}$: taksiran rata-rata data cacat produk etiket rokok
- $\hat{\sigma}^2$: taksiran variansi data cacat produk etiket rokok
- $\hat{\sigma}$: taksiran standar deviasi data cacat produk etiket rokok
- n : jumlah subgrup
- $S_n(x)$: probabilitas distribusi kumulatif data cacat produk etiket rokok
- $F_0(x)$: probabilitas distribusi normal
- x_i : jumlah cacat produk etiket rokok pada subgrup ke- i
- Q_i : titik plot diagram kontrol EWMA pada subgrup ke- i
- λ : parameter bobot diagram kontrol EWMA
- L : lebar batas kendali diagram kontrol EWMA
- $B(O_i)$: titik plot diagram kontrol DOB pada subgrup ke- i
- k : kelipatan standar deviasi pada batas kendali diagram kontrol DOB

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas latar belakang yang mendasari penulisan Tugas Akhir. Di dalamnya mencakup identifikasi permasalahan pada topik Tugas Akhir. Selanjutnya, dijabarkan juga batasan masalah untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan serta manfaat yang diperoleh.

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan Ilmu dan Teknologi (IPTEK) di era globalisasi ini, menyebabkan meningkatnya persaingan di berbagai bidang, salah satunya dalam bidang industri. Dalam peningkatan persaingan di bidang industri, banyak perusahaan yang berlomba-lomba dalam meningkatkan kualitas di perusahaannya, diantaranya kualitas dari segi proses produksi. Pada dasarnya kualitas adalah faktor kunci dari keberhasilan pertumbuhan dan persaingan. Strategi jaminan kualitas yang efektif akan meningkatkan keuntungan, produktivitas dan mengakibatkan biaya produksi yang relatif rendah. Proses produksi memiliki peranan penting dalam industri. Jika proses produksi berjalan dengan baik, maka produk yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang baik.

PT. Gudang Garam Direktorat Grafika merupakan perusahaan yang bergerak di bidang percetakan dalam memproduksi kemasan pembungkus rokok. Salah satu upaya untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan, PT. Gudang Garam Direktorat Grafika melakukan penerapan Pengendalian Mutu dan Laboratorium (PML) sehingga dapat memenuhi target produksi. PML merupakan sistem yang efektif untuk memadukan pengembangan mutu dan pemeliharaan mutu yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang sesuai

standar mutu yang telah ditetapkan, serta meminimalkan biaya inspeksi, biaya produksi, dan biaya proses yang nantinya akan didapatkan suatu produk yang berkualitas dengan biaya produksi yang minimal.

Meskipun PT. Gudang Garam Direktorat Grafika telah menetapkan sistem manajemen mutu yang baik dan sesuai dengan pedoman standar yang berlaku, namun pada kenyataannya masih terdapat penyimpangan atau cacat pada hasil produksi percetakan etiket rokok. Dalam menanggapi permasalahan tersebut, dibutuhkan penerapan sistem pengendalian kualitas yang tepat dan mempunyai tahapan yang jelas, serta memberikan inovasi dalam melakukan pencegahan dan penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi perusahaan.

Upaya untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas merupakan tujuan utama dari *Statistic Process Control* (SPC) [1]. Salah satu metode SPC yang digunakan adalah diagram kontrol. Terdapat dua macam diagram kontrol menurut jenis karakteristik kualitasnya, yaitu diagram kontrol atribut dan diagram kontrol variabel. Diagram kontrol atribut digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati hanya dinyatakan dengan kategori (cacat atau tidak cacat) atau bersifat kualitatif. Sedangkan diagram kontrol variabel digunakan apabila karakteristik kualitasnya dapat diukur (*measurable*). Diagram kontrol EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) adalah jenis diagram kontrol yang digunakan untuk memonitor baik data atribut maupun data variabel [2].

Terdapat beberapa metode yang membahas mengenai kualitas dengan karakteristiknya masing-masing. Sebuah konsep metode baru yang pertama kali diperkenalkan oleh Eshragh dan Modarres, yaitu diagram kontrol DOB (*Decision On Belief*). DOB merupakan diagram kontrol yang didasarkan pada Teorema Bayes [3]. Diagram kontrol DOB digunakan untuk menganalisis dan

mengklasifikasikan keadaan sistem pengendalian kualitas dengan menggunakan data univariat atribut.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis membandingkan kinerja dari penerapan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB pada pengendalian kualitas produk etiket rokok studi kasus PT. Gudang Garam Direktorat Grafika. Kinerja yang dibandingkan merupakan kemampuan kerja diagram kontrol dalam mengidentifikasi *output* dari diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB berdasarkan jumlah data yang *out of control*. Hasil penelitian yang diperoleh nantinya, diharapkan dapat memberikan masukan atau usulan kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas di masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas produk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, didapatkan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengkaji rumusan batas kendali diagram kontrol EWMA?
2. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan cacat pada produk etiket rokok?
3. Bagaimana penerapan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB pada produk etiket rokok?
4. Bagaimana perbandingan *output* dari diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB berdasarkan data yang *out of control*?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder hasil inspeksi per minggu produk etiket rokok PT. Gudang Garam Direktorat

Grafika periode Januari sampai dengan September 2016.

2. Jenis produk yang digunakan adalah etiket 12 Surya.
3. Parameter yang digunakan dalam diagram kontrol EWMA yaitu $\lambda = 0,10$ dan $L = 2,814$ [8].

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Mengkaji rumusan batas kendali diagram kontrol EWMA.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan cacat pada produk etiket rokok.
3. Menerapkan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB pada produk etiket rokok.
4. Membandingkan *output* dari diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB berdasarkan jumlah data yang *out of control*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini antara lain:

1. Diperoleh wawasan dan pengetahuan mengenai metode pengendalian kualitas, yaitu diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB.
2. Dapat dijadikan masukan atau usulan kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas di masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas produk.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

- BAB II Tinjauan Pustaka, menjelaskan tentang pengendalian kualitas, alat dalam pengendalian kualitas, distribusi poisson, hampiran distribusi probabilitas, uji normalitas, deret geometri, diagram kontrol EWMA, dan diagram kontrol DOB.
- BAB III Metodologi Penelitian, berisi tentang langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
- BAB IV Analisis dan Pembahasan, menjelaskan mengenai hasil analisis data dan pembahasan secara keseluruhan dengan menggunakan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB.
- BAB V Penutup, berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan Tugas Akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai penelitian terdahulu, pengendalian kualitas statistik, alat dalam pengendalian kualitas, distribusi poisson, hampiran distribusi probabilitas, uji normalitas, deret geometri, diagram kontrol EWMA, dan diagram kontrol DOB.

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah beberapa penelitian yang relevan dengan tema yang diambil. Haryono menyajikan tentang analisis pengendalian kualitas produk cup 240 ml dengan metode diagram kontrol c pada PT. Dzakya Tirta Utama Karangpandan [4]. Dari hasil analisis dengan diagram kontrol c , diketahui bahwa rata-rata kerusakan produk yang terjadi selama tahun 2009 dalam satu periode adalah 3.763,83, untuk batas kendali atas sebesar 3.947,88, dan batas kendali bawah 3.579,78. Pada tahun 2009 dalam satu kali periode produksi terdapat 5 kesalahan yang berada di luar batas kendali (*out of control*) ini dapat dilihat dalam diagram kontrol c . Penerapan diagram kontrol c dalam tugas akhir tersebut hasilnya kurang sensitif dalam pengidentifikasian proses produksi cup 240 ml.

Nurul Hidayah menyajikan kajian mengenai perbandingan kinerja grafik pengendali *Cumulative Sum* (CUSUM) dan *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dalam mendeteksi pergeseran rata-rata proses [5]. Dari kajian dan analisa yang telah dilakukan, teramati bahwa grafik pengendali CUSUM kurang peka dalam mendeteksi tanda pergeseran rata-rata pada tingkat variasi kurang dari $1,0\sigma$. Pada tingkat variasi ini, grafik pengendali EWMA lebih efektif daripada grafik CUSUM.

Diantara beberapa parameter grafik pengendali EWMA, $\lambda = 0,10$; $L = 2,814$ dan $\lambda = 0,05$; $L = 2,615$ merupakan parameter yang dapat memberikan kinerja terbaik pada grafik EWMA karena lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata.

Lisda Septi menyajikan tentang analisis pengendalian kualitas alat meter air dengan menggunakan diagram kontrol DOB pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya [6]. Pengendalian kualitas alat meter air juga diterapkan pada diagram kontrol c univariat untuk melihat kepekaan diagram kontrol DOB. Penerapan diagram kontrol c dan diagram kontrol DOB menunjukkan bahwa data alat meter air belum terkendali secara statistik. Penerapan diagram kontrol DOB memberikan hasil yang lebih sensitif sebesar 23,33% daripada diagram kontrol c berdasarkan jumlah data yang *out of control*.

2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen yang berguna untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi, dan mengambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila terjadi perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar [7].

Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control*) memiliki pengertian sama dengan pengendalian proses statistik. Pengendalian proses statistik adalah kumpulan dari alat pemecahan masalah yang berguna dalam mencapai stabilitas proses dan meningkatkan kemampuan melalui pengurangan variabilitas. Tujuan utama dari pengendalian proses statistik adalah mendeteksi dengan cepat terjadinya penyebab khusus dari pergeseran proses, sehingga upaya pemeriksaan proses dan tindakan korektif dapat dilakukan untuk meminimalisir produk yang tidak sesuai [8].

2.3 Alat Dalam Pengendalian Kualitas

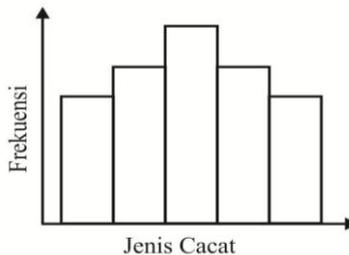
Dalam pengendalian kualitas secara statistik, ada beberapa alat statistik yang digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas. Alat statistik tersebut antara lain lembar pemeriksaan (*check sheet*), histogram, diagram pareto, diagram sebab akibat (*fishbone diagram*), dan diagram kontrol.

2.3.1 Check Sheet

Check sheet atau lembar pemeriksaan adalah sejenis formulir pengumpulan data khusus yang hasilnya diinterpretasikan pada formulir tersebut secara langsung [9]. *Check sheet* berisi daftar hal-hal yang diperlukan untuk tujuan perekam data sehingga pengguna dapat mengumpulkan data dengan mudah, sistematis, dan teratur pada saat data itu muncul di lokasi kejadian.

2.3.2 Histogram

Histogram adalah perangkat statistik dasar yang secara grafis menggambarkan frekuensi atau jumlah pengamatan suatu nilai dalam kelompok tertentu [9], seperti pada Gambar 2.1.

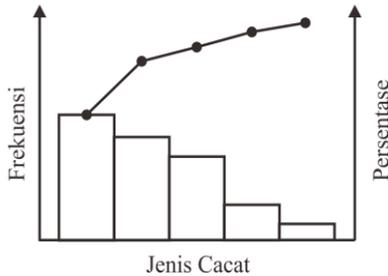


Gambar 2.1 Histogram

2.3.3 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah salah satu jenis distribusi dimana sifat-sifat yang diobservasi diurutkan dari yang frekuensinya terbesar hingga terkecil [9], seperti pada Gambar 2.2. Diagram

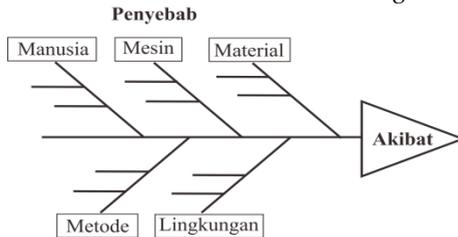
pareto sering kali digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan pada *check sheet*. Diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif. Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Ranking tertinggi merupakan masalah prioritas yang terpenting untuk segera diselesaikan.



Gambar 2.2 Diagram Pareto

2.3.4 Fishbone Diagram

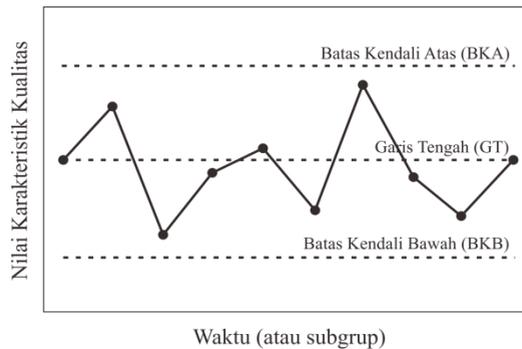
Fishbone Diagram digunakan untuk menampilkan secara visual berbagai sebab potensial dari suatu masalah dan mengkategorikan penyebab masalah kualitas [10], seperti pada Gambar 2.3. Masalah akan dikategorikan menjadi beberapa faktor yang berkaitan, mencakup faktor manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan. Setiap faktor mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*.



Gambar 2.3 Fishbone Diagram

2.3.5 Diagram Kontrol

Diagram kontrol adalah suatu alat yang secara grafis memberi gambaran tentang perilaku sebuah proses [11]. Diagram kontrol digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu proses dalam keadaan terkendali secara statistik atau tidak. Diagram kontrol juga dapat membantu mendeteksi adanya penyimpangan dengan cara menetapkan batas kendali, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram Kontrol

Pada diagram kontrol terdapat Garis Tengah (GT) yang merupakan nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkendali. Dua batas pada diagram kontrol, Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) yang merupakan garis batas untuk suatu penyimpangan yang masih dapat ditoleransi.

Selama titik-titik terletak di dalam batas-batas kendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali, dan tidak perlu tindakan apapun. Tetapi, satu titik yang terletak di luar batas kendali diinterpretasikan sebagai fakta bahwa proses tak terkendali [7]. Diagram kontrol dapat dikatakan lebih sensitif apabila mampu mendeteksi jumlah data *out of control* yang lebih banyak [6].

Misalkan w adalah statistik sampel yang mengukur suatu karakteristik kualitas yang menjadi perhatian, dan misalkan mean w adalah μ_w dan deviasi standar w adalah σ_w , maka garis tengah, batas kendali atas dan batas kendali bawah menjadi [7] :

$$BKA = \mu_w + k\sigma_w$$

$$GT = \mu_w$$

$$BKB = \mu_w - k\sigma_w$$

dengan k adalah “jarak” batas-batas kendali dari garis tengah, yang dinyatakan dalam unit deviasi standar.

Teori umum diagram kontrol pertama kali ditemukan oleh Dr. Walter A. Shewhart. Diagram kontrol yang dikembangkan menurut asas-asas ini kerap kali dinamakan diagram kontrol *Shewhart* [7].

2.4 Distribusi Poisson

Distribusi diskrit yang digunakan dalam pengendalian kualitas statistik adalah distribusi Poisson [7]. Probabilitas distribusi Poisson dinyatakan oleh

$$p(x) = \frac{e^{-\beta} \beta^x}{x!}$$

dengan parameter $\beta > 0$ adalah nilai yang diharapkan atau rata-rata kejadian, x adalah jumlah ketidaksesuaian ($x = 0, 1, 2, \dots$), dan $e \approx 2,71828$ adalah suatu konstanta. Mean dan variansi distribusi Poisson adalah [7]

$$\mu = \beta$$

dan

$$\sigma^2 = \beta$$

Penerapan distribusi Poisson dalam pengendalian kualitas adalah sebagai model untuk banyak cacat atau tak sesuai yang terdapat dalam suatu unit produk [7].

Jika parameter suatu proses tidak diketahui, maka dapat dilakukan penaksiran parameter untuk membuat keputusan

tentang suatu populasi berdasarkan suatu sampel yang dipilih dari populasi tersebut. Jika $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ merupakan pengamatan dalam suatu sampel, maka mean sampel yaitu [7]:

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

Sehingga didapat taksiran mean dan variansi dari sampel acak distribusi Poisson sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

dan

$$\hat{\sigma}^2 = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Selanjutnya diperoleh nilai standar deviasi dari sampel acak distribusi Poisson yaitu

$$\hat{\sigma} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}} \quad (2.2)$$

2.5 Hampiran Distribusi Probabilitas

Dalam pengendalian kualitas, hampiran terhadap satu distribusi probabilitas dengan distribusi yang lain dapat membantu dalam keadaan dimana distribusi aslinya sulit untuk dijabarkan secara analitik atau belum ditabelkan dengan baik [8]. Beberapa hampiran probabilitas yang berguna dalam pengendalian kualitas diantaranya sebagai berikut:

1. Hampiran Distribusi Poisson untuk Distribusi Binomial

Distribusi Poisson dengan mean β dan variansi β , dapat diperoleh sebagai bentuk limit dari distribusi Binomial untuk kasus p mendekati nol dan n mendekati tak berhingga dengan $\beta = np$ konstan. Ini berarti bahwa distribusi Poisson dapat digunakan sebagai hampiran distribusi Binomial. Hampiran ini biasanya baik untuk n besar dan $p < 0,1$. Jika semakin besar nilai n dan semakin kecil nilai p , maka semakin baik hampiran itu [8].

2. Hampiran Distribusi Normal untuk Distribusi Binomial

Jika banyaknya percobaan atau nilai n besar, maka dapat menggunakan teorema limit pusat untuk mendukung distribusi normal dengan mean np dan variansi $np(1-p)$ sebagai hampiran untuk distribusi Binomial. Hampiran distribusi normal untuk distribusi Binomial diketahui memuaskan untuk nilai p mendekati $1/2$ dan $n > 10$. Untuk nilai p yang lain, diperlukan nilai n yang lebih besar [8].

3. Hampiran Distribusi Normal untuk Distribusi Poisson

Jika distribusi normal berguna sebagai hampiran untuk distribusi Binomial, maka distribusi normal dapat juga berguna sebagai hampiran untuk distribusi Poisson. Hal tersebut dikarenakan distribusi Poisson dapat digunakan sebagai hampiran distribusi Binomial. Jika distribusi Poisson memiliki nilai mean $\beta > 15$, maka distribusi normal dengan mean β dan variansi β merupakan hampiran yang memuaskan [8].

2.6 Uji Normalitas

Uji normalitas berguna untuk menentukan apakah data sampel yang telah dikumpulkan berdistribusi normal. Salah satu uji statistik normalitas yang dapat digunakan yaitu uji Kolmogorov-Smirnov [12].

Hipotesis:

H_0 : data sampel berdistribusi normal

H_1 : data sampel tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \max |S_n(x) - F_0(x)| \quad (2.3)$$

Dengan:

D_{hitung} : deviasi maksimum,

$\max |S_n(x) - F_0(x)|$: nilai terbesar dari selisih mutlak $F_0(x)$ dan $S_n(x)$,

$S_n(x)$: probabilitas distribusi kumulatif dari data sampel,
 $F_0(x)$: probabilitas distribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal.

Kriteria pengujian:

Jika $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 0,05$) maka H_0 diterima, yang berarti data sampel berdistribusi normal. Adapun tabel nilai kritis uji Kolmogorov-Smirnov dapat dilihat pada Lampiran A.

Selain itu, uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dapat menggunakan *software* Minitab 17, yaitu jika $P_{value} > \alpha$ maka H_0 diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal.

2.7 Deret Geometri

Deret geometri adalah jumlah suku-suku barisan geometri. Jika barisan geometrinya adalah $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, maka deret geometrinya adalah [13]

$$S_n = \sum_{u=1}^n a_u = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n \quad (2.4)$$

Bentuk pada persamaan (2.4) dikenal sebagai jumlah n suku pertama deret geometri, yang dapat dinyatakan dalam n , a , dan r . Untuk itu, gunakan sifat bahwa rasio antara dua suku berurutan adalah r dengan proses berikut [13]

$$\begin{aligned} S_n &= a + ar + ar^2 + ar^3 + ar^4 + \dots + ar^{n-2} + ar^{n-1} \\ rS_n &= ar + ar^2 + ar^3 + \dots + ar^{n-2} + ar^{n-1} + ar^n \\ \hline (1-r)S_n &= \frac{a - ar^n}{-} \\ (1-r)S_n &= a(1 - r^n) \\ S_n &= \frac{a(1 - r^n)}{(1 - r)}, r \neq 1 \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.8 Diagram Kontrol EWMA

Diagram kontrol EWMA adalah diagram kontrol yang digunakan untuk memonitor data atribut maupun data variabel. EWMA didefinisikan sebagai berikut [1]:

$$Q_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)Q_{i-1}$$

dimana $0 < \lambda \leq 1$ adalah parameter bobot. Secara umum, nilai dari λ dalam interval $0,05 \leq \lambda \leq 0,25$ bekerja dengan baik dalam prakteknya, dengan $\lambda = 0,05$, $\lambda = 0,10$ dan $\lambda = 0,20$ menjadi pilihan populer [14].

x_i adalah nilai pengamatan ke- i , dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ merupakan waktu atau subgrup dari pengamatan. Q_0 merupakan nilai awal atau nilai yang diharapkan pada hasil produksi. Terkadang nilai Q_0 dapat berasal dari nilai rata-rata hasil pengamatan, yaitu $Q_0 = \bar{X}$ [7].

Jika pengamatan x_i adalah variabel acak bebas dengan variansi σ^2 , maka variansi dari Q_i adalah

$$\sigma_{Q_i}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}]$$

Garis tengah dan batas kontrol dari diagram EWMA adalah sebagai berikut [1]:

$$BKA = Q_0 + L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2.6)$$

Garis tengah = Q_0

$$BKB = Q_0 - L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2.7)$$

Jika $i = 1, 2, 3, \dots, n$ mendekati takhingga, maka batas kontrol akan mendekati keadaan setimbang. Sehingga pada persamaan (2.6) dan (2.7) menjadi

$$BKA = Q_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}}$$

$$BKB = Q_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}}$$

2.9 Diagram Kontrol DOB

Diagram kontrol DOB digunakan untuk mengontrol kualitas data univariat. Dengan mengasumsikan pengamatan individu, dimisalkan $O_i = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i)$ menjadi vektor pengamatan di i iterasi, dimana x_i merupakan pengamatan pada jumlah ketidaksesuaian pada produk yang diinspeksi. Asumsikan $B(x_i, O_{i-1})$ sebagai proses keadaan *in control*. Pengukuran ini adalah probabilitas yang akan berada dalam keadaan *in control* berdasarkan vektor pengamatan yang diperoleh sampai pada iterasi ke $(i - 1)$ dan pengamatan diperoleh di iterasi ke i . Jika dimisalkan $B(O_{i-1}) = B(x_{i-1}, O_{i-2})$ sebagai pengamatan sebelumnya dalam keadaan *in control*, maka untuk memperbaharui anggapan dalam iterasi pada keadaan optimum yang didefinisikan sebagai berikut [15]:

$$\begin{aligned}
 B(x_i, O_{i-1}) &= B(O_i) \\
 &= \frac{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i - \mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i - \mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_{i-1}))} \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

Kemudian didefinisikan statistik Z_i , yaitu

$$Z_i = \frac{B(x_i, O_{i-1})}{1 - B(x_i, O_{i-1})} \quad (2.9)$$

$$= \frac{B(O_i)}{1 - B(O_i)} \quad (2.10)$$

Nilai pada tahap awal $B(O_0) = 0,5$ [15]. Subtitusikan nilai $B(O_0)$ pada persamaan (2.10), sehingga untuk $i = 0$ diperoleh nilai awal Z_0 yaitu

$$\begin{aligned}
 Z_0 &= \frac{B(O_0)}{1 - B(O_0)} \\
 &= \frac{0,5}{1 - 0,5} \\
 &= \frac{0,5}{0,5} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Substitusikan persamaan (2.8) ke persamaan (2.10), sehingga diperoleh

$$Z_i = \frac{\frac{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_{i-1}))}}{1 - \frac{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_{i-1}))}} \quad (2.11)$$

Samakan penyebut pada persamaan (2.11), sehingga diperoleh

$$Z_i = \frac{B(O_{i-1})e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}}}{1 - B(O_{i-1})} \quad (2.12)$$

Dari persamaan (2.10) diketahui bahwa $Z_i = \frac{B(O_i)}{1-B(O_i)}$, sehingga untuk $i - 1$ diperoleh $Z_{i-1} = \frac{B(O_{i-1})}{1-B(O_{i-1})}$. Dengan demikian, pada persamaan (2.12) menjadi

$$Z_i = e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} Z_{i-1} \quad (2.13)$$

Dari persamaan (2.13), dapat dijabarkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} Z_i &= e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} Z_{i-1} \\ &= e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} \left[e^{\frac{x_{i-1}-\mu_0}{\sigma_0}} Z_{i-2} \right] \\ &= e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} e^{\frac{x_{i-1}-\mu_0}{\sigma_0}} \left[e^{\frac{x_{i-2}-\mu_0}{\sigma_0}} Z_{i-3} \right] \\ &= e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0}} e^{\frac{x_{i-1}-\mu_0}{\sigma_0}} e^{\frac{x_{i-2}-\mu_0}{\sigma_0}} \dots \left[e^{\frac{x_{i-(i-1)}-\mu_0}{\sigma_0}} Z_{i-i} \right] \\ &= e^{\frac{x_i-\mu_0}{\sigma_0} + \frac{x_{i-1}-\mu_0}{\sigma_0} + \frac{x_{i-2}-\mu_0}{\sigma_0} + \dots + \frac{x_1-\mu_0}{\sigma_0}} Z_0 \\ &= e^{\frac{(\sum_{l=1}^i x_l) - i\mu_0}{\sigma_0}} Z_0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

Substitusikan nilai awal $Z_0 = 1$ pada persamaan (2.14), sehingga diperoleh

$$Z_i = e^{\frac{(\sum_{l=1}^i x_l) - i\mu_0}{\sigma_0}} \quad (2.15)$$

Untuk menghilangkan bentuk eksponensial, persamaan (2.15) disederhanakan menjadi

$$\text{Ln}(Z_i) = \frac{(\sum_{l=1}^i x_l) - i\mu_0}{\sigma_0} \approx N(0, i) \quad (2.16)$$

Dari persamaan (2.16), dapat diperoleh BKA dan BKB untuk $\text{Ln}(Z_i)$ sebagai berikut:

$$BKA_{\text{Ln}(Z_i)} = k\sqrt{i}$$

$$BKB_{\text{Ln}(Z_i)} = -k\sqrt{i}$$

dimana k merupakan kelipatan standar deviasi dari $\text{Ln}(Z_i)$ dan ditentukan. Jika diasumsikan $O_i = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i)$ variabel acak berdistribusi normal, maka nilai $k = 1,5$ [15].

Jika diberikan probabilitas kesalahan tipe-I, α , maka diperoleh

$$P(-k\sqrt{i} \leq \text{Ln}(Z_i) \leq k\sqrt{i}) = 1 - \alpha \quad (2.17)$$

Selanjutnya substitusikan persamaan (2.9) ke persamaan (2.17) menjadi

$$P\left(-k\sqrt{i} \leq \text{Ln}\left(\frac{B(x_i, O_{i-1})}{1 - B(x_i, O_{i-1})}\right) \leq k\sqrt{i}\right) = 1 - \alpha$$

atau

$$P\left(e^{-k\sqrt{i}} \leq \left(\frac{B(x_i, O_{i-1})}{1 - B(x_i, O_{i-1})}\right) \leq e^{k\sqrt{i}}\right) = 1 - \alpha$$

yang berarti

$$P\left(e^{-k\sqrt{i}} + 1 \leq \left(\frac{1}{1 - B(x_i, O_{i-1})}\right) \leq e^{k\sqrt{i}} + 1\right) = 1 - \alpha$$

Sehingga selang kepercayaan $(1 - \alpha)100\%$ untuk $B(x_i, O_{i-1})$ sebagai berikut:

$$\left(\frac{e^{-k\sqrt{i}}}{e^{-k\sqrt{i}} + 1} \leq B(x_i, O_{i-1}) \leq \frac{e^{k\sqrt{i}}}{e^{k\sqrt{i}} + 1}\right) = 1 - \alpha \quad (2.18)$$

Selanjutnya dari persamaan (2.18) diperoleh BKA dan BKB untuk $B(x_i, O_{i-1})$ yaitu:

$$BKA_{B(x_i, O_{i-1})} = \frac{e^{k\sqrt{i}}}{e^{k\sqrt{i}} + 1} \quad (2.19)$$

$$BKB_{B(x_i, O_{i-1})} = \frac{e^{-k\sqrt{i}}}{e^{-k\sqrt{i}} + 1} \quad (2.20)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dilakukan pembahasan tentang metode penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan.

3.1 Tahap Penelitian

Langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam tahap penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori-teori pendukung yang menunjang, yaitu mengenai pengendalian kualitas statistik, alat dalam pengendalian kualitas, diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB. Literatur dapat berupa buku, makalah, jurnal, hasil penelitian sebelumnya, atau berbagai tulisan yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.

2. Mengkaji Rumusan Batas Kendali Diagram Kontrol EWMA

Berdasarkan studi literatur yang digunakan, pada tahap ini dilakukan pengkajian terhadap rumusan batas kendali diagram kontrol EWMA.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder hasil inspeksi produk etiket rokok di PT. Gudang Garam Direktorat Grafika yang menjadi tempat penelitian Tugas Akhir. Data-data yang diperoleh dalam Tugas Akhir ini bersifat kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif merupakan data yang berupa angka-

angka mengenai jumlah cacat pada produk etiket rokok periode Januari sampai September 2016. Data kualitatif yaitu data yang berupa informasi tertulis mengenai jenis cacat dan penyebab terjadinya cacat.

4. Analisis Data dan Pembahasan

Pada tahap ini, analisis dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan teknik pendekatan statistik agar memperoleh kesimpulan yang tepat. Pengolahan data pada Tugas Akhir ini menggunakan *software Microsoft Excel* dan Minitab 17.

Adapun langkah-langkah dalam tahap analisis data sebagai berikut:

- a. Membuat histogram untuk menunjukkan cakupan nilai frekuensi dari setiap cacat yang terjadi.
- b. Membuat diagram pareto untuk menentukan prioritas perbaikan.
- c. Membuat *fishbone diagram* untuk mencari faktor-faktor penyebab yang dominan.
- d. Membuat usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab cacat.
- e. Membuat diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB.
- f. Membandingkan *output* dari diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB dengan melihat secara grafis, meliputi jumlah titik yang berada di luar batas kontrol.

5. Kesimpulan dan Saran

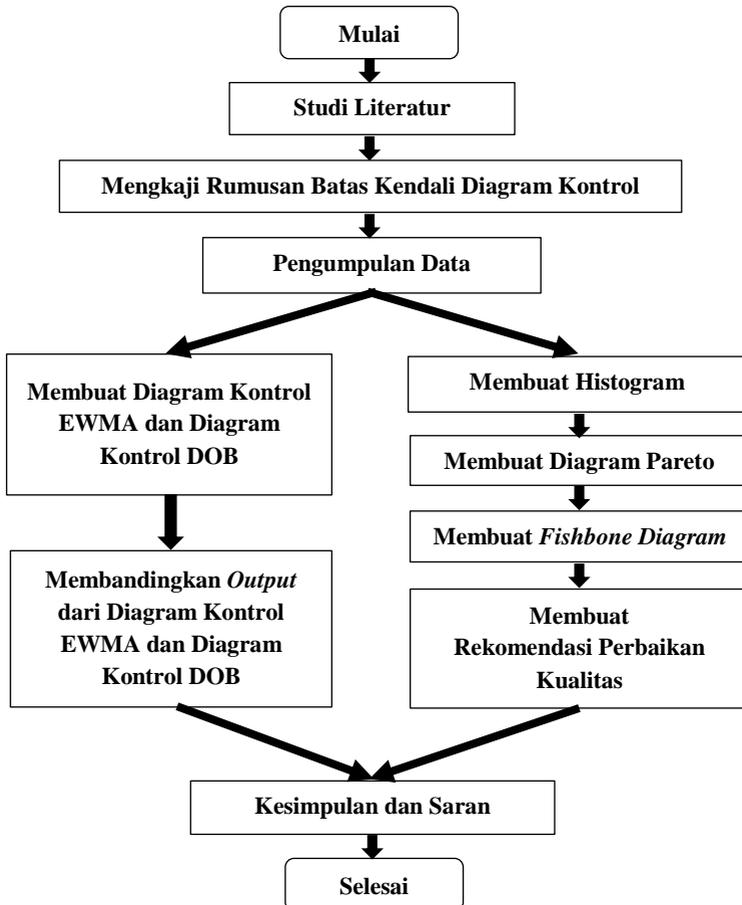
Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan. Kemudian diberikan pula saran-saran, baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian mendatang.

6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini dibuat penyusunan laporan Tugas Akhir.

3.2 Diagram Alur

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



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis dan pembahasan mengenai kajian rumusan batas kendali diagram kontrol EWMA, pembuatan histogram, diagram pareto, *fishbone diagram*, usulan perbaikan untuk mengatasi penyebab cacat, analisis menggunakan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB, serta perbandingan *output* dari diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB.

4.1 Mengkaji Rumusan Batas Kendali Diagram Kontrol EWMA

Diasumsikan pengamatan dari proses pada variabel $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. EWMA didefinisikan sebagai berikut [8]:

$$Q_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)Q_{i-1} \quad (4.1)$$

dimana $0 < \lambda \leq 1$ adalah parameter bobot. x_i adalah nilai pengamatan ke- i , dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ merupakan waktu atau subgrup dari pengamatan. Q_0 merupakan nilai awal atau nilai yang diharapkan pada hasil produksi. Terkadang nilai Q_0 dapat berasal dari nilai rata-rata hasil pengamatan, yaitu [7]

$$Q_0 = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dari persamaan (4.1), Q_i dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_i &= \lambda x_i + (1 - \lambda)Q_{i-1} \\ &= \lambda x_i + (1 - \lambda)[\lambda x_{i-1} + (1 - \lambda)Q_{i-2}] \\ &= \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + (1 - \lambda)^2 Q_{i-2} \\ &= \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + (1 - \lambda)^2 [\lambda x_{i-2} + (1 - \lambda)Q_{i-3}] \\ &= \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 x_{i-2} + (1 - \lambda)^3 Q_{i-3} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Selanjutnya persamaan (4.2) direkursi untuk Q_{i-j} , dengan $j = 4, 5, 6, \dots, (i - 1)$ sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} Q_i &= \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 x_{i-2} + \dots \\ &\quad + \lambda(1 - \lambda)^{i-2} x_{i-(i-2)} + \lambda(1 - \lambda)^{i-1} x_{i-(i-1)} + (1 - \lambda)^i Q_{i-i} \end{aligned}$$

$$Q_i = \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 x_{i-2} + \dots \\ + \lambda(1 - \lambda)^{i-2} x_2 + \lambda(1 - \lambda)^{i-1} x_1 + (1 - \lambda)^i Q_0 \quad (4.3)$$

Kemudian persamaan (4.3) secara sederhana dapat dinyatakan dengan

$$Q_i = \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j} + (1 - \lambda)^i Q_0 \quad (4.4)$$

Selanjutnya diperoleh persamaan-persamaan berikut:

$$Q_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda)Q_0 \\ = \frac{x_1}{1/\lambda} + (1 - \lambda)Q_0$$

$$Q_2 = \lambda x_2 + \lambda(1 - \lambda)x_1 + (1 - \lambda)^2 Q_0 \\ = \frac{x_2}{1/\lambda} + \frac{x_1}{1/(\lambda(1 - \lambda))} + (1 - \lambda)^2 Q_0$$

$$Q_3 = \lambda x_3 + \lambda(1 - \lambda)x_2 + \lambda(1 - \lambda)^2 x_1 + (1 - \lambda)^3 Q_0 \\ = \frac{x_3}{1/\lambda} + \frac{x_2}{1/(\lambda(1 - \lambda))} + \frac{x_1}{1/(\lambda(1 - \lambda)^2)} + (1 - \lambda)^3 Q_0$$

Untuk $i = n$, diperoleh

$$Q_n = \lambda x_n + \lambda(1 - \lambda)x_{n-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 x_{n-2} + \dots \\ + \lambda(1 - \lambda)^{n-2} x_2 + \lambda(1 - \lambda)^{n-1} x_1 + (1 - \lambda)^n Q_0 \\ = \frac{x_n}{1/\lambda} + \frac{x_{n-1}}{1/(\lambda(1 - \lambda))} + \frac{x_{n-2}}{1/(\lambda(1 - \lambda)^2)} + \dots \\ + \frac{x_2}{1/(\lambda(1 - \lambda)^{n-2})} + \frac{x_1}{1/(\lambda(1 - \lambda)^{n-1})} + (1 - \lambda)^n Q_0$$

Pada saat

$i = 1$, bentuk $\frac{x_1}{1/\lambda}$ merupakan *average* pada Q_1

$i = 2$, bentuk $\frac{x_2}{1/\lambda}$ dan $\frac{x_1}{1/(\lambda(1-\lambda))}$ merupakan *average* pada Q_2

$i = 3$, bentuk $\frac{x_3}{1/\lambda}$, $\frac{x_2}{1/(\lambda(1-\lambda))}$ dan $\frac{x_1}{1/(\lambda(1-\lambda)^2)}$ merupakan *average* pada Q_3

⋮

$i = n$, bentuk $\frac{x_n}{1/\lambda}$, $\frac{x_{n-1}}{1/(\lambda(1-\lambda))}$, $\frac{x_{n-2}}{1/(\lambda(1-\lambda)^2)}$, ..., $\frac{x_2}{1/(\lambda(1-\lambda)^{n-2})}$ dan $\frac{x_1}{1/(\lambda(1-\lambda)^{n-1})}$ merupakan *average* pada Q_n

Terlihat adanya pergerakan *average* yaitu bentuk *average* tidak hanya untuk x_1 , namun untuk data yang terbaru yaitu x_2, x_3, \dots, x_n . Pergerakan *average* dari setiap Q_i disebut persamaan *moving average*.

Selain itu terlihat juga pada persamaan (4.3) bahwa bobot menurun secara eksponensial dari rata-rata subgroup terdahulu ke rata-rata subgroup terbaru, yaitu $\lambda(1-\lambda)^0, \lambda(1-\lambda)^1, \lambda(1-\lambda)^2, \dots, \lambda(1-\lambda)^{i-2}, \lambda(1-\lambda)^{i-1}$. Pada Q_i terdapat adanya pergerakan *average* serta bobot yang mengalami perubahan secara eksponensial, sehingga Q_i disebut EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*).

Sesuai dengan persamaan (4.4), nilai mean dari Q_i yaitu

$$\begin{aligned}
 E[Q_i] &= E \left[\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j x_{i-j} + (1-\lambda)^i Q_0 \right] \\
 &= E \left[\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j x_{i-j} \right] + E[(1-\lambda)^i Q_0] \\
 &= \lambda E \left[\sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j x_{i-j} \right] + (1-\lambda)^i Q_0 \\
 &= \lambda E[x_i + (1-\lambda)^1 x_{i-1} + (1-\lambda)^2 x_{i-2} + (1-\lambda)^3 x_{i-3} \\
 &\quad + \dots + (1-\lambda)^{i-1} x_1] + (1-\lambda)^i Q_0 \\
 &= \lambda \{E[x_i] + E[(1-\lambda)^1 x_{i-1}] + E[(1-\lambda)^2 x_{i-2}] \\
 &\quad + E[(1-\lambda)^3 x_{i-3}] + \dots + E[(1-\lambda)^{i-1} x_1]\} + (1-\lambda)^i Q_0 \\
 &= \lambda \{E[x_i] + (1-\lambda)^1 E[x_{i-1}] + (1-\lambda)^2 E[x_{i-2}] \\
 &\quad + (1-\lambda)^3 E[x_{i-3}] + \dots + (1-\lambda)^{i-1} E[x_1]\} + (1-\lambda)^i Q_0 \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Untuk setiap subgroup, nilai rata-rata yang diharapkan merupakan nilai Q_0 . Jika $i = 1, 2, 3, \dots, n$, maka $E[x_i] = Q_0$. Sehingga didapat

$$E[x_i] = E[x_{i-1}] = E[x_{i-2}] = \dots = E[x_1] = Q_0$$

Selanjutnya persamaan (4.5) menjadi

$$\begin{aligned}
 E[Q_i] &= \lambda \{Q_0 + (1-\lambda)^1 Q_0 + (1-\lambda)^2 Q_0 + (1-\lambda)^3 Q_0 \\
 &\quad + \dots + (1-\lambda)^{i-1} Q_0\} + (1-\lambda)^i Q_0
 \end{aligned}$$

$$E[Q_i] = \lambda \{1 + (1 - \lambda)^1 + (1 - \lambda)^2 + (1 - \lambda)^3 + \dots + (1 - \lambda)^{i-1}\} Q_0 + (1 - \lambda)^i Q_0 \quad (4.6)$$

pada persamaan (4.6) membentuk deret geometri dengan nilai awal $a = 1$, $r = (1 - \lambda)$, dan $n = i$. Berdasarkan persamaan (2.5), diperoleh

$$S_n = \frac{a(1 - r^n)}{(1 - r)}$$

$$\sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j = \frac{1(1 - (1 - \lambda)^i)}{1 - (1 - \lambda)}$$

$$= \frac{(1 - (1 - \lambda)^i)}{\lambda} \quad (4.7)$$

Kemudian substitusikan persamaan (4.7) ke persamaan (4.6), sehingga diperoleh

$$E[Q_i] = \lambda \{1 + (1 - \lambda)^1 + (1 - \lambda)^2 + (1 - \lambda)^3 + \dots + (1 - \lambda)^{i-1}\} Q_0 + (1 - \lambda)^i Q_0$$

$$= \lambda Q_0 \left[\frac{1 - (1 - \lambda)^i}{\lambda} \right] + (1 - \lambda)^i Q_0$$

$$= Q_0 (1 - (1 - \lambda)^i) + (1 - \lambda)^i Q_0$$

$$= Q_0 - Q_0 (1 - \lambda)^i + (1 - \lambda)^i Q_0$$

$$= Q_0$$

Selanjutnya, nilai varians dari Q_i diberikan oleh

$$\sigma_{Q_i}^2 = var(Q_i)$$

$$= var \left(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j} + (1 - \lambda)^i Q_0 \right)$$

$$= var \left(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j} \right) + var((1 - \lambda)^i Q_0)$$

$$+ 2 cov \left(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j x_{i-j}, (1 - \lambda)^i Q_0 \right)$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{Q_i}^2 &= \text{var} \left(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j x_{i-j} \right) + 0 + 2(0) \\
&= \text{var} \left(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j x_{i-j} \right) \\
&= \lambda^2 \{ \text{var} (x_i + (1-\lambda)^1 x_{i-1} + (1-\lambda)^2 x_{i-2} + (1-\lambda)^3 x_{i-3} \\
&\quad + \dots + (1-\lambda)^{i-1} x_1) \} \\
&= \lambda^2 \{ \text{var} (x_i) + (1-\lambda)^2 \text{var} (x_{i-1}) + (1-\lambda)^4 \text{var} (x_{i-2}) \\
&\quad + (1-\lambda)^6 \text{var} (x_{i-3}) + \dots + (1-\lambda)^{2(i-1)} \text{var} (x_1) \} \\
&= \lambda^2 \{ 1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^4 + (1-\lambda)^6 + \dots \\
&\quad + (1-\lambda)^{2(i-1)} \} \text{var} (x_i) \tag{4.8}
\end{aligned}$$

Jika dimisalkan $\text{var} (x_i) = \sigma_{x_i}^2$, maka pada persamaan (4.8)

menjadi

$$\begin{aligned}
\sigma_{Q_i}^2 &= \lambda^2 \{ 1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^4 + (1-\lambda)^6 \\
&\quad + \dots + (1-\lambda)^{2(i-1)} \} \sigma_{x_i}^2 \tag{4.9}
\end{aligned}$$

$\{ 1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^4 + (1-\lambda)^6 + \dots + (1-\lambda)^{2(i-1)} \}$ pada persamaan (4.9) membentuk deret geometri dengan nilai awal $a = 1$, $r = (1-\lambda)^2$, dan $n = 2i$. Berdasarkan persamaan (2.5), diperoleh

$$\begin{aligned}
S_n &= \frac{a(1-r^n)}{(1-r)} \\
\sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^{2j} &= \frac{1(1-(1-\lambda)^{2i})}{1-(1-\lambda)^2} \\
&= \frac{(1-(1-\lambda)^{2i})}{1-(1-2\lambda+\lambda^2)} \\
&= \frac{1-(1-\lambda)^{2i}}{2\lambda-\lambda^2} \tag{4.10}
\end{aligned}$$

Kemudian substitusikan persamaan (4.10) ke persamaan (4.9), sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}
\sigma_{Q_i}^2 &= \lambda^2 \{ 1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^4 + \dots + (1-\lambda)^{2(i-1)} \} \sigma_{x_i}^2 \\
&= \lambda^2 \sigma_{x_i}^2 \left[\frac{1-(1-\lambda)^{2i}}{2\lambda-\lambda^2} \right]
\end{aligned}$$

$$\sigma_{Q_i}^2 = \lambda \sigma_{x_i}^2 \left[\frac{1 - (1 - \lambda)^{2i}}{2 - \lambda} \right] \quad (4.11)$$

Jika dimisalkan $\sigma_{x_i}^2 = \sigma^2$, maka persamaan (4.11) menjadi

$$\sigma_{Q_i}^2 = \frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}$$

Sehingga diperoleh $Q_i \approx N \left(Q_0, \frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda} \right)$, yang berarti

mean (μ) = Q_0 dan *varians* ($\sigma_{Q_i}^2$) = $\frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}$. Kemudian didefinisikan BKA dan BKB untuk diagram kontrol EWMA yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} BKA &= Q_0 + L \sigma_{Q_i} \\ &= Q_0 + L \sqrt{\frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \\ &= Q_0 + L \sigma \sqrt{\frac{\lambda (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} BKB &= Q_0 - L \sigma_{Q_i} \\ &= Q_0 - L \sqrt{\frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \\ &= Q_0 - L \sigma \sqrt{\frac{\lambda (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \end{aligned} \quad (4.13)$$

dengan L merupakan lebar dari batas kendali.

Jika $i = 1, 2, 3, \dots, n$ mendekati takhingga, maka nilai $(1 - \lambda)^{2i}$ mendekati nol, sehingga nilai variansi $\sigma_{Q_i}^2$ menuju ke nilai limitnya

$$\begin{aligned} \sigma_{Q_i}^2 &= \lim_{i \rightarrow \infty} \left[\frac{\lambda \sigma^2 (1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda} \right] \\ &= \frac{\lambda \sigma^2}{2 - \lambda} \lim_{i \rightarrow \infty} (1 - (1 - \lambda)^{2i}) \end{aligned} \quad (4.14)$$

Diketahui bahwa $0 < \lambda \leq 1 \Leftrightarrow -1 \leq -\lambda < 0 \Leftrightarrow 0 \leq 1 - \lambda < 1$, sehingga ada suatu $h \in \mathbb{Q}$ berakibat $1 - \lambda = \frac{1}{h}$.

Selanjutnya persamaan (4.14) menjadi

$$\begin{aligned}\sigma_{Q_i}^2 &= \frac{\lambda\sigma^2}{2-\lambda} \lim_{i \rightarrow \infty} \left(1 - \left(\frac{1}{h}\right)^{2i}\right) \\ &= \frac{\lambda\sigma^2}{2-\lambda} (1 - 0) \\ &= \frac{\lambda\sigma^2}{2-\lambda}\end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai variansi dari Q_i akan konstan, yaitu $\frac{\lambda\sigma^2}{2-\lambda}$.

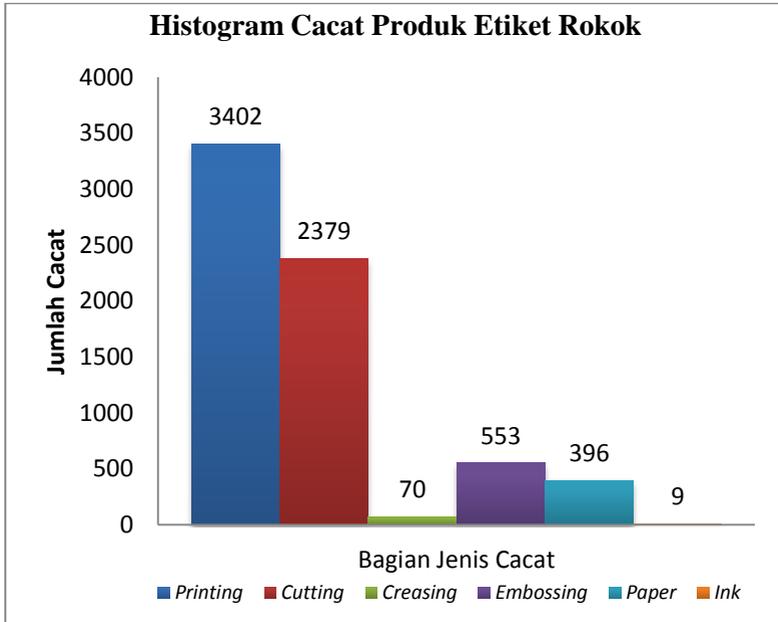
Selanjutnya persamaan (4.12) dan (4.13) menjadi

$$\begin{aligned}BKA &= Q_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \\ BKB &= Q_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}\end{aligned}$$

4.2 Histogram

Untuk menunjukkan distribusi frekuensi dari hasil pengumpulan data pada Lampiran B, langkah selanjutnya adalah membuat histogram. Data cacat etiket rokok tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang sesuai dengan masing-masing dari jenis cacat.

Berdasarkan histogram yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, dapat dilihat jenis cacat yang sering terjadi adalah jenis cacat bagian *printing* dengan jumlah cacat sebanyak 3402 kali. Jumlah cacat bagian *cutting* sebanyak 2379 kali. Selanjutnya adalah jenis cacat bagian *embossing*, *paper*, *creasing*, dan *ink* yang secara berturut-turut berjumlah 553, 396, 70, dan 9 kali.



Gambar 4.1 Histogram Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016

4.3 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram yang digunakan untuk memperlihatkan klasifikasi dan nilai data berdasarkan total data kumulatifnya. Dengan diagram pareto, dapat diketahui jenis cacat yang memiliki rangking tertinggi pada Bulan Januari sampai dengan September 2016. Rangking tertinggi dari jenis cacat merupakan masalah prioritas atau masalah terpenting untuk segera diselesaikan.

Pada Lampiran B dapat dilihat jenis-jenis cacat yang sering terjadi pada produk etiket rokok PT. Gudang Garam Direktorat Grafika. Jumlah cacat pada produk etiket rokok selama 30 periode (minggu) ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Jenis Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016

No.	Bagian Jenis Cacat	Jumlah
1	<i>Printing</i>	3402
2	<i>Cutting</i>	2379
3	<i>Embossing</i>	553
4	<i>Paper</i>	396
5	<i>Creasing</i>	70
6	<i>Ink</i>	9
	Total	6.809

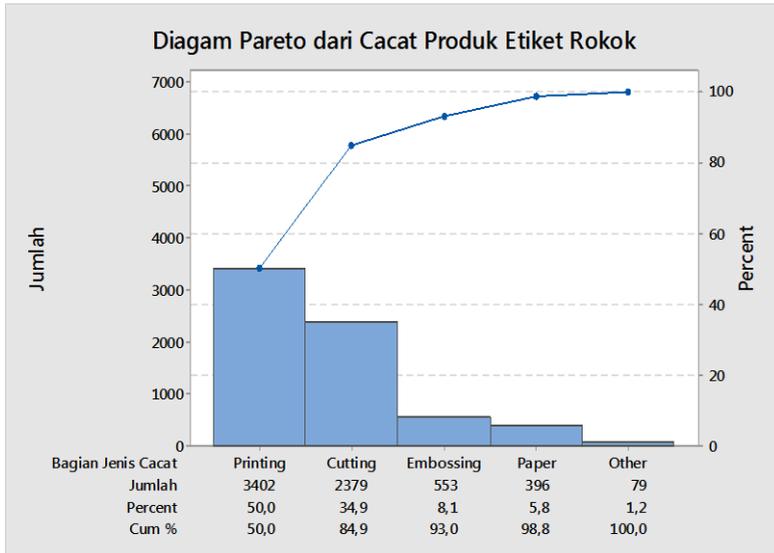
Langkah selanjutnya, dari Tabel 4.1 akan diurutkan berdasarkan jumlah cacat, mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil, dan dibuat persentase kumulatifnya. Persentase kumulatif berguna untuk mengetahui jumlah akhir atau jumlah terbaru semua persentase cacat produk etiket rokok. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.2. Persentase kumulatif diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Persentase kumulatif ke } n = \sum_{i=1}^n \text{Persentase ke } i$$

Tabel 4.2 Persentase Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016

No.	Bagian Jenis Cacat	Jumlah	Persentase	Persentase Kumulatif
1	<i>Printing</i>	3402	49,96%	49,96%
2	<i>Cutting</i>	2379	34,94%	84,90%
3	<i>Embossing</i>	553	8,12%	93,02%
4	<i>Paper</i>	396	5,82%	98,84%
5	<i>Creasing</i>	70	1,03%	99,87%
6	<i>Ink</i>	9	0,13%	100,00%
	Total	6.809	100,00%	

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat disusun sebuah diagram pareto seperti terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Pareto

Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa cacat yang terjadi pada produk etiket rokok bulan Januari sampai dengan September 2016 didominasi oleh jenis cacat bagian *printing* sebesar 49,96%. Selebihnya jenis cacat bagian *cutting* sebesar 34,94%, *embossing* sebesar 8,12%, *paper* sebesar 5,82%, *creasing* sebesar 1,03% dan *ink* sebesar 0,13%.

Jadi perbaikan yang harus segera dilakukan dengan memfokuskan pada bagian jenis cacat terbesar yaitu cacat bagian *printing*. Hal ini dikarenakan jenis cacat tersebut mendominasi sebesar 49,96% dari total cacat yang terjadi pada produk etiket rokok PT. Gudang Garam Direktorat Grafika.

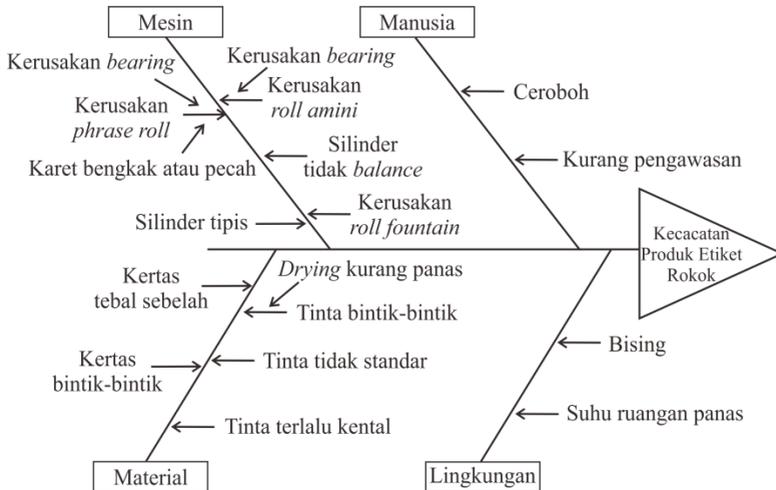
4.4 *Fishbone Diagram*

Fishbone diagram bertujuan agar dapat memperlihatkan faktor-faktor penyebab dan karakteristik kualitas yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu. Setelah diketahui jenis-jenis cacat yang terjadi, PT. Gudang Garam Direktorat Grafika perlu mengambil langkah-langkah perbaikan untuk mencegah timbulnya cacat tersebut. Sebagai alat bantu untuk mencari penyebab terjadinya cacat produk etiket rokok, digunakan *fishbone diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Adapun penggunaan *fishbone diagram* untuk menelusuri masing-masing faktor penyebab yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Faktor Mesin

Kecacatan yang terjadi pada produk etiket rokok disebabkan oleh beberapa kerusakan pada mesin, diantaranya kerusakan mesin *phrase roll* karena gangguan pada *bearing*. *Bearing* merupakan komponen yang berfungsi mengurangi gesekan pada mesin, yang digunakan untuk menahan komponen-komponen yang bergerak. Apabila terjadi gangguan pada *bearing* akan mengakibatkan warna hasil cetakan tidak sejajar atau menjadi bergeser. Begitupun dengan kerusakan pada *roll amini* yang disebabkan karena gangguan pada *bearing*. Kerusakan di mesin *phrase roll* juga dapat disebabkan karena karet yang terdapat pada mesin tersebut mengalami pembengkakan dan karet yang pecah saat proses percetakan berlangsung. Silinder yang tipis dan tidak *balance* juga sangat mempengaruhi hasil dari cetakan. Cacat yang disebabkan karena kerusakan pada *roll fountain* dapat mengakibatkan *supply* tinta menjadi terlambat. *Roll fountain* merupakan komponen mesin yang digunakan untuk mengambil tinta dari bak tinta.



Gambar 4.3 Fishbone Diagram Cacat Produk Etiket Rokok

2. Faktor Manusia

Kecacatan yang terjadi pada produk etiket rokok yang disebabkan oleh faktor manusia adalah karena kurangnya pengawasan operator yang berada di lokasi dalam menghiraukan alarm yang digunakan untuk mendeteksi cacat pada etiket rokok. Selain itu, kecerobohan operator dalam melakukan pencampuran warna tinta yang mengakibatkan cacat pada hasil cetakan akhir dari etiket rokok.

3. Faktor Material

Kecacatan yang terjadi pada produk etiket rokok disebabkan karena dua material, yaitu kertas dan tinta. Kertas dan tinta yang bintik-bintik mengakibatkan hasil cetakan warna pada etiket tidak maksimal. Mesin *drying* yang kurang panas yang mengakibatkan tinta menjadi bintik-bintik. Kertas yang tidak rata atau tebal sebelah juga sangat mempengaruhi hasil cetakan pada etiket, karena jika kertas tidak rata akan mempengaruhi proses kerja dari komponen mesin *roll*. Akibatnya banyak jenis cacat yang

ditimbulkan. Pencampuran dan volume tinta juga perlu diperhatikan. Apabila tinta terlalu kental akan menimbulkan cacat pada hasil cetakan etiket. Begitupun dengan wana tinta yang tidak standar akan berpengaruh pada hasil cetakan etiket, karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh pihak perusahaan.

5. Faktor Lingkungan

Kecacatan yang terjadi pada produk etiket rokok juga dapat disebabkan dari faktor eksternal, yaitu dari kondisi lingkungan kerja. Apabila suara dalam ruangan bising, dapat mempengaruhi operator dalam berkoordinasi dengan operator yang lain, serta suara mesin yang terlalu bising juga bisa membuat operator kurang tanggap jika alarm sedang menyala. Selain itu, suhu ruangan dalam lingkungan kerja juga sangat berpengaruh terhadap kinerja operator. Apabila suhu ruangan panas, membuat operator maupun karyawan yang bekerja merasa tidak nyaman, dan kurang maksimal dalam menjalankan tugasnya.

4.5 Usulan Tindakan untuk Mengatasi Penyebab Cacat

Setelah mengetahui penyebab dari cacat pada produk etiket rokok di PT. Gudang Garam Direktorat Grafika, langkah selanjutnya akan disusun suatu rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan masing-masing dari faktor penyebab dalam upaya menekan banyaknya cacat, yaitu:

1. Faktor Mesin

Rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan dari penyebab faktor mesin sebagai berikut:

- a. Memberikan pelumas jenis *grase* pada *bearing*. *Grase* merupakan jenis pelumas yang dibuat dari minyak mineral atau nabati yang dicampur dengan zat pengental sejenis sabun. Pada jenis pelumas *grase*, *bearing* tidak boleh dipanaskan

lebih dari 120°C. *Grase* juga dapat berfungsi untuk mencegah masuknya kotoran-kotoran masuk ke *bearing*.

- b. Menggunakan mesin *balancing* untuk menyeimbangkan bagian mesin yang berputar. Mesin *balancing* adalah alat ukur yang digunakan untuk menyeimbangkan bagian mesin yang berputar. Seiring dengan informasi yang diperoleh, mesin *balancing* dapat menentukan jumlah berapa banyak dan dimana untuk menambah bobot untuk menyeimbangkan bagian. Dalam sebuah mesin *hard-bearing*, penyeimbangan dilakukan pada frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi resonansi suspensi. Dalam mesin *soft-bearing*, penyeimbangan dilakukan pada frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi resonansi suspensi. Partikel padat dalam sistem suspensi umumnya lebih besar dari 1 mikrometer.
- c. Melakukan pergantian karet pada mesin *phrase roll* apabila kekenyalan atau kekerasan karet pada mesin *roll* sudah sangat tipis. Derajat kekerasan dari karet dinyatakan dengan derajat shore. Berikut derajat kekerasan yang umumnya dipakai: (1) *roll* hantar tinta 28 – 32° shore; (2) *roll* jilat tinta 38 – 42° shore; (3) *roll* penyalur tinta 38 – 42° shore; (4) *roll* jilat air 20 – 22° shore; dan (5) *roll* hantar air 18 – 20° shore.
- d. Melakukan pengaturan *roll to roll* dengan metode jejak. Dengan metode jejak, kondisi *roll* akan diketahui, apakah *roll* masih layak dipakai atau tidak. Jika *roll* sudah mengalami masalah *shrinking* (pengecilan atau pengerucutan ukuran diameter) atau *swelling* (pembesaran atau pengelembungan ukuran *roll*) bisa langsung diketahui. Jejak *roll to roll* akan terlihat rata atau tidak apabila memiliki ukuran sebesar 5 mikrometer. Jika jejak pada *roll* tersebut ditemukan tidak rata, maka *roll* tersebut perlu diperbaiki.

2. Faktor Manusia

Rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan dari penyebab faktor manusia adalah memberikan pengarahan atau instruksi kerja secara tertulis dan disertai penjelasan lisan secara terperinci dengan melaksanakan *briefing* secara rutin di setiap awal dan akhir kerja.

3. Faktor Material

Rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan dari penyebab faktor material sebagai berikut:

- a. Melakukan pengaturan kertas pada *roll infeed* untuk mengatasi kertas yang tebal sebelah. *Roll infeed* dilakukan apabila kertas masih dalam batas spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan.
- b. Melakukan pemeriksaan secara visual pada kertas yang bintik-bintik. Jika kertas masih dalam batas spesifikasi yang ditetapkan, maka kertas masih bisa digunakan pada proses produksi.
- c. Melakukan *adjustment* (pengaturan) pada tinta dengan menggunakan nilai pH yang optimal untuk menjaga kualitas dari hasil cetak. Nilai pH melambangkan derajat keasaman atau basa dari air. Nilai pH yang dianjurkan antara 4,8 – 6 merupakan nilai optimal. Jika nilai pH dibawah 4,8 maka akan timbul masalah lambat kering, warna cetakan pucat, dan gambar di pelat mudah rontok. Jika nilai pH jauh diatas 6 maka akan terjadi masalah kestabilan tinta, jumlah air terlalu banyak, dan warna cetakan pudar.

4. Faktor Lingkungan

Rekomendasi atau usulan tindakan perbaikan dari penyebab faktor lingkungan sebagai berikut:

- a. Menggunakan *ear plug* untuk operator atau karyawan yang sedang bertugas untuk mengatasi suara bising.
- b. Mengatur suhu AC (*Air Conditioner*) agar tetap terasa sejuk atau dingin, sehingga bisa membuat operator atau karyawan yang bertugas merasa nyaman. Suhu ruangan kurang lebih 20°C sampai 25°C.

4.6 Analisis Menggunakan Diagram Kontrol

4.6.1 Uji Normalitas

Berdasarkan Lampiran B, data sampel yang diambil dari populasi produk etiket rokok belum tentu berdistribusi normal, sehingga perlu dilakukan uji normalitas. Uji normalitas juga dilakukan untuk memenuhi asumsi distribusi normal sebelum membuat diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Jika $x_i = \sum_{m=1}^6 C_{m,i}$ merupakan jumlah cacat produk etiket rokok, maka hipotesisnya yaitu:

H_0 : x_i berdistribusi normal

H_1 : x_i tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

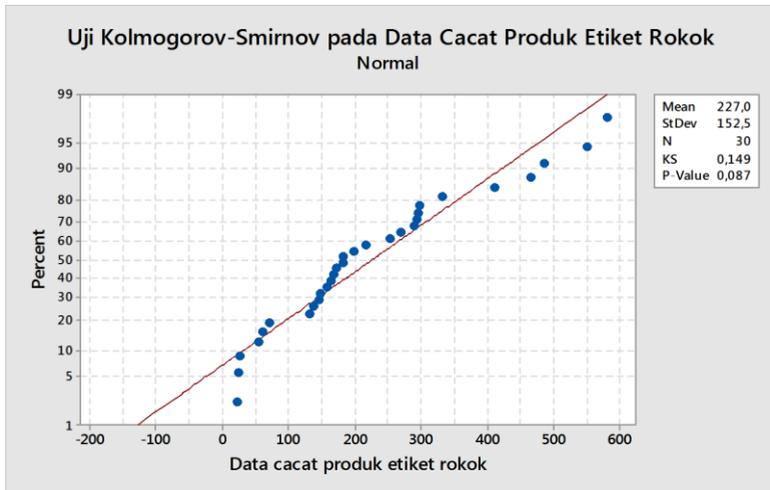
Berdasarkan persamaan (2.3) diperoleh

$$D_{hitung} = \max |S_n(x) - F_0(x)| = 0,1492$$

$$D_{\alpha,n} = D_{0,05;30} = 0,242.$$

Nilai $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$, sehingga H_0 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data cacat produk etiket rokok berdistribusi normal.

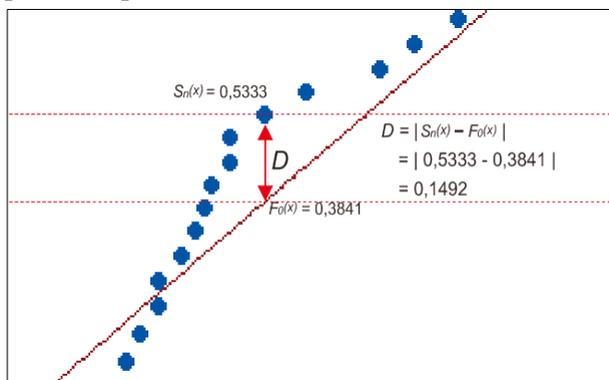
Selain itu, uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dapat menggunakan *software* Minitab 17, yaitu jika $P_{value} > \alpha$ maka H_0 diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Uji Normalitas Data Cacat Produk Etiket Rokok

Berdasarkan Gambar 4.4, terlihat bahwa data cacat produk etiket rokok berdistribusi normal, karena nilai $P_{value} > \alpha$ yaitu $P_{value} = 0,087$.

Adapun contoh perhitungan statistik uji yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Untuk perhitungan D_{hitung} yang lain, dapat dilihat pada Lampiran C.



Gambar 4.5 Contoh Perhitungan Statistik Uji

4.6.2 Diagram Kontrol EWMA

Pengendalian kualitas produk etiket rokok menggunakan diagram kontrol EWMA dilakukan untuk mengetahui apakah data cacat pada produk etiket rokok sudah terkendali secara statistik atau tidak. Adapun langkah-langkah untuk membuat diagram kontrol EWMA sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata dan standar deviasi data cacat produk etiket rokok.

Diagram kontrol untuk data atribut mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata dan varians mempunyai nilai yang sama yaitu β , sehingga sesuai persamaan (2.1) dan (2.2) didapat nilai rata-rata dan standar deviasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{\mu} &= \bar{X} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ &= \frac{1}{30}(6.809) = 226,966667 \approx 226,97\end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned}\hat{\sigma} &= \sqrt{\hat{\mu}} \\ &= \sqrt{226,97} = 15,065413 \approx 15,07\end{aligned}$$

Rata-rata data cacat produk etiket rokok merupakan nilai awal dari EWMA, yaitu $Q_0 = \bar{X} = 226,97$.

2. Mencari nilai masing-masing statistik Q_i

Untuk mencari nilai masing-masing statistik Q_i dari tiap titik plot, digunakan persamaan (4.1). Dalam hal ini, nilai masing-masing statistik Q_i saling berkaitan, yaitu nilai statistik Q_1 dibutuhkan untuk mencari nilai statistik Q_2 , nilai statistik Q_2 dibutuhkan untuk mencari nilai statistik Q_3 , dan seterusnya hingga mendapatkan nilai statistik Q_{30} . Titik-titik pengamatan pada diagram kontrol EWMA tidak dapat dihilangkan ketika terjadi *out of control* karena saling berkaitan. Nilai parameter

yang digunakan dalam diagram kontrol EWMA yaitu $\lambda = 0,10$ dan $L = 2,814$ [8].

Untuk perhitungan titik plot ke-1 yaitu nilai statistik Q_1 sampai dengan titik plot ke-30 yaitu nilai statistik Q_{30} dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \lambda x_1 + (1 - \lambda)Q_0 \\ &= (0,10)(27) + (0,90)(226,97) \\ &= 206,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= \lambda x_2 + (1 - \lambda)Q_1 \\ &= (0,10)(299) + (0,90)(206,97) \\ &= 216,173 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= \lambda x_3 + (1 - \lambda)Q_2 \\ &= (0,10)(297) + (0,90)(216,173) \\ &= 224,2557 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_4 &= \lambda x_4 + (1 - \lambda)Q_3 \\ &= (0,10)(25) + (0,90)(224,2557) \\ &= 204,33013 \end{aligned}$$

Melalui cara perhitungan yang sama, diperoleh nilai statistik Q_5 sampai dengan Q_{30} yaitu:

$$Q_5 = 200,7971170$$

$$Q_6 = 202,5174053$$

$$Q_7 = 240,3656648$$

$$Q_8 = 222,5290983$$

$$Q_9 = 218,4761885$$

$$Q_{10} = 216,4285696$$

$$Q_{11} = 243,4857127$$

$$Q_{12} = 233,8371414$$

$$Q_{13} = 217,6534273$$

$$Q_{14} = 250,9880845$$

$$Q_{15} = 267,0892761$$

$$Q_{16} = 269,8803485$$

$$Q_{17} = 257,6923136$$

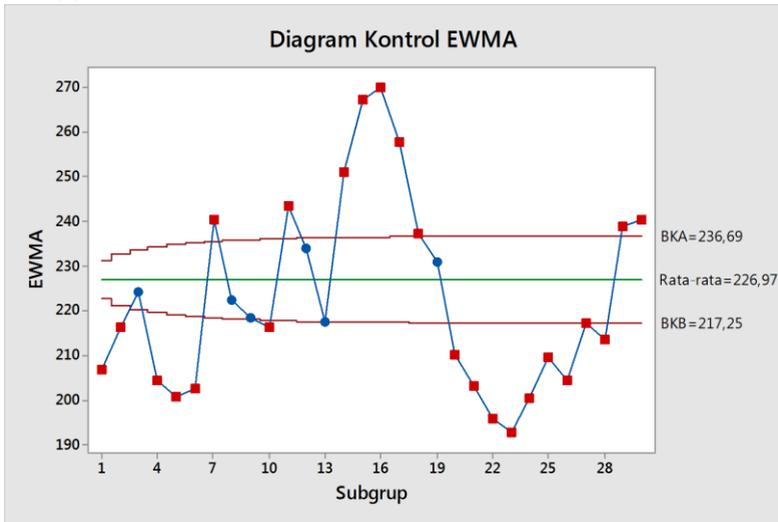
$$\begin{aligned}
Q_{18} &= 237,4230823 \\
Q_{19} &= 230,9807740 \\
Q_{20} &= 210,1826966 \\
Q_{21} &= 203,0644270 \\
Q_{22} &= 195,9579843 \\
Q_{23} &= 192,8621858 \\
Q_{24} &= 200,4759673 \\
Q_{25} &= 209,4283705 \\
Q_{26} &= 204,2855335 \\
Q_{27} &= 217,1569801 \\
Q_{28} &= 213,6412821 \\
Q_{29} &= 238,9771539 \\
Q_{30} &= 240,3794385
\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai statistik Q_i , langkah selanjutnya adalah mencari BKA dan BKB dari diagram kontrol EWMA dengan menggunakan persamaan (4.12) dan (4.13). Hasil perhitungan BKA dan BKB dapat dilihat pada Lampiran D. Kemudian dapat disusun diagram kontrol EWMA untuk menampilkan cacat pada produk etiket rokok yang masih berada di dalam garis batas kendali dan yang masih berada di luar garis batas kendali. Diagram kontrol EWMA ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Berdasarkan Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa terdapat 9 titik yang berada di luar BKA yaitu pada titik plot ke 7, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 29, 30 dan terdapat 15 titik yang berada di luar BKB yaitu pada titik plot ke 1, 2, 4, 5, 6, 10, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 sehingga dapat dikatakan bahwa produk etiket rokok belum terkendali secara statistik.

Titik-titik plot yang berada di luar batas kendali atas dan batas kendali bawah diagram kontrol EWMA menunjukkan bahwa terjadi penyebab-penyebab terduga pada proses produksi etiket rokok. Penyebab-penyebab terduga yang mengakibatkan

cacat pada produk etiket rokok dapat diketahui dengan menggunakan *fishbone diagram*.



Gambar 4.6 Diagram Kontrol EWMA

4.6.3 Diagram Kontrol DOB

Pengendalian kualitas produk etiket rokok menggunakan diagram kontrol DOB dilakukan untuk mengetahui apakah data cacat pada produk etiket rokok sudah terkendali secara statistik atau tidak. Hasil dari diagram kontrol DOB digunakan sebagai pembandingan dengan diagram kontrol EWMA untuk melihat diagram kontrol mana yang mampu memberikan kinerja terbaik dalam mengidentifikasi jumlah data yang *out of control*.

Adapun langkah-langkah untuk membuat diagram kontrol DOB adalah diawali dengan mencari nilai masing-masing statistik $B(O_i)$ dari subgrup berdasarkan persamaan (2.8). Dalam hal ini, nilai masing-masing statistik $B(O_i)$ saling berkaitan, yaitu nilai statistik $B(O_0)$ dibutuhkan untuk mencari nilai statistik $B(O_1)$ nilai statistik $B(O_1)$ dibutuhkan untuk mencari nilai statistik $B(O_2)$, dan seterusnya hingga mendapatkan nilai statistik $B(O_{29})$.

Titik-titik pengamatan pada diagram kontrol DOB tidak dapat dihilangkan ketika terjadi *out of control* karena saling berkaitan.

Titik plot ke-1 sama dengan nilai $B(O_0)$ dalam tahap awal, yaitu 0,5 [15]. Kemudian untuk perhitungan titik plot ke-2 yaitu nilai statistik $B(O_1)$ sampai dengan titik plot ke-30 yaitu nilai statistik $B(O_{29})$ dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 B(O_1) &= \frac{B(O_0)e^{\frac{x_1-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_0)e^{\frac{x_1-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_0))} \\
 &= \frac{(0,5)e^{\frac{27-226,97}{15,07}}}{(0,5)e^{\frac{27-226,97}{15,07}} + (1 - 0,5)} \\
 &= 0,00000172651
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B(O_2) &= \frac{B(O_1)e^{\frac{x_2-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_1)e^{\frac{x_2-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_1))} \\
 &= \frac{(0,00000172651)e^{\frac{299-226,97}{15,07}}}{(0,00000172651)e^{\frac{299-226,97}{15,07}} + (1 - 0,00000172651)} \\
 &= 0,00020552966
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B(O_3) &= \frac{B(O_2)e^{\frac{x_3-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_2)e^{\frac{x_3-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_2))} \\
 &= \frac{(0,00020552966)e^{\frac{297-226,97}{15,07}}}{(0,00020552966)e^{\frac{297-226,97}{15,07}} + (1 - 0,00020552966)} \\
 &= 0,02098510599
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B(O_4) &= \frac{B(O_3)e^{\frac{x_4-\mu_0}{\sigma_0}}}{B(O_3)e^{\frac{x_4-\mu_0}{\sigma_0}} + (1 - B(O_3))} \\
 &= \frac{(0,02098510599)e^{\frac{25-226,97}{15,07}}}{(0,02098510599)e^{\frac{25-226,97}{15,07}} + (1 - 0,02098510599)} \\
 &= 0,00000003241
 \end{aligned}$$

Melalui cara perhitungan yang sama, diperoleh nilai statistik $B(O_5)$ sampai dengan $B(O_{29})$ yaitu:

$$B(O_5) = 0,00000000069$$

$$B(O_6) = 0,00000000038$$

$$B(O_7) = 0,85882609940$$

$$B(O_8) = 0,00010713214$$

$$B(O_9) = 0,00000541997$$

$$B(O_{10}) = 0,00000079273$$

$$B(O_{11}) = 0,96109811682$$

$$B(O_{12}) = 0,10914197623$$

$$B(O_{13}) = 0,00000418969$$

$$B(O_{14}) = 0,99989042361$$

$$B(O_{15}) = 0,99999999949$$

$$B(O_{16}) = 0,99999999999$$

$$B(O_{17}) = 0,99999999895$$

$$B(O_{18}) = 0,99990480179$$

$$B(O_{19}) = 0,99659183379$$

$$B(O_{20}) = 0,00038701094$$

$$B(O_{21}) = 0,00000112909$$

$$B(O_{22}) = 0,00000000207$$

$$B(O_{23}) = 0,00000000003$$

$$B(O_{24}) = 0,00000000055$$

$$B(O_{25}) = 0,00000003611$$

$$B(O_{26}) = 0,00000000037$$

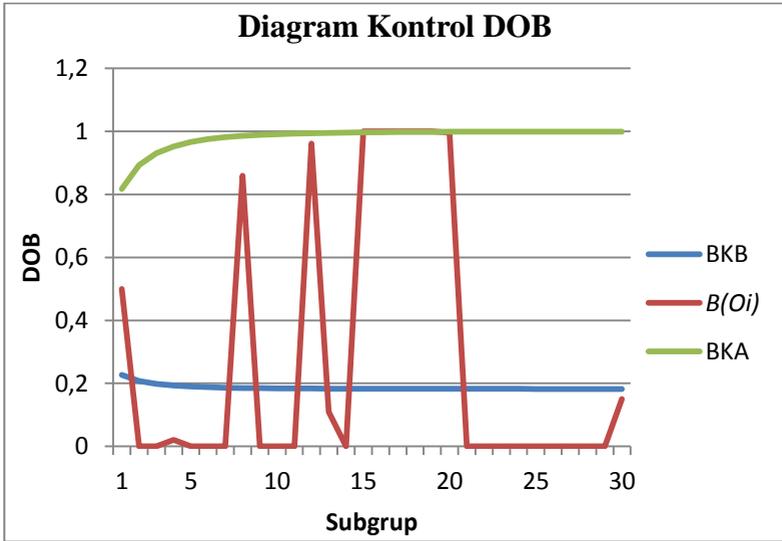
$$B(O_{27}) = 0,00000042232$$

$$B(O_{28}) = 0,00000002136$$

$$B(O_{29}) = 0,15008812298$$

Setelah diperoleh nilai statistik $B(O_i)$, langkah selanjutnya adalah mencari BKA dan BKB dari diagram kontrol DOB dengan menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20). Hasil perhitungan BKA dan BKB dapat dilihat pada Lampiran E. Kemudian dapat

disusun diagram kontrol DOB untuk menampilkan cacat produk etiket rokok yang masih berada di dalam garis batas kendali dan yang berada di luar garis batas kendali. Diagram kontrol DOB ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Kontrol DOB

Berdasarkan Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa terdapat 5 titik plot yang berada di luar BKA yaitu pada titik plot ke 15, 16, 17, 18, 19 dan terdapat 21 titik plot yang berada di luar BKB yaitu pada titik plot ke 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 sehingga dapat dikatakan bahwa produk etiket rokok belum terkendali secara statistik.

Titik-titik plot yang berada di luar batas kendali atas dan batas kendali bawah diagram kontrol DOB menunjukkan bahwa terjadi penyebab-penyebab terduga pada proses produksi etiket rokok. Penyebab-penyebab terduga yang mengakibatkan cacat pada produk etiket rokok dapat diketahui dengan menggunakan *fishbone diagram*.

4.7 Perbandingan *Output* dari Diagram Kontrol EWMA dan DOB

Setelah diperoleh diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB, langkah selanjutnya adalah membandingkan persentase jumlah data *out of control* dari kedua diagram kontrol tersebut. Persentase jumlah data *out of control* diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah data out of control}}{\text{Total data (n)}} \times 100\%$$

Perbandingan persentase jumlah data *out of control* dari data cacat pada produk etiket rokok ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan Persentase Jumlah Data *Out Of Control*

Diagram Kontrol	Jumlah Data <i>Out Of Control</i>	Persentase
EWMA	24	$\frac{24}{30} \times 100\% = 80,00\%$
DOB	26	$\frac{26}{30} \times 100\% = 86,67\%$

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat bahwa pengendalian kualitas produk etiket rokok dengan menggunakan diagram kontrol EWMA menghasilkan jumlah data *out of control* sebanyak 24 data, sedangkan penerapan diagram kontrol DOB menghasilkan jumlah data *out of control* sebanyak 26 data. Kemampuan diagram kontrol EWMA cenderung kurang sensitif dalam mendeteksi data *out of control* daripada diagram kontrol DOB karena diagram kontrol EWMA menghasilkan data *out of control* yang lebih sedikit. Dengan demikian, penerapan diagram kontrol DOB dapat dikatakan lebih tepat dalam proses pengendalian kualitas produk etiket rokok pada PT. Gudang Garam Direktorat Grafika.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

Pada bab ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan. Kemudian diberikan pula saran-saran, baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian mendatang.

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk titik plot Q_i pada saat awal-awal pengamatan, batas kendali dari diagram kontrol EWMA sebagai berikut:

$$BKA = Q_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda(1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}}$$

$$BKB = Q_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda(1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}}$$

Namun setelah diagram kontrol EWMA berjalan pada periode waktu tertentu, batas kendali akan menuju nilai konstan, yaitu menjadi

$$BKA = Q_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}}$$

$$BKB = Q_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}}$$

2. Berdasarkan analisis *fishbone diagram*, dapat diketahui faktor penyebab cacat pada produk etiket rokok, yaitu berasal dari kecerobohan operator, kurangnya pengawasan dari operator, kerusakan pada *phrase roll*, kerusakan pada *roll amini*, silinder tipis, silinder tidak *balance*, kerusakan pada *roll*

fountain, kertas tebal sebelah, kertas bintik-bintik, tinta bintik-bintik, tinta tidak standar, tinta terlalu kental, suara bising di ruangan, dan suhu ruangan yang panas.

3. Pengendalian kualitas dengan diagram kontrol EWMA dan diagram kontrol DOB menunjukkan bahwa produk etiket rokok PT. Gudang Garam Direktorat Grafika belum terkendali secara statistik.
4. Diagram kontrol DOB memberikan kinerja lebih baik, karena mampu mendeteksi jumlah data *out of control* lebih sensitif sebesar 6,67% dibandingkan diagram kontrol EWMA.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis data, pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, saran dari Tugas Akhir untuk perusahaan sebaiknya PT. Gudang Garam Direktorat Grafika menggunakan alat bantu statistik, yaitu diagram kontrol DOB untuk mengetahui kualitas pada etiket rokok.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vargas, V., Lopes, L. dan Souza, A. (2004). "Comparative Study of The Performance of The CUSUM and EWMA Control Charts". **Computers and Industrial Engineering**, **46**, 707-724.
- [2] Braimah O.J., dkk. (2014). "On The Use Of Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Chart In Monitoring Road Traffic Crashes". **International Journal of Mathematics and Statistics Invention (IJMSI)**, Vol. 2 Issue 5, pp. 01-09.
- [3] Nezhad, M.S.F. (2013). "Application of Decision on Beliefs for Fault Detection in Uni-variate Statistical Process Control". **International Journal of Industrial Engineering & Production Research Vol. 24**, No. 4.
- [4] Haryono, D. (2010). "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cup 240 ml dengan Metode *C-Chart* pada PT. Dzakya Tirta Utama Karangpandan". Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [5] Hidayah, N. (2010). "Kajian Perbandingan Kinerja Grafik Pengendali *Cumulative Sum* (CUSUM) dan *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-rata Proses". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Septi, L. (2016). "Analisis Pengendalian Kualitas Alat Meter Air dengan Menggunakan Diagram Kontrol DOB (*Decision On Belief*) pada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya". Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Montgomery, D.C. (1990). "Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik". Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

- [8] Montgomery, D.C. (2009). "Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition". New York: Wiley.
- [9] Evans, J.R. dan Lindsay W.M. (2007). "An Introduction to Six Sigma & Process Improvement". Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- [10] Knapp, D. (2010). "The ITSM Process Design Guide: Developing, Reengineering, and Improving IT Service Management". U.S.A.: J. Ross Publishing.
- [11] Mitra, A. (2008). "Fundamentals of Quality Control and Improvement 3rd Edition". Alabama: Auburn.
- [12] Massey, F.J. (1951). "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit". **Journal of the American Statistical Association**, Vol. 46, No. 253, pp. 68-78.
- [13] Martono, K., Eryanto R. dan Noor F.S. (2007). "Matematika dan Kecakapan Hidup Jilid 12B". Jakarta: Ganeca Exact.
- [14] Sahoo, P. (2013). "Probability And Mathematical Statistics". Louisville: University of Louisville.
- [15] Nezhad, M.S.F. dan Niaki, S.T.A. (2010). "A New Monitoring Design for Uni-variate Statistical Quality Control Charts". **Information Science**, 180, 1051-1059.
- [16] Antonius, B.W., Romlan dan Sujinarto. (2008). "Teknik Grafika dan Industri Grafika". Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

LAMPIRAN A

Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311

LAMPIRAN A LANJUTAN

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,29
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

Pendekatan

n	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$
200	0,076	0,086	0,096	0,107	0,115

LAMPIRAN B

Data Cacat Produk Etiket Rokok Bulan Januari – September 2016

Sub Grup (<i>i</i>)	Bagian Jenis Cacat (C_m)						Jumlah Cacat (x_i)
	<i>Printing</i>	<i>Cutting</i>	<i>Creasing</i>	<i>Embossing</i>	<i>Paper</i>	<i>Ink</i>	
1	12	15	0	0	0	0	27
2	146	145	0	0	8	0	299
3	150	134	0	0	13	0	297
4	17	4	0	0	4	0	25
5	114	48	0	0	7	0	169
6	150	63	0	0	5	0	218
7	186	346	0	1	48	0	581
8	19	43	0	0	0	0	62
9	58	96	1	16	11	0	182
10	105	63	1	15	14	0	198
11	189	197	3	32	65	1	487
12	55	56	0	14	22	0	147
13	21	28	1	5	17	0	72
14	193	256	6	47	48	1	551
15	145	186	13	33	35	0	412
16	160	99	3	24	9	0	295
17	109	16	4	15	4	0	148
18	37	8	0	7	3	0	55
19	130	11	1	25	6	0	173
20	15	1	1	6	0	0	23
21	87	21	2	24	5	0	139
22	77	18	3	24	9	1	132
23	130	11	1	15	8	0	165
24	183	29	10	43	4	0	269

LAMPIRAN B LANJUTAN

Sub Grup (<i>i</i>)	Bagian Jenis Cacat (C_m)						Jumlah Cacat (x_i)
	<i>Printing</i>	<i>Cutting</i>	<i>Creasing</i>	<i>Embossing</i>	<i>Paper</i>	<i>Ink</i>	
25	172	77	2	25	11	3	290
26	112	9	3	28	5	1	158
27	181	82	2	49	19	0	333
28	105	39	2	30	6	0	182
29	230	172	7	49	7	2	467
30	114	106	4	26	3	0	253
Total	3402	2379	70	553	396	9	6809

LAMPIRAN C

Statistik Uji

No	x_i	Z	$F_0(x)$	$S_n(x)$	$ S_n(x) - F_0(x) $
1	23	-1,3373	0,0906	0,0333	0,0573
2	25	-1,3242	0,0927	0,0667	0,0260
3	27	-1,3111	0,0949	0,1000	0,0051
4	55	-1,1275	0,1298	0,1333	0,0035
5	62	-1,0816	0,1397	0,1667	0,0270
6	72	-1,0161	0,1548	0,2000	0,0452
7	132	-0,6227	0,2668	0,2333	0,0334
8	139	-0,5768	0,2821	0,2667	0,0154
9	147	-0,5243	0,3000	0,3000	0,0000
10	148	-0,5178	0,3023	0,3333	0,0310
11	158	-0,4522	0,3256	0,3667	0,0411
12	165	-0,4063	0,3423	0,4000	0,0577
13	169	-0,3801	0,3519	0,4333	0,0814
14	173	-0,3538	0,3617	0,4667	0,1050
15	182	-0,2948	0,3841	0,5000	0,1159
16	182	-0,2984		0,5333	0,1492
17	198	-0,1899	0,4247	0,5667	0,1420
18	218	-0,0588	0,4766	0,6000	0,1234
19	253	0,1707	0,5678	0,6333	0,0655
20	269	0,2756	0,6086	0,6667	0,0581
21	290	0,4133	0,6603	0,7000	0,0397
22	295	0,4461	0,6722	0,7333	0,0611
23	297	0,4592	0,6769	0,7667	0,0898
24	299	0,4723	0,6816	0,8000	0,1184
25	333	0,6952	0,7565	0,8333	0,0768
26	412	1,2132	0,8875	0,8667	0,0208

LAMPIRAN C LANJUTAN

No	x_i	Z	$F_0(x)$	$S_n(x)$	$ F_0(x) - S_n(x) $
27	467	1,5738	0,9422	0,9000	0,0422
28	487	1,7049	0,9559	0,9333	0,0226
29	551	2,1246	0,9832	0,9667	0,0165
30	581	2,3213	0,9899	1,0000	0,0101

LAMPIRAN D

Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) dari Diagram Kontrol EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*)

Titik Plot	x_i	Q_i	BKA	BKB
1	27	206,9700000	231,2073647	222,7259687
2	299	216,1730000	232,6719423	221,2613910
3	297	224,2557000	233,6261830	220,3071504
4	25	204,3301300	234,3087602	219,6245732
5	169	200,7971170	234,8182686	219,1150648
6	218	202,5174053	235,2079116	218,7254217
7	581	240,3656648	235,5105063	218,4228271
8	62	222,5290983	235,7479677	218,1853656
9	182	218,4761885	235,9357040	217,9976294
10	198	216,4285696	236,0849373	217,8483960
11	487	243,4857127	236,2040492	217,7292841
12	147	233,8371414	236,2994155	217,6339178
13	72	217,6534273	236,3759537	217,5573797
14	551	250,9880845	236,4374962	217,4958371
15	412	267,0892761	236,4870540	217,4462793
16	295	269,8803485	236,5270075	217,4063258
17	148	257,6923136	236,5592479	217,3740854
18	55	237,4230823	236,5852834	217,3480500
19	173	230,9807740	236,6063206	217,3270128
20	23	210,1826966	236,6233271	217,3100062
21	139	203,0644270	236,6370805	217,2962529
22	132	195,9579843	236,6482064	217,2851270

LAMPIRAN D LANJUTAN

Titik Plot	x_i	Q_i	BKA	BKB
23	165	192,8621858	236,6572090	217,2761244
24	269	200,4759673	236,6644950	217,2688384
25	290	209,4283705	236,6703926	217,2629407
26	158	204,2855335	236,6751671	217,2581662
27	333	217,1569801	236,6790327	217,2543006
28	182	213,6412821	236,6821627	217,2511706
29	467	238,9771539	236,6846973	217,2486361
30	253	240,3794385	236,6867498	217,2465836

LAMPIRAN E

**Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB)
dari Diagram Kontrol DOB (*Decision On Belief*)**

Titik Plot	x_i	$B(O_i)$	BKA	BKB
1	27	0,5	0,81757447620	0,22681884513
2	299	0,00000172650	0,89295819854	0,20760260996
3	297	0,00020552966	0,93073766522	0,19843467843
4	25	0,02098510599	0,95257412682	0,19327618600
5	169	0,00000003241	0,96623890347	0,19010033541
6	218	0,00000000069	0,97525883892	0,18802597105
7	581	0,00000000038	0,98145119583	0,18661197749
8	62	0,85882609940	0,98583396412	0,18561615562
9	182	0,00010713214	0,98901305737	0,18489639509
10	198	0,00000541997	0,99136634748	0,18436499119
11	487	0,00000079273	0,99313845320	0,18396560713
12	147	0,96109811682	0,99449266796	0,18366085620
13	72	0,10914197623	0,99554084521	0,18342524433
14	551	0,00000418969	0,99636130947	0,18324098191
15	412	0,99989042361	0,99700996305	0,18309540692
16	295	0,99999999949	0,99752737684	0,18297934996
17	148	1	0,99794343286	0,18288606916
18	55	0,99999999895	0,99828043182	0,18281054021
19	173	0,99990480179	0,99855521426	0,18274897329
20	23	0,99659183379	0,99878063377	0,18269847849
21	139	0,00038701094	0,99896659642	0,18265683034
22	132	0,00000112909	0,99912080446	0,18262229953
23	165	0,00000000207	0,99924929536	0,18259353127

LAMPIRAN E LANJUTAN

Titik Plot	x_i	$B(O_i)$	BKA	BKB
24	269	0,00000000003	0,99935683715	0,18256945608
25	290	0,00000000055	0,99944722136	0,18254922383
26	158	0,00000003611	0,99952348240	0,18253215437
27	333	0,00000000037	0,99958806322	0,18251770025
28	182	0,00000042231	0,99964294155	0,18250541839
29	467	0,00000002136	0,99968972685	0,18249494827
30	253	0,15008812298	0,99972973529	0,18248599512

BIODATA PENULIS



Fauzia Yulianti atau biasa dipanggil Fauzia terlahir di Sidoarjo, 2 April 1995. Penulis merupakan anak keempat dari pasangan Bachrus Samsi (Alm.) dan Rodiyah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Sudimoro, SMP Negeri 1 Tulangan dan SMA Negeri 4 Sidoarjo. Melalui jalur SNMPTN Undangan, penulis diterima di Jurusan S1 Matematika, FMIPA ITS Surabaya pada tahun 2013. Di jurusan Matematika, penulis mengambil bidang minat Riset Operasi dan Pengolahan Data.

Semasa kuliah, penulis juga aktif berorganisasi dan kegiatan kemahasiswaan, diantaranya aktif sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HIMATIKA ITS periode 2014/2015, sebagai Tim Konseptor Olimpiade Matematika ITS (OMITS) 2015 dan sebagai Koordinator *Steering Committee* OMITS 2016. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) pra-Tingkat Dasar (pra-TD), LKMM TD, dan LKMM Tingkat Menengah (TM).

Informasi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat ditunjukkan ke penulis melalui email: fauziayulianti95@gmail.com.