



**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KERTAS  
KORAN DI PT. ADIPRIMA SURAPRINTA  
MENGUNAKAN DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

**NAFILAH FARADIBA  
NRP 062114 4000 0104**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Drs. Agus Suharsono M.S  
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si, M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**





**TUGAS AKHIR - SS141501**

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KERTAS  
KORAN DI PT. ADIPRIMA SURAPRINTA  
MENGUNAKAN DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

**NAFILAH FARADIBA  
NRP 062114 4000 0104**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Drs. Agus Suharsono M.S  
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si, M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**





**FINAL PROJECT - SS 141501**

**QUALITY CONTROL OF NEWSPRINT PAPER  
PRODUCT IN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA USING  
MULTIVARIATE CONTROL CHART**

**NAFILAH FARADIBA  
SN 062114 4000 0104**

**Supervisors**

**Dr. Drs. Agus Suharsono M.S**

**Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si, M.Sc**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KERTAS KORAN DI PT. ADIPRIMA SURAPRINTA MENGGUNAKAN DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nafilah Faradiba**

NRP. 062114 4000 0104

Disetujui oleh Pembimbing:

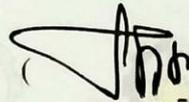
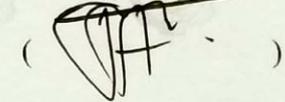
**Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S**

NIP. 19580823 198403 1 003

**Ni Luh Putu Satyaning Pradnya**

**Paramita, S.Si, M.Sc**

NIP. 1991201712036

()  
()

Mengetahui,  
Kepala Departemen



**Dr. Suhartono**

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KERTAS KORAN DI PT. ADIPRIMA SURAPRINTA MENGGUNAKAN DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT

Nama Mahasiswa : Nafilah Faradiba  
NRP : 062114 4000 0104  
Departemen : Statistika-FMKSD-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Drs. Agus Suharsono M.S  
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya  
Paramita, S.Si, M.Sc

## Abstrak

*PT. Adiprima Suraprinta merupakan anak perusahaan dari Jawa Pos Group yang bergerak dibidang produksi kertas. Salah satu produk kertas yang paling banyak diproduksi yaitu jenis kertas koran 45 gsm. Pada penelitian ini, analisis pengendalian kualitas dilakukan menggunakan data pada bulan Januari - Maret 2017. Karena kedua karakteristik kualitas kertas koran yaitu opacity dan brightness saling berhubungan, maka pada penelitian ini digunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) dengan pengamatan individual untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses. Sementara itu, pengendalian rata-rata proses produksi dilakukan dengan menggunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA). Hasil yang didapatkan yaitu variabilitas proses produksi pada fase I maupun fase II terkendali secara statistik dengan pembobot optimum  $\omega=0.2$  dan  $\lambda=0.4$ , namun rata-rata proses pada fase I maupun fase II belum terkendali secara statistik dengan pembobot optimum  $\lambda=0.9$ . Kapabilitas proses dihitung menggunakan indeks MPpk menunjukkan proses tidak kapabel. Nilai indeks MPpk pada fase I sebesar 0.875 dan pada fase II sebesar 0.92, nilai ini menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses tidak baik.*

**Kata Kunci : Brightness, Kapabilitas, Kertas Koran, MEWMA, MEWMV, Opacity**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# QUALITY CONTROL OF NEWSPRINT PAPER PRODUCT IN PT. ADIPRIMA SURAPRINTA USING MULTIVARIATE CONTROL CHART

**Name** : Nafilah Faradiba  
**Student Number** : 062114 4000 0104  
**Department** : Statistics  
**Supervisors** : Dr. Drs. Agus Suharsono M.S  
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya  
Paramita, S.Si, M.Sc

## **Abstract**

*PT. Adiprima Suraprinta is a Jawa Pos Group's company for paper production. One of the main paper product produced is newsprint paper 45 gsm. In this research, the analysis of quality control is performed based on data during the period of January – March 2017. Since two quality characteristics i.e. brightness and opacity are significantly correlated, the analysis is undertaken using Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) control charts with individual observations to detect changes in process variability. Meanwhile, the monitoring of mean production process using Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) control chart. The result shows that the variability of production process in phase I and II is statistically controlled with the optimum weight  $\omega = 0.2$  and  $\lambda = 0.4$ . However, the mean process in phase I and phase II is not statistically controlled with optimum weight  $\lambda = 0.9$ . The process capability using MPpk index showing the process is not capable. MPpk value in phase I is 0.875 and in phase II is 0.92, the value indicates that the precision and accuracy of the process is not good.*

**Keywords:** *Brightness, Capability, Newsprint, MEWMA, MEWMV, Opacity*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengendalian Kualitas Produk Kertas Koran di PT. Adiprima Suraprinta Menggunakan Diagram Kendali Multivariat”** dengan baik dan lancar. Penulis menyadari bahwa pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua, kakak dan keluarga yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan, penyemangat, pengorbanan serta doa untuk keberhasilan studi penulis.
2. Bapak Dr. Suhartono selaku Kepala Departemen Statistika Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
3. Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan memberikan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc. selaku dosen co. pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan bantuan berupa saran, dan juga memberikan informasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Diaz Fitra Aksioma, M. Si dan Bapak Haryono, M.SIE selaku dosen penguji yang telah memberi masukan kepada penulis.
6. Bapak Dr. Sutikno, M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana yang telah memberikan fasilitas, sarana, dan prasarana.

7. Bapak Muhaimin selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing penulis selama melakukan penelitian di PT. Adiprima Suraprinta.
8. Bapak Hardi selaku Staff Senior HRD PT. Adiprima Suraprinta yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. Adiprima Suraprinta.
9. Para dosen pengajar dan staff Departemen Statistika FMKSD ITS yang memberikan bekal ilmu selama masa perkuliahan.
10. Sahabat-sahabat penulis, Dina Fitriasari, Ramadhani Etika, Dwi Retno Puspitasari, Nisa Andini, Rizky Nanda Ghifari, Linda Wulansari, Vidya Sukma, Eka Aullya, Fatchi Rihadatul, Rizky Cahyani, Ria Retna dan Achmad Nuruddin yang selama ini telah membantu, mendukung, dan mendengarkan keluh kesah penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
11. Teman-teman Statistika ITS angkatan 2014, Respect, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama ini.
12. Semua pihak yang turut membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, besar harapan bagi penulis untuk dapat menerima saran dan kritik yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Analisis Multivariat .....	7
2.1.1 Uji Independensi .....	7
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat .....	8
2.1.3 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially</i> <i>Weighted Moving Variance</i> (MEWMV) .....	9
2.1.4 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially</i> <i>Weighted Moving Average</i> (MEWMA) .....	16
2.2 Diagram Ishikawa .....	17
2.3 Analisis Kapabilitas Proses .....	17
2.4 Proses Produksi Kertas .....	18

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1 Sumber Data .....	23
3.2 Variabel Penelitian .....	23
3.3 Struktur Data .....	24
3.4 Langkah Penelitian .....	24
3.5 Diagram Alir .....	25
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	29
4.1 Deskripsi Kualitas Produk Kertas Koran .....	29
4.2 Uji Independensi antar Variabel .....	30
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat .....	30
4.4 Pengendalian Variabilitas dan Rata-Rata Proses Produksi Kertas Koran.....	31
4.4.1 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Kertas Koran Fase Satu .....	31
4.4.2 Pengendalian Rata-Rata Proses Produksi Kertas Koran Fase Satu .....	38
4.4.3 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Kertas Koran Fase Dua .....	46
4.4.4 Pengendalian Rata-Ratas Proses Produksi Kertas Koran Fase Dua .....	47
4.5 Kapabilitas Proses Variabel <i>Brightness</i> dan <i>Opacity</i>	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	53
<b>LAMPIRAN</b> .....	55
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	70

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b>	Contoh Diagram Ishikawa ..... 17
<b>Gambar 2.2</b>	Diagram Alir Proses Produksi Kertas ..... 22
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian ..... 27
<b>Gambar 4.1</b>	Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$ ..... 32
<b>Gambar 4.2</b>	Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.2$ ..... 33
<b>Gambar 4.3</b>	Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.3$ ..... 34
<b>Gambar 4.4</b>	Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0.4$ dan $\lambda=0.4$ ..... 35
<b>Gambar 4.5</b>	Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.4$ ..... 36
<b>Gambar 4.6</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.1$ ... 39
<b>Gambar 4.7</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.2$ ... 40
<b>Gambar 4.8</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.3$ ... 41
<b>Gambar 4.9</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.4$ ... 42
<b>Gambar 4.10</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.9$ ... 42
<b>Gambar 4.11</b>	Diagram Ishikawa Proses Produksi Kertas Koran ..... 44
<b>Gambar 4.12</b>	Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.9$ Setelah Perbaikan ..... 46
<b>Gambar 4.13</b>	Diagram Kendali MEWMV Fase Dua dengan $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.4$ ..... 47
<b>Gambar 4.14</b>	Diagram Kendali MEWMA Fase Dua dengan $\lambda=0.9$ ..... 48

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Batas Spesifikasi Masing-Masing Karakteristik Kualitas .....	23
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Penelitian .....	24
<b>Tabel 4.1</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas .....	29
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Perhitungan Nilai $ \max \text{tr}(V_n) - \text{BKA} $ untuk MEWMV .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Selisih antara Titik Pengamatan Maksimum dan BKA .....	43
<b>Tabel 4.4</b> Kapabilitas Proses Secara Univariat .....	49

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A</b>	Data Proses Produksi Kertas Koran 45 gsm . 55
<b>Lampiran B</b>	Pengujian Independensi ..... 56
<b>Lampiran C</b>	Pemeriksaan Asumsi Normal Multivariat .... 56
<b>Lampiran D</b>	Tabel Nilai L ..... 57
<b>Lampiran E</b>	Program Diagram Kendali MEWMV ..... 58
<b>Lampiran F</b>	Diagram Kendali MEWMV untuk Masing- Masing Pembobot ..... 60
<b>Lampiran G</b>	Diagram Kendali MEWMA untuk Pembobot 0.5-0.8 ..... 63
<b>Lampiran H</b>	Nilai-Nilai Data Pengamatan Diagram Kendali MEWMA Fase Satu Setelah Perbaikan ..... 65
<b>Lampiran I</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Brightness</i> Fase Satu ..... 66
<b>Lampiran J</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Brightness</i> Fase Dua..... 66
<b>Lampiran K</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Opacity</i> Fase Satu ..... 67
<b>Lampiran L</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Opacity</i> Fase Dua..... 67
<b>Lampiran M</b>	Surat Izin Pengambilan Data ..... 68
<b>Lampiran N</b>	Surat Izin Publikasi..... 69

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri *pulp* dan kertas merupakan salah satu industri yang memegang peranan penting bagi perekonomian Indonesia. Menurut Endarwati dalam surat kabar *online* Sindonews tanggal 30 Januari 2017, hingga September 2016, peranan industri *pulp* dan kertas dalam perolehan devisa sebesar USD 3,79 miliar atau menduduki peringkat ke-7 sebagai penyumbang devisa terbesar dari sektor non migas. Industri *pulp* dan kertas juga menyerap lebih kurang 260.000 tenaga kerja langsung dan 1,1 juta tenaga kerja tidak langsung. Posisi industri *pulp* dan kertas nasional cukup terkemuka di dunia internasional. Saat ini Indonesia menempati peringkat ke-9 sebagai produsen *pulp* terbesar di dunia, sedangkan industri kertasnya menduduki peringkat ke- 6.

Menurut Kasumaningrum dalam surat kabar *online* pikiran rakyat tanggal 17 November 2016, saat ini konsumsi kertas di dunia sebanyak 394 juta ton dan diperkirakan akan meningkat menjadi 490 juta ton pada 2020. Sementara di dalam negeri konsumsi kertas per kapita masih sangat jauh dari rata-rata konsumsi negara lainnya sehingga masih sangat potensial untuk berkembang. Walaupun ada peningkatan penggunaan media *online*, pada kenyataannya tidak akan menghambat perkembangan industri *pulp* dan kertas karena penduduk dunia diproyeksikan menjadi 9 miliar orang pada tahun 2050 dan hampir 60%-70% berada di Asia yang diprediksi masih menggunakan kertas untuk berbagai keperluan.

Seiring dengan semakin berkembang pesatnya industri kertas, tentunya persaingan bisnis antara perusahaan-perusahaan sangat ketat. Setiap perusahaan bersaing untuk menarik perhatian konsumen agar menggunakan produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. Kualitas produk merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam menarik perhatian konsumen.

Kualitas adalah suatu kondisi dari sebuah barang berdasarkan pada penilaian atas kesesuaiannya dengan standar ukur yang telah ditetapkan. Sehingga kualitas barang ditentukan oleh tolak ukur penilaian, semakin sesuai dengan standar yang ditetapkan dinilai semakin berkualitas (Handoko, 2000).

PT. Adiprima Suraprinta merupakan anak perusahaan dari Jawa Pos *Group* yang bergerak dibidang produksi kertas dan telah memperoleh ISO 9001:2008 yang merupakan sertifikasi manufaktur kertas yang menggunakan pendekatan sistem manajemen mutu. Hasil produksi dari PT. Adiprima Suraprinta hingga saat ini digunakan untuk Jawa Pos dan anak perusahaannya, media cetak koran selain Jawa Pos, dan untuk diekspor. Untuk memenuhi kebutuhan kertas saat ini, produsen kertas dituntut untuk menciptakan inovasi dan teknologi yang bersaing sehingga dihasilkan suatu produk kertas yang berkualitas. Menghasilkan produk yang berkualitas seringkali membutuhkan biaya yang besar, oleh karena itu PT. Adiprima Suraprinta berusaha menekan biaya dengan mengolah kertas bekas (*waste paper*) menjadi produk kertas yang berkualitas baik. Kertas bekas yang digunakan meliputi *Over Issued News Print* (OINP) merupakan kertas koran yang telah selesai dicetak yang berkualitas *reject* sehingga tidak dipasarkan ke konsumen, *Old News Print* (ONP) merupakan kertas koran yang murni berasal dari koran bekas yang di dapat dari koran-koran edisi lama yang dibuang oleh masyarakat kemudian dijual ke PT. Adiprima Suraprinta, *Sorted White Ledger* (SWL) merupakan kertas yang berasal dari kertas HVS bekas dan sisa kantor seperti kertas buku tulis, buku-buku cetak dan lain-lain, *Sorted Office Paper* (SOP) merupakan kertas yang berupa majalah tetapi masih mengandung SWL, dan *Old Magazine* (OMG) yang merupakan majalah bekas.

Proses produksi kertas di PT. Adiprima Suraprinta melalui dua proses yaitu unit *Stock Preparation* dan unit *Paper Machine*. Sebelum dilakukan pengolahan bahan baku (*waste paper*) pada unit *stock preparation* dan unit *paper machine*, dilakukan proses pensortiran terlebih dahulu. Pada unit *stock preparation* bertujuan

untuk mengolah bahan baku kertas bekas (*waste paper*) menjadi bubur kertas (*pulp*), sementara itu, unit *paper machine* bertujuan untuk mengolah bubur kertas (*pulp*) menjadi lembaran kertas atau *web*.

Sebagai salah satu perusahaan industri kertas, sudah menjadi tuntutan yang mutlak bagi PT. Adiprima Suraprinta agar dapat mempertahankan kualitas atau produk yang bermutu sesuai tuntutan kebutuhan konsumen. Terdapat beberapa variabel yang menjadi tolak ukur dari baik tidaknya kualitas kertas yang diproduksi di PT. Adiprima Suraprinta sehingga harus memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Variabel tersebut yaitu *basis weight*, *thickness*, *moisture*, *cobb size*, *brightness*, *opacity*, *roughness*, *porosity* dan *colour*. Baik buruknya kualitas kertas di perusahaan ini hanya ditentukan dari variabel kualitas kertas yang sesuai dengan spesifikasi tanpa adanya pengendalian kualitas secara statistik. Pengendalian kualitas adalah kegiatan memastikan apakah kebijakan dalam hal kualitas (standar) dapat tercermin dalam hasil akhir, atau dengan kata lain usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang-barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pimpinan (Assauri, 2004). Pengendalian kualitas secara statistik sangat diperlukan untuk membantu perusahaan mengetahui kapabilitas proses produksi kertas. Pengendalian kualitas secara statistik yaitu sebuah proses yang digunakan untuk menjaga standar, mengukur, dan melakukan tindakan perbaikan terhadap produk atau jasa yang diproduksi (Heizer & Render, 2006). Disamping itu, produk yang memenuhi batas spesifikasi tidak selalu menggambarkan suatu proses berjalan baik karena variansi antar produk belum tentu kecil (Novitasari, 2016).

Produk kertas yang paling banyak diproduksi oleh PT. Adiprima Suraprinta yaitu jenis kertas koran 45 gsm. Dua karakteristik kualitas yaitu *opacity* dan *brightness* saling memiliki hubungan. Sehubungan dengan adanya dua variabel yang saling berhubungan tersebut maka pada penelitian kali ini

digunakan diagram kendali multivariat. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) merupakan diagram kendali multivariat dengan pengamatan individual untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses. Selain pengendalian pada variabilitas proses, pengendalian rata-rata proses produksi juga merupakan suatu hal yang penting untuk dilakukan. *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) merupakan salah satu diagram kendali multivariat yang dapat secara efektif mendeteksi perubahan rata-rata proses (Lowry, et al, 1992). Selain itu diagram kendali ini *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat (Montgomery, 2009).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Moses L. Singgih dan Renanda (2008) melakukan penelitian tentang kualitas produk kertas dengan menggunakan pendekatan *six sigma* di pabrik kertas Y. Didapatkan hasil bahwa proses produksi belum mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan penyebab yang paling berpengaruh terhadap penyimpangan warna adalah faktor manusia, selanjutnya dari faktor *machine*, *method* dan *material*. Selain itu penelitian sebelumnya dilakukan oleh Devi Novitasari (2016) melakukan penelitian tentang kualitas produk pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk Unit Gedangan untuk data multivariat. Didapatkan hasil bahwa baik pada fase satu maupun fase dua, variabilitas proses produksi terkendali secara statistik sedangkan rata-rata proses produksi pakan ternak tipe G 11 S Crumble tidak terkendali secara statistik. Pembobot optimum untuk diagram MEWMV adalah  $\omega = 0.3$  dan  $\lambda = 0.4$ , sedangkan MEWMA dengan  $\lambda = 0.4$ . Hasil perhitungan kapabilitas proses menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses pada fase satu maupun fase dua tidak kapabel.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap pengendalian kualitas terhadap produk kertas koran 45 gsm secara multivariat menggunakan diagram kendali *Multivariate*

*Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dan diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Selama ini pengendalian kualitas kertas di PT. Adiprima Suraprinta hanya dilihat secara deskriptif yaitu dengan melihat hasil pengukuran variabel kualitas kertas terhadap batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan tanpa menerapkan penggunaan metode statistik. Hal tersebut menyebabkan perusahaan tidak dapat mengetahui baik buruknya kemampuan proses produksi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengendalian kualitas secara statistik dengan diagram kendali MEWMV dan MEWMA dengan pembobot optimal untuk memonitoring variabilitas dan *mean* proses serta dilakukan penilaian kebaikan proses dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai pembobot optimal dari masing-masing diagram kendali untuk mengendalikan proses produksi yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui kapabilitas proses produksi kertas koran 45 gsm.

## **1.4 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dan rekomendasi bagi perusahaan untuk melakukan pengendalian kualitas secara statistik guna mendeteksi adanya pergeseran proses, sehingga dapat digunakan sebagai evaluasi perbaikan kualitas produk kertas pada PT. Adiprima Suraprinta.

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Produk kertas yang digunakan adalah produk kertas koran 45 gsm yang diproduksi di PT. Adiprima Suraprinta.
2. Terdapat 9 variabel utama kualitas kertas yaitu *basis weight*, *thickness*, *moisture*, *cobb size*, *brightness*, *opacity*, *roughness*, *porosity* dan *colour* namun yang digunakan dalam penelitian ini hanya dua variabel yaitu *brightness* dan *opacity* karena dua variabel tersebut saling berhubungan dan berkaitan dengan proses percetakan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan analisis statistika pada data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling berhubungan (Johnson & Wichern, 2007). Dalam analisis multivariat ada dua asumsi yang harus terpenuhi, yaitu adanya korelasi antar variabel dan data mengikuti distribusi normal multivariat. Dalam penelitian ini, analisa multivariat digunakan dalam pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan diagram kendali multivariat. Namun tidak semua diagram kendali harus memenuhi asumsi distribusi normal multivariat, seperti diagram kendali MEWMA yang *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat (Montgomery, 2009).

##### 2.1.1 Uji Independensi

Variabel  $X_1, X_2, \dots, X_p$  dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel ini dapat dilakukan uji *Bartlett* berikut (Morrison, 1990).

Hipotesis :

$H_0 : \rho = \mathbf{I}$  (variabel saling independen)

$H_1 : \rho \neq \mathbf{I}$  (variabel saling dependen)

Statistik uji :

$$X_{hitung}^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

Keterangan :

$n$  = jumlah observasi

$p$  = jumlah variabel

$\mathbf{R}$  = matrik korelasi dari masing-masing variabel

$|\mathbf{R}|$  = determinan matrik korelasi

Sehingga keputusan gagal tolak  $H_0$  yang berarti antar variabel bersifat saling bebas atau tidak ada korelasi jika nilai  $X^2_{hitung} \leq X^2_{(\alpha, \frac{1}{2}p(p-1))}$ . Matrik korelasi  $\mathbf{R}$  diberikan oleh (Walpole R. E., 1995).

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & \dots & r_{2p} \\ \dots & \ddots & \dots \\ r_{p1} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$r_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ih} - \bar{x}_h)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}}$$

Dimana :

$r_{jh}$  = nilai korelasi antara variabel ke- $j$  dan variabel ke- $h$

$i$  = sampel variabel ke- $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )

$n$  = jumlah observasi

$x_{ij}$  = sampel variabel ke- $i$  dan variabel ke- $j$  ( $j=1,2,\dots,p$ )

$x_{ih}$  = sampel variabel ke- $i$  sampai variabel ke- $h$  ( $h=1,2,\dots,p$ )

$\bar{x}_h$  = rata-rata sampel variabel ke- $h$  ( $h=1,2,\dots,p$ )

$\bar{x}_j$  = rata-rata sampel variabel ke- $j$  ( $j=1,2,\dots,p$ )

$\mathbf{R}$  = matriks korelasi dari masing-masing variabel

### 2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan distribusi yang dibentuk dari perluasan distribusi normal univariat untuk data multivariat. Pengujian distribusi normal multivariat dilakukan untuk menguji dugaan bahwa distribusi data yang akan dianalisis telah berdistribusi normal multivariat. Variabel random  $x_1, x_2, \dots, x_p$  dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan *probability density function* sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)' \Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (2.3)$$

Untuk pengujian normal multivariat menggunakan pengujian *saphiro-wilk* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : F(x) = F_{W^*}(x)$  (Data berdistribusi normal multivariat)

$H_1 : F(x) \neq F_{W^*}(x)$  (Data tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik Uji :

$$W = \frac{\left( \sum_{p=1}^n a_p \mathbf{X}_p \right)^2}{\sum_{p=1}^n (\mathbf{X}_p - \bar{x})^2} \quad (2.4)$$

dengan nilai  $a_p$  adalah sebagai berikut.

$$a_p = \frac{\mathbf{M}^T \mathbf{V}^{-1}}{\left( \mathbf{M}^T \mathbf{V}^{-1} \mathbf{V}^{-1} \mathbf{M} \right)^{1/2}} \quad (2.5)$$

Dimana:

$\mathbf{M}^T$  = vektor nilai harapan normal standar statistik terurut

$\mathbf{V}$  = matriks varian kovarians  $n \times n$

$\mathbf{X}_p$  = vektor amatan acak terurut

Nilai maksimum dari  $W$  adalah 1 dan apabila  $p$ -value kurang dari  $\alpha$  maka data tidak mengikuti distribusi normal multivariat (Shapiro & Wilk, 1965).

### 2.1.3 Diagram Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

Diagram kendali MEWMV digunakan untuk memonitor variabilitas proses tanpa adanya asumsi terjadi perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung. Diagram ini dapat mendeteksi terjadinya perubahan variabilitas proses secara sensitif tanpa dipengaruhi oleh perubahan rata-rata proses. Diagram kendali MEWMV dibentuk dari persamaan berikut.

$$V_n = \omega(x_n - y_n)(x_n - y_n)^T + (1 - \omega)V_{n-1} \quad (2.6)$$

dimana  $\omega$  merupakan nilai pembobot bernilai  $0 < \omega < 1$  dan  $V_0 = (x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T$ . Estimasi dari  $y_n$  untuk perubahan rata-rata proses pada waktu ke  $n$  dapat dilihat pada persamaan berikut (Lowry et al, 1992).

$$y_n = \lambda x_n + (1 - \lambda) y_{n-1} \quad (2.7)$$

dengan  $y_0 = 0$  dan  $0 < \lambda < 1$ .

Untuk mendeteksi terjadinya perubahan dalam matriks kovarian harus didefinisikan :

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \text{ dengan } \mathbf{x}_n = \begin{bmatrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \vdots \\ x_{np} \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

dimana  $p$  adalah banyaknya karakteristik kualitas dan  $n$  banyaknya pengamatan yang dilakukan. Untuk mengetahui perubahan dalam matriks kovarians maka harus didefinisikan suatu matriks  $\mathbf{C}$ . Matriks  $\mathbf{C}$  merupakan matriks diagonal berukuran  $n \times n$  dengan  $\omega$  sebagai elemennya dimana  $\omega$  adalah *smoothing constant*. Matriks ini menunjukkan suatu nilai pembobot dari  $\mathbf{V}_n$  yang dapat dituliskan :

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} (1-\omega)^{n-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega(1-\omega)^{n-2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & \omega(1-\omega) & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \omega \end{bmatrix}$$

Untuk masing-masing nilai  $n$ , persamaan (2.6) dapat dijabarkan sebagai berikut.

Untuk  $n = 1$ ,

$$V_1 = \omega(x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T + (1 - \omega)V_0$$

Untuk  $n = 2$ ,

$$V_2 = \omega(x_2 - y_2)(x_2 - y_2)^T + \omega(1 - \omega)(x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T + (1 - \omega)^2 V_0$$

Untuk  $n = 3$ ,

$$V_3 = \omega(x_3 - y_3)(x_3 - y_3)^T + \omega(1 - \omega)(x_2 - y_2) + \\ \omega(1 - \omega)^2 (x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T + (1 - \omega)^2 V_0$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Dengan demikian secara umum persamaan (2.6) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_n = \sum_{i=1}^n \omega(1 - \omega)^{n-i} (x_i - y_i)(x_i - y_i)^T + (1 - \omega)^n V_0 \quad (2.9)$$

Persamaan (2.7) juga memiliki penjabaran yang serupa dengan persamaan (2.6). Ketika masing-masing nilai  $n$  dimasukkan ke dalam persamaan (2.7) maka akan didapatkan nilai  $y_n$  sebagai berikut.

Untuk  $n = 1$ ,

$$y_1 = \lambda x_1$$

Untuk  $n = 2$ ,

$$y_2 = \lambda x_2 + \lambda(1 - \lambda)x_1$$

Untuk  $n = 3$ ,

$$y_3 = \lambda x_3 + \lambda(1 - \lambda)x_2 + \lambda(1 - \lambda)^2 x_1$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Secara umum, persamaan (2.7) dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$y_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1-\lambda)^{n-i} x_i \quad (2.10)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.10) ke dalam  $x_i - y_i$  maka dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} x_i - y_i &= x_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} x_j \\ &= (1-\lambda)x_i - \lambda(1-\lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1} x_1 ; \quad (2.11) \\ &i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Jika persamaan (2.11) dituliskan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} (\mathbf{x} - \mathbf{y}) &= \begin{bmatrix} (x_1 - y_1)^T \\ (x_2 - y_2)^T \\ \vdots \\ (x_n - y_n)^T \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1-\lambda)x_1 \\ (1-\lambda)x_2 - \lambda(1-\lambda)x_1 \\ \vdots \\ (1-\lambda)x_i - \lambda(1-\lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1}x_1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \\
&= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \tag{2.12}
\end{aligned}$$

$\mathbf{I}_n$  merupakan matrik identitas berukuran  $n \times n$  yang dapat dituliskan,

$$\mathbf{I}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dengan  $\mathbf{M}$  adalah matrik segitiga bawah berukuran  $n \times n$  dengan  $\lambda$  sebagai elemennya, dimana  $\lambda$  adalah pembobot yang telah ditetapkan.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & \dots & 0 \\ \lambda(1-\lambda) & \lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & \lambda(1-\lambda) & \lambda \end{bmatrix}$$

Persamaan (2.9) dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})^T \mathbf{C}(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \tag{2.13}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.12) ke dalam persamaan (2.13) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned}
\mathbf{V}_n &= \mathbf{X}^T (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \\
&= \mathbf{X}^T \mathbf{Q}\mathbf{X} \tag{2.14}
\end{aligned}$$

dimana  $\mathbf{Q}$  adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran  $n \times n$

$$\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C} (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})$$

$$= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix}; 1 \leq i, j \leq n$$

Dari persamaan (2.14) dapat dicari nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T) \end{aligned} \quad (2.15)$$

dengan,

$$\begin{aligned} \mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pn} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{1k} & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{nk} \\ \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{2k} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{nk} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{nk} x_{nk} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui,

$$\text{tr}(\mathbf{V}_n) = \sum_{j=1}^n q_{1j} \left( \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{jk} \right) + \sum_{j=1}^n q_{2j} \left( \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{jk} \right) + \cdots + \sum_{j=1}^n q_{nj} \left( \sum_{k=1}^p x_{nk} x_{jk} \right)$$

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right)$$

Pada saat  $p = 1$  maka persamaan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  akan menjadi persamaan EWMV. Saat proses dalam keadaan terkendali dapat ditunjukkan dari nilai  $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ .

$$\begin{aligned} E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \sum_{i=1}^n q_{ii} E \left( \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n q_{ij} E \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\ &= p \sum_{i=1}^n q_{ii} \\ &= p \text{tr}(\mathbf{Q}) \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan batas kendali dari  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  harus didapatkan nilai  $\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$  terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} \text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \text{Var} \left[ \sum_{i=1}^n q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 \text{Var} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij}^2 \text{Var} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\ &= 2p \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 + 4p \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij}^2 \\ &= 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2 \end{aligned} \tag{2.16}$$

Persamaan (2.16) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap  $n$  dan batas diagram berdasarkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yaitu

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L \sqrt{\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]} = p \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2} \tag{2.17}$$

dimana  $L$  merupakan konstanta yang bergantung pada  $p$  (banyaknya karakteristik kualitas) dan nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai batas diagram MEWMV dilakukan melalui simulasi Monte Carlo dengan *Average Run Length* ( $ARL_0$ ) 370 (Huwang et al, 2007).

#### 2.1.4 Diagram Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Diagram kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan *mean* proses. Kelebihannya adalah *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat, sehingga ketika data tidak memenuhi asumsi normal maka diagram kendali ini masih bisa digunakan. Diagram kendali MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA yang didefinisikan sebagai berikut (Lowry et al, 1992).

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.18)$$

dimana  $\mathbf{X}_i$  merupakan vektor rata-rata sampel,  $\lambda$  adalah pembobot yang bernilai  $0 < \lambda \leq 1$  dan  $\mathbf{Z}_0 = \mathbf{0}$ . Apabila menggunakan nilai  $\lambda = 1$  maka diagram kendali MEWMA sama dengan diagram kendali  $T^2$  (*chi-square*). Pada diagram kendali MEWMA dapat digunakan nilai pembobot yang sama atau tidak untuk masing-masing karakteristik kualitas. Apabila tidak ada alasan pemilihan pembobot yang berbeda untuk masing-masing karakteristik kualitas maka pembobot  $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = \lambda$ . Titik pengamatan yang diplotkan di diagram kendali adalah sebagai berikut.

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^T \left[ \sum \mathbf{z}_i \right]^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.19)$$

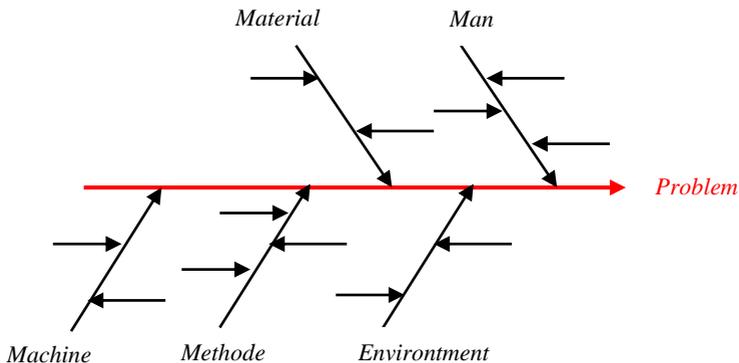
Data dikatakan *out of control* ketika nilai  $T_i^2$  lebih besar dari  $h_4$ . Nilai  $h_4$  merupakan batas kendali atas, didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Matriks kovarian dari  $\mathbf{Z}_i$  adalah :

$$\sum \mathbf{z}_i = \frac{\lambda}{2-\lambda} \left[ 1 - (1-\lambda)^{2i} \right] \Sigma \quad (2.20)$$

dimana, matriks kovarian  $\Sigma$  analog dengan varians pada data univariat EWMA (Montgomery, 2009).

## 2.2 Diagram Ishikawa

Diagram ishikawa atau yang biasa disebut sebagai diagram tulang ikan atau diagram sebab-akibat merupakan diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber penyebab atau akar dari permasalahan yang terjadi dalam proses. Penyebab dari masalah yang terjadi sering diakibatkan oleh lima elemen yaitu, *Man*, *Methode*, *Machine*, *Material*, dan *Environment* (Montgomery, 2009). Berikut adalah contoh dari diagram ishikawa yang disebabkan oleh lima elemen tersebut.



**Gambar 2.1** Contoh Diagram Ishikawa

## 2.3 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Indeks kapabilitas yang disarankan oleh *Automotive Industry Action Group* (AIAG) untuk proses dalam keadaan *in control* adalah  $C_p$  dan  $C_{pk}$ , sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan *in control*, digunakan indeks *performance process*  $P_p$  dan  $P_{pk}$

(Montgomery, 2009). Perhitungan indeks  $P_p$  dan  $P_{pk}$  untuk data univariat adalah sebagai berikut.

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6s} \quad (2.21)$$

$$P_{pu} = \frac{BSA - \bar{x}}{3s} \quad (2.22)$$

$$P_{pl} = \frac{\bar{x} - BSB}{3s} \quad (2.23)$$

$$P_{pk} = \min\{P_{pu}, P_{pl}\} \quad (2.24)$$

Keterangan :

$BSA$  = batas spesifikasi atas

$BSB$  = batas spesifikasi bawah

Dalam penelitian ini, digunakan dua karakteristik kualitas, maka indeks *performance process* secara multivariat cocok digunakan terutama dengan mempertimbangkan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Raissi, 2009).

$$MP_p = \sum_{k=1}^P W_k P_p(X_k) \quad (2.25)$$

$$MP_{pk} = \sum_{k=1}^P W_k P_{pk}(X_k) \quad (2.26)$$

Dimana  $MP_p$ ,  $MP_{pk}$  berturut-turut merupakan bentuk  $P_p$ ,  $P_{pk}$  dalam keadaan multivariat dengan  $W_k$  merupakan pembobot

berdasarkan kepentingan dengan  $\sum_{k=1}^P W_k = 1$ . Nilai  $W_k$  disesuaikan

dengan pembobot karakteristik kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan. Jika tidak ada pembobotan untuk masing-masing karakteristik kualitas maka nilai pembobot dianggap sama.

## 2.4 Proses Produksi Kertas

Berikut ini merupakan proses produksi kertas dengan bahan baku *waste paper* di Departemen Paper Mill I PT.

Adiprima Suraprinta yang meliputi unit *Stock Preparation* dan unit *Paper Machine*. Sebelum dilakukan pengolahan bahan baku (*waste paper*) pada unit *Stock Preparation* dan unit *Paper Machine*, dilakukan proses pensortiran. Pensortiran merupakan proses pemisahan bahan baku dari bahan-bahan yang mengganggu proses produksi seperti kawat, plastik, kaleng, kardus, tali-tali, majalah yang mengandung lem dan kotoran lainnya. Setelah dilakukan pensortiran, bahan baku ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

**a. Unit *Stock Preparation***

Pada unit *Stock Preparation* terdiri dari: *Repulping*, *Cleaning* dan *Screening*, *Deinking*, *Thickening*, *Dispersion*, dan *Bleaching*.

1. *Repulping*

*Repulping* adalah proses penghancuran dan pemasakan bahan baku. Proses *repulping* berlangsung pada mesin *Hydro Pulper*. *Repulping* merupakan kombinasi proses mekanik dan kimia karena terjadi proses pengolahan serat bahan baku kertas (*waste paper*) sehingga menjadi bubur kertas (*pulp*) sekaligus proses pemisahan kontaminan dengan menambahkan air dan *chemical agent*.

2. *Cleaning* dan *Screening*

Pemisahan bubur kertas dari kotoran seperti tali, staples, pasir, kerikil, benang, lem dan lain-lain yang masih ikut dalam proses.

3. *Deinking*

Proses menghilangkan tinta

4. *Thickening*

penambahan *natrium hidrosulfit* yang berfungsi sebagai *bleaching agent* dan *decolourisasi* serta memisahkan partikel-partikel tinta, lem dan lilin yang masih ikut dalam proses.

5. *Dispersion*

Mendispersikan dan memperkecil partikel-partikel tinta dengan adanya aksi mekanik dan panas dari *steam*. Terjadi proses pengurangan *specs* (gumpalan), perbaikan serat, serta penghapusan *stickies* (kotoran).

6. *Bleaching*

Proses *bleaching* digunakan hanya diperlukan bila diinginkan *brightness* (derajat putih) yang tinggi. Proses *bleaching* biasanya dilakukan dengan menambahkan langsung *bleaching agent* (bahan pemutih).

**b. Unit Paper Machine**

Proses pembuatan kertas dari bubur kertas dijelaskan melalui beberapa proses sebagai berikut:

1. *Wire Part*

*Wire part* ini berfungsi untuk mengurangi kadar air dari bubur kertas dengan menggunakan vakum dan gravitasi.

2. *Press Part*

Setelah berbentuk lembaran atau *web* basah, pengeluaran air selanjutnya dilakukan dengan cara mekanik, yaitu dengan melewati lembaran basah pada rol-rol dengan cara dipres. *Press part* ini berfungsi untuk memperkecil kandungan air yang ada di *web* dan untuk semakin melekatkan ikatan-ikatan antar partikel. *Web* ini kemudian masuk ke bagian pengeringan.

3. *Dryer*

Pada *dryer* dilakukan proses penguapan air dari *web* yang telah dicetak. Pada bagian ini ditambahkan *steam* sehingga air dapat menguap. *Dryer Section* berfungsi mengeringkan lembaran kertas (*web*) yaitu dengan melewati *web* pada beberapa silinder panas yang berputar yang dilengkapi dengan kanvas untuk menopang kertas yang dikeringkan. Beberapa silinder tersebut dipanaskan dengan menggunakan *steam*.

4. *Callender*

*Callender* merupakan mesin yang memiliki 2 buah *roll* yang disusun horizontal. Pada *callender* terdapat *hard roll* dan *soft roll*. Lembaran kertas dilewatkan ke *callender* yang berfungsi untuk melicinkan kertas dan meratakan kertas dengan cara melewatkan kertas di celah-celah antara *hard roll* dan *soft roll*. Dengan adanya penekanan antar *roll* maka diperoleh kertas dengan permukaan yang rata. Pada tahapan ini dilakukan *quality control* pada produk kertas yang sudah jadi.

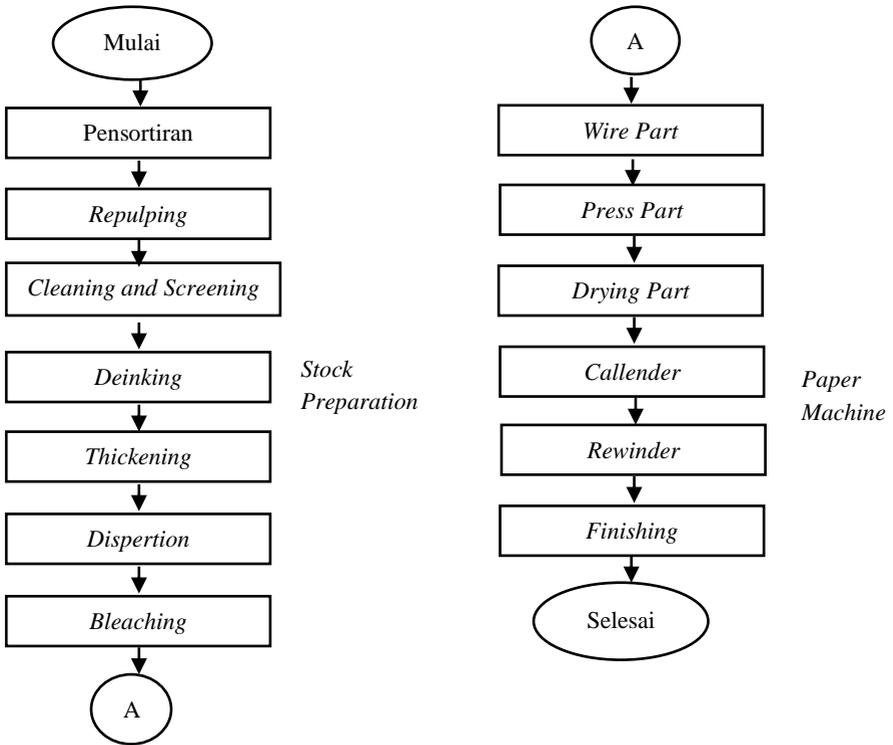
5. *Rewinder*

*Rewinder* merupakan unit pemotongan dan penggulangan. Dari *pope reel* lembaran kertas digulung kembali dan dipotong sesuai dengan pesanan. Pemotongan kertas dilakukan dengan menggunakan pisau khusus (*slitter*).

6. *Finishing*

*Finishing* yang dimaksud yaitu *covering* dan *labelling* yang dilakukan di bagian *wrapping*. Sebelum pengepakan, kertas disortir dulu untuk menentukan kualitas kertas tersebut.

Berikut ini merupakan diagram alir (*flowchart*) proses produksi kertas yang meliputi unit *Stock Preparation* dan unit *Paper Machine*. Unit *Stock Preparation* diawali dengan proses pensortiran dan diakhiri dengan proses *bleaching*, sedangkan unit *Paper Machine* diawali dengan proses *wire part* dan diakhiri dengan proses *finishing*.



**Gambar 2.2** Diagram Alir Proses Produksi Kertas

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu karakteristik kualitas produk kertas koran Newsprint 45 gsm di PT. Adiprima Suraprinta. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari departemen *quality control* pada PT. Adiprima Suraprinta. Pengambilan sampel kertas dilakukan pada setiap kali produksi kertas berlangsung yaitu per jam pada bagian unit *paper machine* setelah melalui mesin *callender* sehingga dalam sehari terdapat 24 sampel dan dalam satu hari dibagi atas 3 *shift* kerja. Sampel yang digunakan dalam diagram kendali fase satu pada tanggal 4-16 Januari 2017 dan tanggal 24-30 Januari 2017 yaitu sebanyak 480 data dan diagram kendali fase dua pada tanggal 1-3 Februari, 11-12 Februari, 24-25 Februari 2017, 2-3 Maret dan 21-23 Maret 2017 sebanyak 288 data. Selain tanggal yang telah disebutkan tersebut, perusahaan memproduksi kertas jenis lain sehingga tidak diikuti dalam pengambilan sampel.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *brightness* dan *opacity* dengan batas spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Masing-Masing Karakteristik Kulit

Variabel	Karakteristik Kualitas	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi
$X_1$	<i>Brightness</i>	Tingkat keputihan dari suatu kertas	50 - 54 %
$X_2$	<i>Opacity</i>	Daya tidak tembus cahaya/pandang atau transparansi dari suatu kertas	Min 94 %

### 3.3 Struktur Data

Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

Fase	Observasi	Karakteristik Kualitas	
		$X_1$	$X_2$
1	1	52.32	94.3
	2	51.36	95.23
	⋮	⋮	⋮
	480	52.99	95.61
2	1	51.77	95.74
	2	51.91	95.98
	⋮	⋮	⋮
	288	50.54	95.92

Keterangan:

$X_1$  = variabel *brightness*

$X_2$  = variabel *opacity*

### 3.4 Langkah Penelitian

Adapun langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan masalah dan tujuan penelitian
2. Mengambil data sekunder
3. Mendeskripsikan karakteristik masing-masing variabel dengan statistika deskriptif
4. Melakukan pengujian asumsi  
Asumsi data berdistribusi normal multivariat dan adanya korelasi antara satu karakteristik kualitas dengan karakteristik kualitas yang lain.
5. Melakukan pengendalian proses produksi yang terdiri dari dua diagram kendali yaitu pengendalian variabilitas dan rata-rata proses
  - a. Diagram kendali MEWMV digunakan untuk variabilitas proses. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut.

1. Membuat matriks  $C$  yang berukuran  $n \times n$  dimana  $\omega$  adalah diagonal utama dan merupakan nilai pembobot yang ditentukan sebelumnya.
  2. Membuat matriks  $M$  yaitu matriks segitiga bawah dengan elemen  $\lambda$ .
  3. Membuat matriks  $I_n$  merupakan matriks identitas berukuran  $n \times n$
  4. Menghitung nilai  $Q$  untuk mendapatkan  $\text{tr}(V_n)$ .
  5. Menghitung  $\text{tr}(V_n)$  sesuai dengan persamaan (2.13).
  6. Menghitung nilai  $E(\text{tr}(V_n))$  dan  $\text{Var}(\text{tr}(V_n))$  sesuai dengan persamaan (2.14).
  7. Menentukan batas kendali setiap pengamatan ke  $n$   

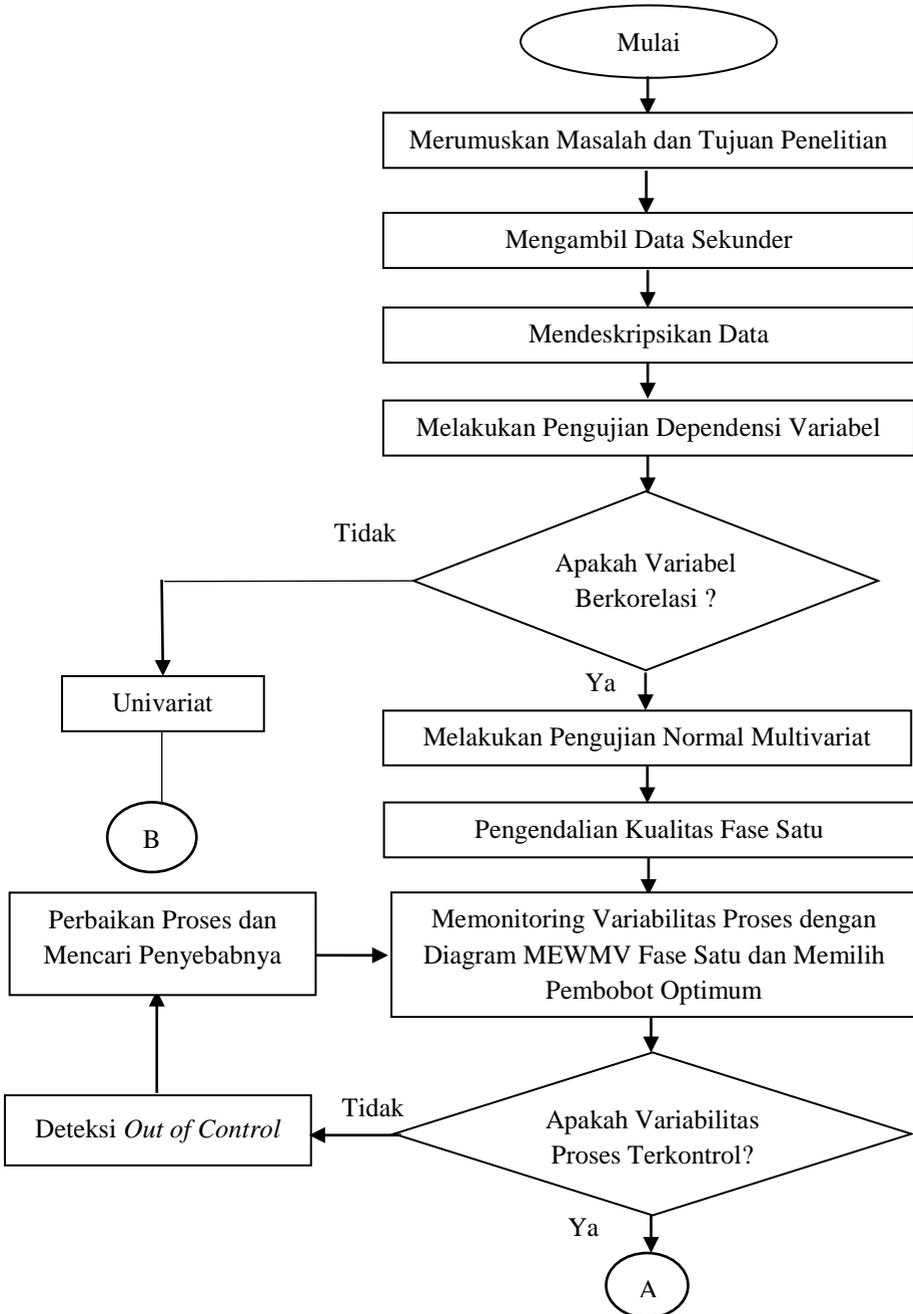
$$E[\text{tr}(V_n)] \pm L\sqrt{\text{Var}[\text{tr}(V_n)]}$$
- b. Diagram kendali MEWMA untuk pengendalian rata-rata proses.

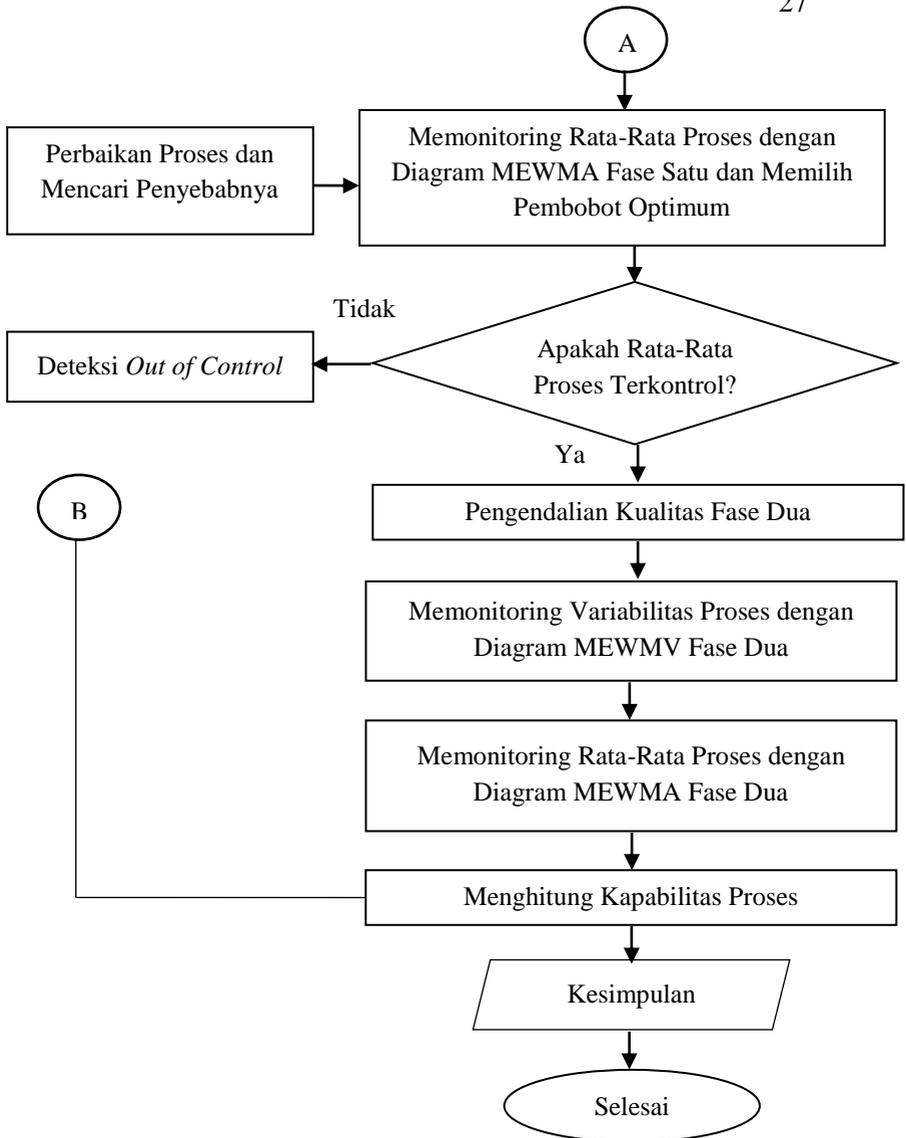
Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai pembobot  $\lambda$ ,  $0.1 \leq \lambda \leq 0.9$ , dengan  $h_4$  yang sebelumnya telah ditentukan pada diagram kendali MEWMA
  2. Menghitung matriks varian kovarian  $\Sigma$ .
  3. Menghitung vektor MEWMA  $Z_i$
  4. Menghitung statistik MEWMA yaitu  $T_i^2$
6. Melakukan pengendalian variabilitas dan rata-rata proses dengan diagram kontrol MEWMV dan MEWMA pada fase dua dengan pembobot optimal yang sudah didapatkan pada fase satu
  7. Menganalisis kapabilitas proses
  8. Membuat kesimpulan

### 3.5 Diagram Alir

Langkah-langkah penelitian dapat digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Variabel *brightness* dan *opacity* merupakan dua dari beberapa karakteristik kualitas yang menjadi tolak ukur dari baik tidaknya kualitas kertas koran yang diproduksi oleh PT. Adiprima Suraprinta. Kedua variabel tersebut saling berhubungan dan berpengaruh pada kemampuan cetak kertas koran agar mendapatkan hasil cetak yang diinginkan. Hasil produksi kertas koran sebagian besar digunakan untuk mencetak koran dan buku Lembar Kerja Siswa (LKS) sehingga dua variabel tersebut sangat penting untuk dimonitoring agar mendapatkan hasil cetak yang bermutu.

PT. Adiprima Suraprinta berusaha untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi pada proses produksi untuk menghasilkan produk kertas dengan kualitas terbaik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Namun dalam kenyataannya masih mungkin terjadi kesalahan yang disebabkan oleh beberapa faktor. Maka dari itu, perlu adanya monitoring proses produksi kertas koran untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses produksi.

#### 4.1 Deskripsi Kualitas Produk Kertas Koran

Produk kertas yang dapat dipasarkan adalah produk kertas yang telah memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan. Dua standar kualitas kertas yaitu variabel *brightness* sebesar 50 - 54 % dan *opacity*  $\geq$  94 %. Kedua variabel tersebut saling berkorelasi, dimana kenaikan *brightness* akan berpengaruh terhadap penurunan *opacity*. Untuk mengetahui gambaran umum tentang masing-masing karakteristik kualitas pada periode Januari hingga Maret 2017 maka diberikan deskripsi kualitas pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Deskripsi Karakteristik Kualitas

Variabel	<i>Mean</i>	<i>Varians</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
<i>Brightness</i> (%)	51.919	0.665	50.00	55.810
<i>Opacity</i> (%)	95.691	0.327	93.270	97.410

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa rata-rata persentase variabel *brightness* adalah 51.919%. Jika dilihat dari rata-rata persentase tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai ini masih berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Nilai minimum dari persentase variabel *brightness* sebesar 50% dimana nilai ini juga masih berada di dalam batas spesifikasi perusahaan. Sedangkan nilai maksimum sebesar 55.810%, nilai ini telah melebihi batas spesifikasi dari perusahaan yaitu 50 - 54%. Nilai varians yang didapatkan sebesar 0.665.

Nilai rata-rata dan nilai maksimum persentase variabel *opacity* masing-masing sebesar 95.691% dan 97.410% masih berada di dalam batas spesifikasi perusahaan, namun hal ini tidak berlaku untuk nilai minimum *opacity* yang bernilai 93.270%, dimana nilai ini berada dibawah standar spesifikasi perusahaan yaitu 94% dan yang didapatkan sebesar 0.327.

## 4.2 Uji Independensi antar Variabel

Uji independensi terhadap dua karakteristik kualitas yaitu variabel *brightness* dan *opacity* pada penelitian ini menggunakan uji *Bartlett* berdasarkan persamaan (2.1). Hasil uji *Bartlett* dengan tingkat signifikansi 0.05 menghasilkan nilai *chi-square* sebesar 249.647 lebih besar dari nilai *chi-square* tabel sebesar 6.63490, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua variabel tersebut saling dependen. Selain itu, dapat dilihat dari *p-value* sebesar 0.000, nilai tersebut lebih kecil dari tingkat signifikansi 0.05 sehingga dapat dikatakan bahwa kedua variabel saling berkorelasi. Hal tersebut sesuai dengan konsep bahwa terdapat hubungan antara variabel *brightness* dengan *opacity*.

## 4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan asumsi normal multivariat dilakukan untuk kedua variabel karakteristik kualitas kertas koran yaitu *brightness* dan *opacity*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data didapatkan *p-value* sebesar 0.003395 yang dapat dilihat pada Lampiran C, dimana nilai tersebut kurang dari tingkat signifikansi 5%, maka dapat disimpulkan bahwa data

karakteristik kualitas tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Pada penelitian ini, digunakan diagram kendali MEWMV dan MEWMA sehingga *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat.

#### **4.4 Pengendalian Variabilitas dan Rata-Rata Proses Produksi Kertas Koran**

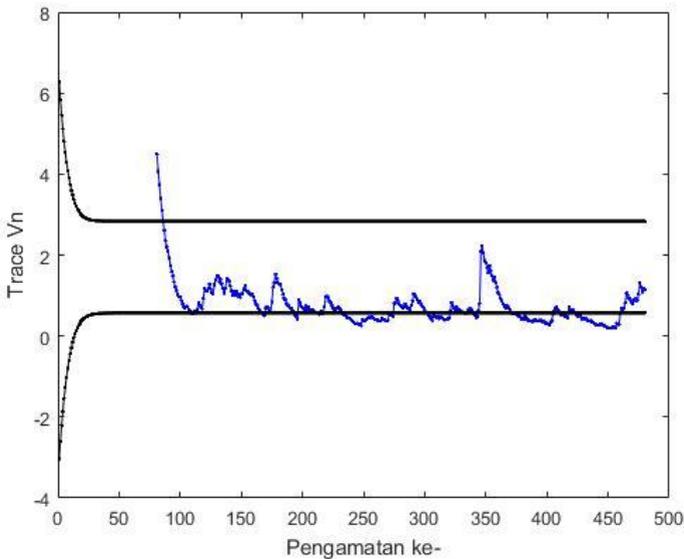
Diagram kendali MEWMV digunakan untuk melakukan monitoring variabilitas proses sedangkan untuk pengendalian rata-rata proses dilakukan dengan menggunakan diagram kendali MEWMA. Pada penelitian ini data dibagi menjadi dua fase, dimana satu bulan pertama yaitu periode Januari 2017 digunakan untuk fase pertama sebanyak 480 data dan dua bulan selanjutnya yaitu Februari hingga Maret 2017 digunakan untuk fase kedua sebanyak 288 data. Pengendalian kualitas pada fase pertama dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai pembobot yang optimal. Pembobot optimal yang didapatkan pada fase pertama tersebut kemudian digunakan untuk monitoring proses pada fase kedua.

##### **4.4.1 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Kertas Koran Fase Satu**

Pada penelitian ini digunakan nilai pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang masing-masing bernilai kurang dari 0.4, karena menurut Huwang (2007) nilai pembobot tersebut memberikan kinerja yang lebih baik untuk memonitoring variabilitas proses. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang kurang dari 0.4 yaitu 0.1, 0.2, 0.3 dan 0.4. Gambar 4.1 adalah hasil plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  untuk nilai pembobot  $\omega = 0.1$  dan  $\lambda = 0.1$ .

Gambar 4.1 menunjukkan plot dari nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  untuk masing-masing observasi yang didapatkan dari persamaan (2.14). plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  pada Gambar 4.1 bermula dari observasi ke-81, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali untuk masing-masing observasi berbeda-beda. Batas kendali dipengaruhi oleh nilai L yang tergantung pada pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang digunakan, nilai L dapat dilihat pada Lampiran D.

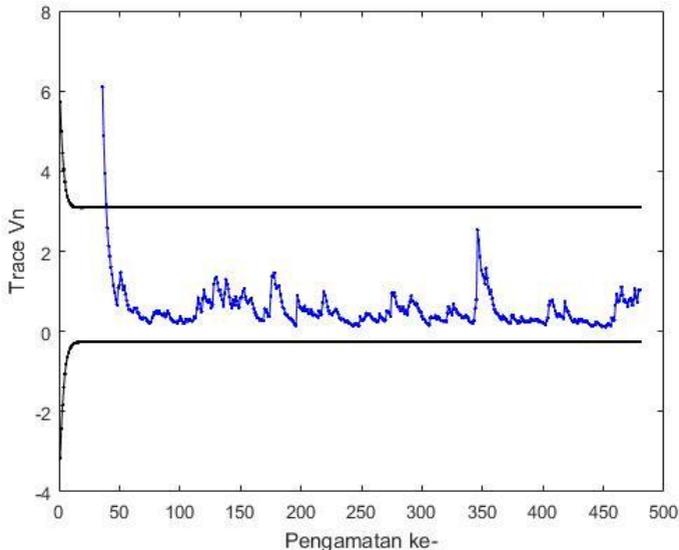
Nilai  $L$  untuk  $\omega = 0.1$  dan  $\lambda = 0.1$  sebesar 2.8725, sehingga dengan menggunakan persamaan (2.17) didapatkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 2.8383 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar 0.5722. Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 240 observasi yang keluar dari batas kendali atas dan bawah, namun penilaian proses produksi dilihat ketika proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-87. Adanya nilai pengamatan yang keluar pada awal proses masih dapat dianggap wajar karena nilai tersebut merupakan keadaan dimana mesin menstabilkan proses yang terjadi setelah digunakan untuk memproduksi kertas jenis lain. Setelah pengamatan ke-87 masih ada titik yang berada di luar batas kendali sehingga dikatakan bahwa proses tidak terkendali secara statistik.



**Gambar 4.1** Diagram Kendali MEWMAV dengan  $\omega = 0.1$  dan  $\lambda = 0.1$

Selanjutnya dilakukan pengendalian variabilitas proses produksi kertas koran menggunakan diagram kendali MEWMAV

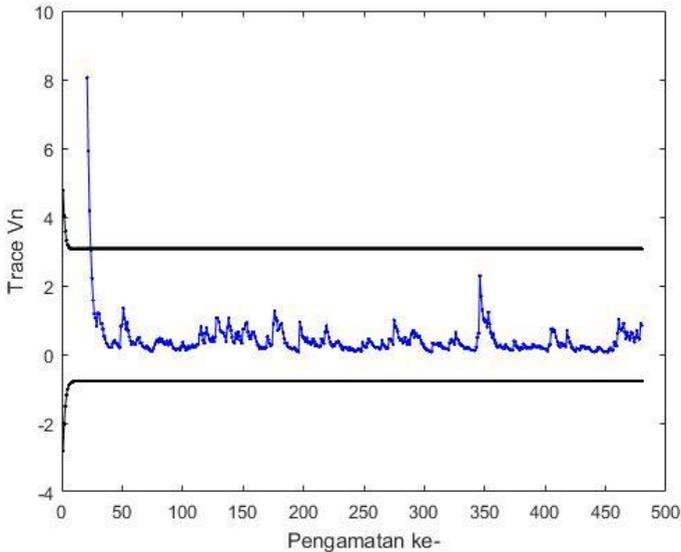
dengan pembobot  $\omega = 0.2$ ,  $\lambda = 0.2$  dan nilai L sebesar 3.4775 yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.2$

Batas kendali atas yang dihasilkan sebesar 3.0976 sedangkan batas kendali bawah sebesar -0.2532, namun BKB dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif dan nol merupakan nilai positif paling minimum. Gambar 4.2 menunjukkan plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari observasi ke-36, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Diagram kendali dengan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  sebesar 0.2 menghasilkan 39 observasi yang keluar dari batas kendali atas. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, setelah observasi ke-39 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dikatakan bahwa proses terkendali secara statistik. Pembobot ini lebih baik dari sebelumnya karena menyebabkan kestabilan proses yang lebih cepat. Plot dari  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  pada diagram kendali MEWMV yang didapatkan berdasarkan persamaan (2.14) dengan pembobot

$\omega = 0.3$ ,  $\lambda = 0.3$  dan nilai  $L$  sebesar 3.8800 disajikan pada Gambar 4.3 berikut.

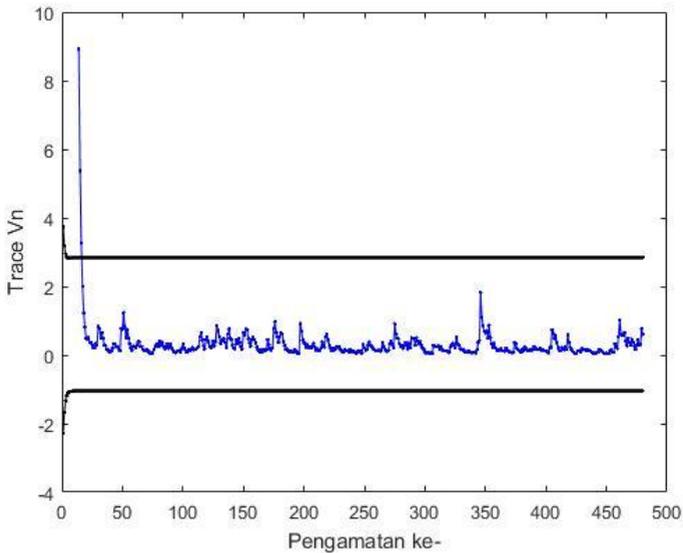


**Gambar 4.3** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0.3$  dan  $\lambda = 0.3$

Hasil pengendalian variabilitas dengan pembobot  $\omega = 0.3$  dan  $\lambda = 0.3$  menghasilkan batas kendali atas sebesar 3.0767 dan batas kendali bawah sebesar -0.7708. Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol. Banyaknya observasi yang keluar ketika menggunakan pembobot tersebut sebanyak 23 observasi. Gambar 4.3 menunjukkan plot  $tr(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari observasi ke-21, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Proses mulai stabil setelah pengamatan ke-23, setelah pengamatan ke-23 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dikatakan bahwa proses terkendali secara statistik. Pembobot ini lebih baik dari sebelumnya karena menyebabkan kestabilan proses lebih cepat.

Selain ketiga nilai pembobot yang telah diuraikan sebelumnya pengendalian kualitas juga dilakukan untuk semua

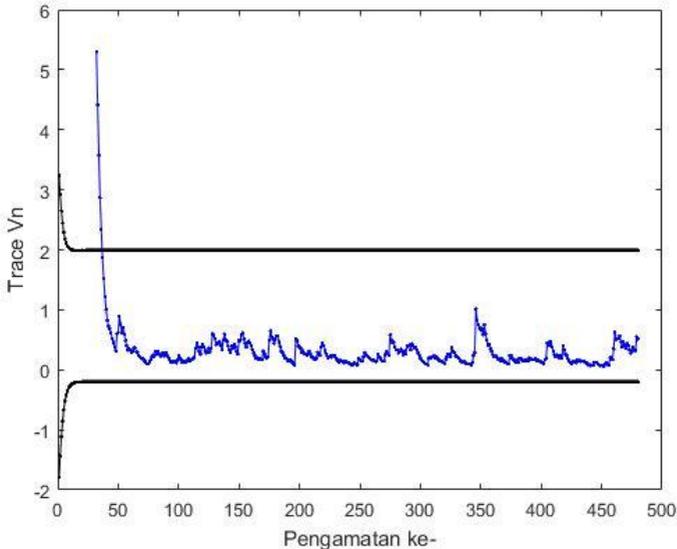
kombinasi nilai  $\omega$  dan  $\lambda \leq 0,4$ . Untuk plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  dengan nilai  $\omega = 0.4$  dan  $\lambda = 0.4$  dapat dilihat pada Gambar 4.4 sedangkan diagram kendali MEWMV untuk pembobot yang tidak disajikan dalam subbab ini dapat dilihat pada Lampiran F.



**Gambar 4.4** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0.4$  dan  $\lambda = 0.4$

Pada pengendalian variabilitas dengan pembobot ini mengakibatkan adanya 16 observasi yang keluar dari batas kendali atas. Plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari observasi ke-14 disajikan pada Gambar 4.4, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali atas sebesar 2.8412 dan batas kendali bawah sebesar -1.0412. Nilai batas kendali bawah tersebut dianggap bernilai nol. Proses mulai stabil setelah pengamatan ke-16, dengan demikian baik buruknya proses dapat dilihat mulai observasi ke-17. Setelah observasi ke-16 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dikatakan bahwa proses terkendali secara statistik. Variabilitas proses produksi kertas koran dengan pembobot ini lebih baik dibandingkan

dengan pembobot sebelumnya karena menyebabkan kestabilan proses lebih cepat.



**Gambar 4.5** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$

Kombinasi dari nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  yang juga digunakan dalam diagram kendali MEWMV adalah  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$ . Gambar 4.5 menunjukkan plot  $tr(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari observasi ke-32, lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran F. Nilai batas kendali atas yang diperoleh sebesar 1.9954 dan batas kendali bawah sebesar -0.1954 yang dianggap bernilai nol. Hasil analisis yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.5, berdasarkan nilai pembobot tersebut terdapat 36 observasi yang berada di luar batas kendali. Meskipun data yang *out of control* dari pembobot ini lebih banyak dari pembobot  $\omega = 0.4$  dan  $\lambda = 0.4$ , namun batas kendalinya lebih sempit. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, setelah observasi ke-36 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dikatakan bahwa proses terkendali secara statistik.

Selisih yang paling minimum dari  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  merupakan pembobot terbaik untuk mendeteksi adanya data *out of control* yang menunjukkan eror paling kecil. Semakin kecil selisihnya, maka kemungkinan suatu titik pengamatan berada di luar batas kendali padahal tidak ada *assignable causes* akan lebih kecil, begitu pula sebaliknya. Selain itu, pemilihan pembobot juga didasarkan pada nilai batas kendali yang semakin sempit. Hal ini dikarenakan semakin sempit batas kendali, kemungkinan suatu proses yang seharusnya tidak terkendali namun diidentifikasi sebagai proses yang terkendali akan semakin kecil. Berikut adalah hasil perhitungan untuk menentukan pembobot yang paling optimum.

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  untuk MEWMV

$\omega$	$\lambda$	L	Max tr(Vn) - BKA	BKA- BKB	Proses Mulai Stabil
0.1	0.1	2.8725	9417.362	2.2661	86
0.1	0.2	2.8738	7440.72	1.9147	270
0.1	0.3	2.88	5696.658	1.5777	286
0.1	0.4	2.8838	4185.274	1.2526	298
0.2	0.1	3.4725	9416.51	3.9701	51
0.2	0.2	3.4775	7440.002	3.3508	39
0.2	0.3	3.485	5696.069	2.7569	37
<b>0.2</b>	<b>0.4</b>	<b>3.4975</b>	<b>4184.805</b>	<b>2.1908</b>	<b>36</b>
0.3	0.1	3.8675	9415.713	5.5633	43
0.3	0.2	3.8725	7439.335	4.6856	26
0.3	0.3	3.88	5695.523	3.8475	23
0.3	0.4	3.885	4184.377	3.0456	23
0.4	0.1	4.1625	9414.935	7.1189	40
0.4	0.2	4.1675	7438.686	5.9846	22
0.4	0.3	4.1788	5694.993	4.9091	17
0.4	0.4	4.1875	4183.959	3.8824	16

Pemilihan pembobot optimum disajikan pada Tabel 4.2 yang menunjukkan bahwa nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  yang paling minimum adalah 4183.959. Nilai ini didapatkan ketika  $\omega = 0.4$  dan  $\lambda = 0.4$  dengan selisih batas kendali atas dan batas kendali bawah sebesar 3.8824. Pembobot ini menghasilkan batas kendali yang tidak terlalu sempit sehingga tidak dipilih sebagai pembobot

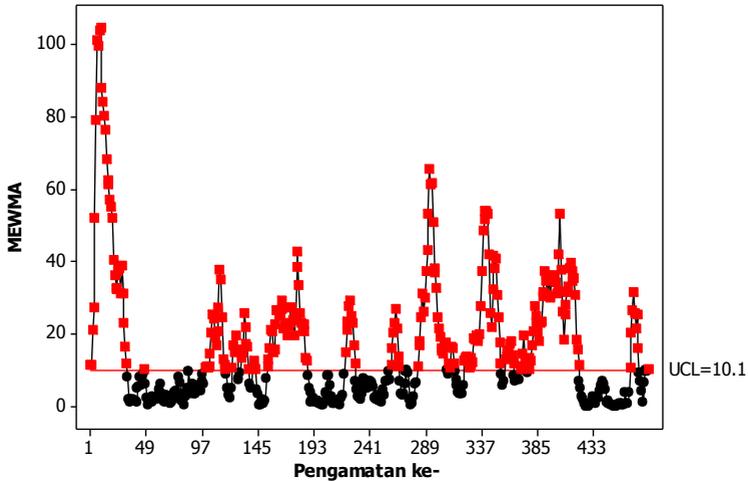
optimum. Selisih batas kendali atas dan batas kendali bawah terkecil yaitu sebesar 1.2526 yang diperoleh ketika menggunakan  $\omega = 0.1$  dan  $\lambda = 0.4$  dengan nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  sebesar 4185.274, namun pembobot ini menghasilkan kestabilan proses yang lambat yaitu mulai pengamatan ke-298 sehingga tidak dapat dipilih sebagai pembobot optimum. Untuk mendapatkan nilai pembobot yang optimum harus memenuhi kriteria selisih yang paling minimum dari  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  dan nilai batas kendali yang semakin sempit. Oleh karena itu dipilih pembobot  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$  karena menghasilkan nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  sebesar 4184.805 dan selisih batas kendali atas dan bawah sebesar 2.1908 dimana nilai tersebut merupakan nilai yang paling optimum. Sehubungan dengan hal itu, dapat disimpulkan bahwa pembobot yang paling sensitif untuk mendeteksi adanya data *out of control* dengan lebih cepat adalah pembobot  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$ .

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram kendali MEWMV dengan pembobot optimum yaitu  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$  dapat diketahui bahwa proses sudah terkendali secara statistik sehingga selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali MEWMA terhadap data yang sudah *in control* pada diagram kendali MEWMV.

#### **4.4.2 Pengendalian Rata-Rata Proses Produksi Kertas Koran Fase Satu**

Pada penelitian ini titik yang akan di plot adalah nilai yang sudah diboboti dengan pembobot yang telah ditentukan sebelumnya, biasa disimbolkan dengan  $T_i^2$  yang didapatkan dari persamaan (2.18). Pembobot disimbolkan dengan  $\lambda$ , dimana nilai pembobot yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.1 hingga 0.9 dengan jarak antar pembobot sebesar 0.1. Sama halnya dengan diagram kendali MEWMV, pembobot paling optimal yang diperoleh berdasarkan hasil analisis fase satu yaitu periode Januari 2017 akan digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses pada fase dua yaitu periode Februari hingga Maret 2017.

Percobaan pertama pada penelitian ini adalah dengan menggunakan nilai  $\lambda$  sebesar 0.1 yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.

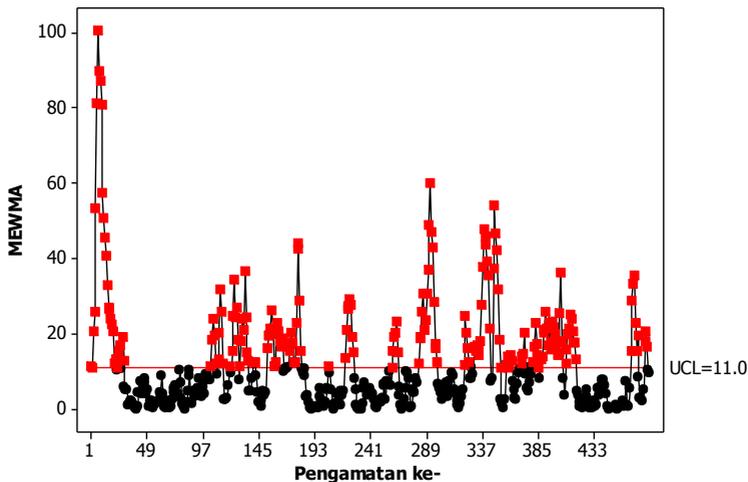


**Gambar 4.6** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0.1$

Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0.1 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) yang merupakan nilai  $h_4$  sebesar 10.1. pada Gambar 4.6 terlihat bahwa pola titik pengamatan bergerak fluktuatif, selain itu masih terdapat banyak titik  $T_i^2$  yang berada di luar batas kendali atas yaitu sebanyak 247 titik dengan nilai titik  $T_i^2$  tertinggi sebesar 104.6 yaitu pada pengamatan ke-10. sehingga rata-rata proses dapat dikatakan belum terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses dengan  $\lambda = 0.2$  sebagai pembanding pembobot sebelumnya dan didapatkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11.0. nilai tersebut lebih besar dari pembobot sebelumnya sehingga batas kendali pada diagram kendali ini lebih lebar dibanding batas kendali pada Gambar 4.6. Titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum untuk pembobot ini adalah 100.6 yaitu pada pengamatan ke-7. Dengan

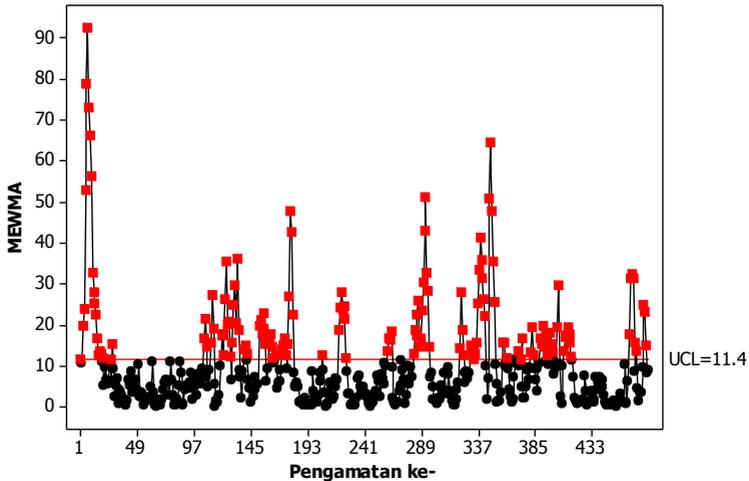
menggunakan pembobot 0.2, banyaknya titik  $T_i^2$  yang mengalami *out of control* lebih sedikit dibanding pembobot  $\lambda = 0.1$ , yaitu sebanyak 194 pengamatan. Proses yang ditunjukkan pada diagram kendali MEWMA pada Gambar 4.7 menunjukkan proses masih belum stabil dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik.



**Gambar 4.7** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0.2$

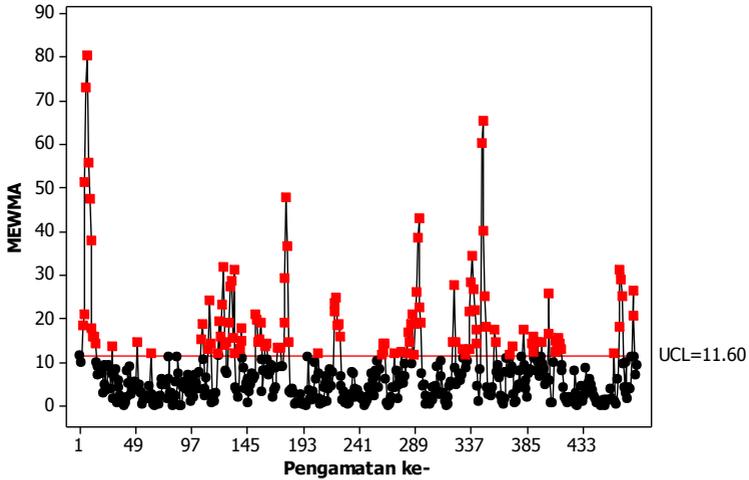
Pengendalian rata-rata proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan pembobot  $\lambda = 0.3$ . Pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA pada Gambar 4.8 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11.4. dengan menggunakan  $\lambda = 0.3$  didapatkan batas kendali atas yang lebih lebar dibandingkan batas kendali dengan  $\lambda = 0.1$  dan  $\lambda = 0.2$ . titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum untuk pembobot ini adalah 92.5 yaitu pada pengamatan ke-7. Banyaknya titik  $T_i^2$  yang mengalami *out of control* sebanyak 147. Proses yang ditunjukkan pada diagram kendali MEWMA di Gambar 4.8 menunjukkan proses belum stabil dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari

batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik.



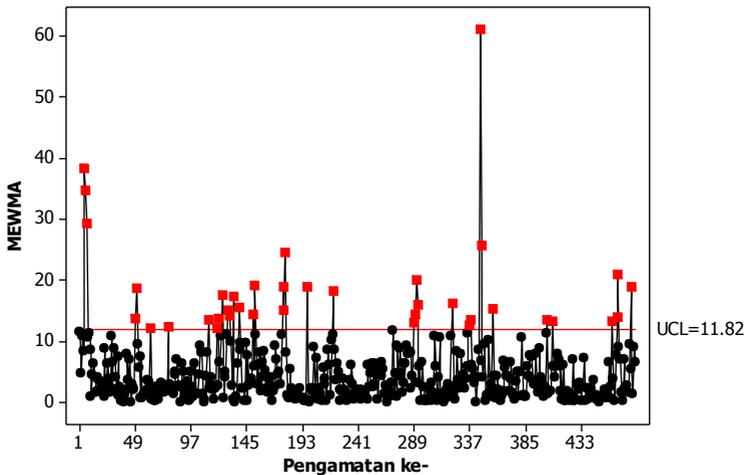
**Gambar 4.8** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0.3$

Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses dengan pembobot  $\lambda = 0.4$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Pada Gambar 4.9 dapat diketahui besarnya batas kendali atas (BKA) yaitu 11.60 dimana batas kendali ini lebih besar dibandingkan dengan batas kendali yang telah didapat dengan pembobot sebelumnya. Titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum untuk pembobot ini adalah 80.48 yaitu pada pengamatan ke-7. Banyaknya titik  $T_i^2$  yang mengalami *out of control* sebanyak 119. Proses yang ditunjukkan pada diagram kendali MEWMA di Gambar 4.9 menunjukkan proses belum stabil dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik. Pengendalian kualitas dengan nilai pembobot sebesar 0.5-0.8 dengan beda antar pembobot sebesar 0.1 dapat dilihat secara rinci pada Lampiran G.



**Gambar 4.9** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0.4$

Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot  $\lambda = 0.9$  dengan hasil berikut.



**Gambar 4.10** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0.9$

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui batas kendali atas untuk pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot  $\lambda = 0.9$  sebesar 11.82. Titik pengamatan  $T_i^2$  yang keluar dari batas kendali sebanyak 38 titik dimana titik pengamatan tertinggi untuk pembobot ini adalah 61.13 yang terjadi pada pengamatan ke-346. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses belum terkendali secara statistik.

Setelah dilakukan berbagai percobaan menggunakan pembobot 0.1-0.9 selanjutnya dilakukan pemilihan pembobot terbaik. Pemilihan pembobot terbaik diperhitungkan dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas (BKA) untuk masing-masing pembobot. Semakin minimum selisih yang didapatkan maka akan memperkecil resiko yang diperoleh oleh produsen. Pertimbangan pemilihan pembobot terbaik juga didasarkan pada lebarnya batas kendali. Semakin sempit batas kendali maka akan memperkecil resiko yang diperoleh oleh konsumen. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.3.

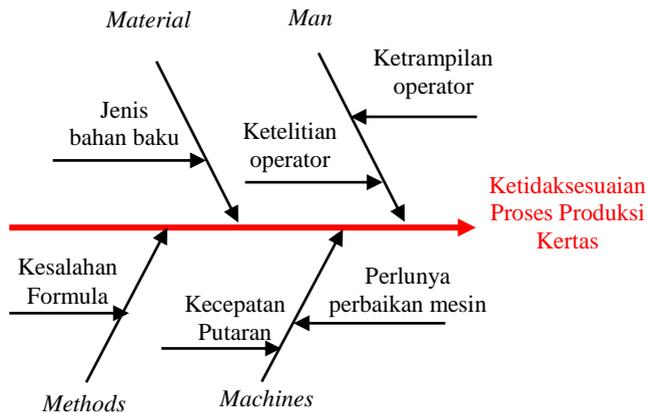
**Tabel 4.3** Selisih antara Titik Pengamatan Maksimum dan BKA

$\lambda$	BKA	Titik Maksimum	Selisih	<i>Out of control</i>
0.1	10.1	104.6	94.5	247
0.2	11	100.6	89.6	194
0.3	11.4	92.5	81.1	147
0.4	11.6	80.48	68.88	119
0.5	11.71	67.65	55.94	93
0.6	11.77	66.72	54.95	66
0.7	11.8	66.23	54.43	57
0.8	11.82	64.22	52.4	50
<b>0.9</b>	<b>11.82</b>	<b>61.13</b>	<b>49.31</b>	<b>38</b>

Berdasarkan pertimbangan dari resiko produsen dan konsumen, pembobot optimal yang dianggap paling sensitif untuk pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA adalah 0.9. Meskipun nilai batas kendali atas sebesar 11.82 yang dihasilkan oleh pembobot ini merupakan nilai batas kendali yang paling besar namun tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan nilai batas kendali pada pembobot lainnya. Selain itu, selisih

antara titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas yang menunjukkan besarnya resiko produsen merupakan selisih yang paling kecil yaitu 49.31 dengan titik yang *out of control* sebanyak 38.

Pada Gambar 4.10 diketahui bahwa masih ada data pengamatan yang keluar dari batas kendali sehingga untuk langkah selanjutnya yaitu mengeluarkan data pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka syarat utama yang harus dipenuhi adalah diketahuinya faktor penyebab suatu data pengamatan tersebut tidak terkendali. Berikut ini merupakan diagram ishikawa yang merepresentasikan faktor penyebab tidak terkendalnya suatu data pengamatan pada proses produksi kertas koran di PT. Adiprima Suraprinta.



**Gambar 4.11** Diagram Ishikawa Proses Produksi Kertas Koran

Berdasarkan *brainstorming* yang telah dilakukan dengan pihak produksi, penyebab dari proses yang tidak terkendali disebabkan oleh 4 faktor yaitu *Material*, *Man*, *Machine* dan *Methods* yang digambarkan melalui diagram ishikawa. Kesalahan terbesar adalah pada faktor material, yaitu jenis bahan baku (*waste paper*) yang beragam yang akan mempengaruhi kualitas kertas yang dihasilkan karena setiap jenis kertas memiliki jenis serat kertas yang berbeda dan tinta yang berbeda. Kertas bekas

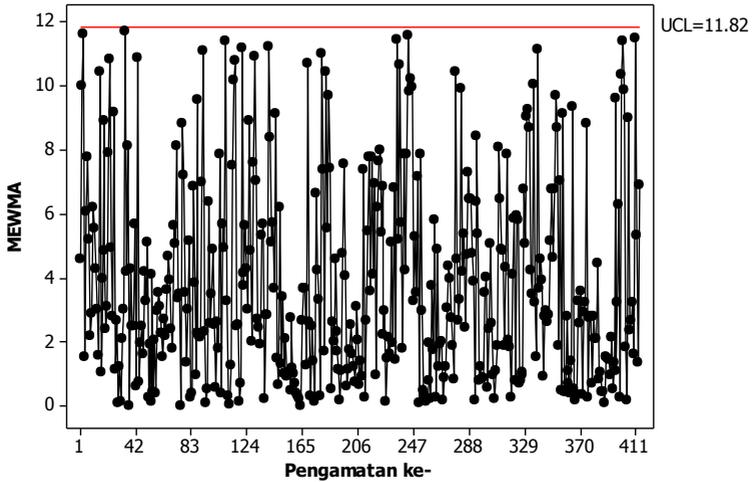
yang digunakan meliputi *Over Issued News Print* (OINP) merupakan kertas koran yang telah selesai dicetak yang berkualitas *reject* sehingga tidak dipasarkan ke konsumen, *Old News Print* (ONP) merupakan kertas koran yang murni berasal dari koran bekas yang di dapat dari koran-koran edisi lama yang dibuang oleh masyarakat kemudian dijual ke PT.Adiprima Suraprinta, *Sorted White Ledger* (SWL) merupakan kertas yang berasal dari kertas HVS bekas dan sisa kantor seperti kertas buku tulis, buku-buku cetak dan lain-lain, *Sorted Office Paper* (SOP) merupakan kertas yang berupa majalah tetapi masih mengandung SWL dan *Old Magazine* (OMG) yang merupakan majalah bekas. Selanjutnya kesalahan lainnya pada proses produksi adalah faktor mesin yaitu kecepatan putaran mesin agitator tidak sesuai sehingga menyebabkan partikel tinta masih ikut dalam proses. Oleh karena itu perlu adanya perawatan mesin secara berkala agar dapat memproduksi secara maksimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan target perusahaan.

Mesin dapat bekerja berkat adanya operator yang mengoperasikan. Ketrampilan dan ketelitian seorang operator sangat dibutuhkan untuk menunjang kebaikan kinerja mesin. Operator yang kurang teliti saat melakukan *setting* mesin bisa menyebabkan hasil akhir tidak optimal oleh karena itu diperlukan inspeksi secara intensif terhadap kerja operator. Kesalahan pemasukan formula merupakan faktor dari elemen *methode*. Kesalahan pemasukan formula bahan kimia dan air akan berdampak pada kualitas kertas yang dihasilkan.

Setelah diketahui penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan pada proses produksi kertas koran dan andaikan pihak perusahaan dapat melakukan proses perbaikan pada faktor penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan tersebut, maka selanjutnya akan dilakukan perbaikan pada diagram kendali MEWMA dengan cara mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali. Berikut ini merupakan hasil perbaikan diagram kendali MEWMA fase satu dimana nilai-nilai data pengamatan

setelah dilakukan proses perbaikan pada diagram kontrol MEWMA fase satu ditampilkan pada Lampiran H.

Dari Gambar 4.12 berikut diketahui bahwa setelah data yang *out of control* dikeluarkan terlihat bahwa sudah tidak ada lagi pengamatan yang berada di luar batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan perbaikan maka rata-rata proses pada fase satu telah terkendali secara statistik.

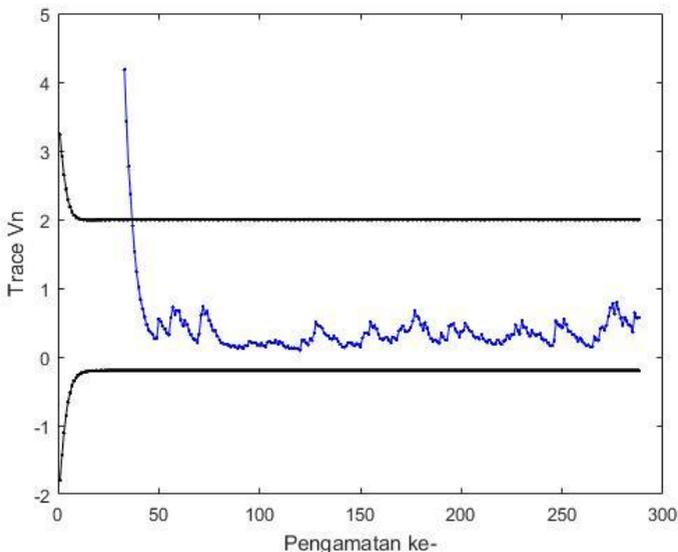


Gambar 4.12 Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,9$  Setelah Perbaikan

#### 4.4.3 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Kertas Koran Fase Dua

Berdasarkan hasil pengendalian variabilitas proses pada fase satu didapatkan hasil pembobot optimum yaitu  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$ . Pembobot paling optimum yang dihasilkan pada fase satu kemudian digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses pada fase dua yang berlangsung pada bulan Februari sampai Maret 2017 sebanyak 288 data. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbaikan yang dilakukan oleh perusahaan sehingga dianggap tidak ada pergeseran proses dari fase satu ke fase dua.

Gambar 4.13 menunjukkan pengendalian variabilitas proses untuk fase dua dengan pembobot  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$ . Plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  pada Gambar 4.13 bermula dari observasi ke-33, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali atas sebesar 1.9954 dan batas kendali bawah sebesar -0.1954. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, setelah observasi ke-36 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dikatakan bahwa proses terkendali secara statistik. Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali MEWMA terhadap data dari diagram kendali MEWMV fase dua yang sudah *in control*.

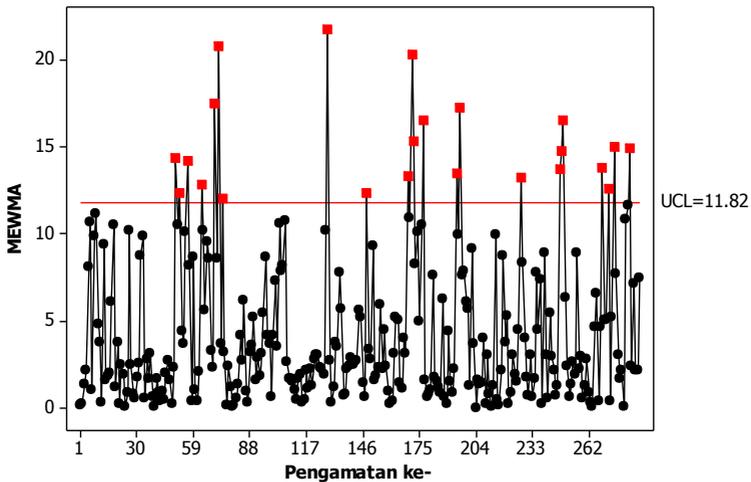


**Gambar 4.13** Diagram Kendali MEWMV Fase Dua dengan  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$

#### 4.4.4 Pengendalian Rata-Rata Proses Produksi Kertas Koran Fase Dua

Pembobot optimal yang sudah didapatkan pada pengendalian rata-rata proses fase satu yaitu  $\lambda = 0.9$  selanjutnya

akan digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses pada fase dua. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbaikan proses yang dilakukan perusahaan sehingga pergeseran proses dianggap tidak ada. Berikut adalah hasil pengendalian rata-rata proses untuk fase dua yang berlangsung pada periode Februari sampai Maret 2017 sebanyak 288 data.



**Gambar 4.14** Diagram Kendali MEWMA Fase Dua dengan  $\lambda = 0.9$

Pengendalian rata-rata proses pada fase dua menggunakan diagram kendali MEWMA yang disajikan pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik karena terdapat 23 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali. Hasil pada fase dua sama tidak baiknya dengan hasil pada fase satu, hal ini disebabkan tidak adanya perbaikan proses yang dilakukan oleh perusahaan.

#### 4.5 Kapabilitas Proses Variabel *Brightness* dan *Opacity*

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui kinerja proses secara keseluruhan yang diukur dari keseragaman produk yang dihasilkan. Suatu proses dikatakan kapabel ketika produk

yang dihasilkan berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses bagi variabel yang memiliki batas spesifikasi atas dan bawah adalah  $P_p$  dan  $P_{pk}$  sedangkan untuk variabel yang hanya memiliki satu batas spesifikasi digunakan indeks  $P_{pk}$ . Hal ini dikarenakan proses dalam kondisi tidak terkendali secara statistik. Ketika masing-masing nilai tersebut lebih besar dari satu maka dapat dikatakan bahwa proses kapabel.

Perhitungan kapabilitas dilakukan secara univariat dan multivariat. Secara univariat berarti pengukuran kapabilitas proses untuk masing-masing variabel *brightness* dan *opacity*. Sesuai dengan persamaan (2.21) dan (2.24) didapatkan hasil perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Kapabilitas Proses Secara Univariat

Fase	Variabel	$P_p$	$P_{pk}$
Satu	<i>Brightness</i>	0.85	0.82
	<i>Opacity</i>	-	0.93
Dua	<i>Brightness</i>	0.77	0.73
	<i>Opacity</i>	-	1.11

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses secara univariat untuk fase satu dengan variabel *brightness*, didapatkan nilai  $P_p$  sebesar 0.85 dan pada fase dua diperoleh nilai  $P_p$  0.77. Nilai pada fase satu dan dua ini sama-sama lebih kecil dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak memiliki presisi yang baik. Begitu pula dengan nilai  $P_{pk}$  yang didapatkan oleh variabel *brightness*, pada fase satu didapatkan nilai  $P_{pk}$  sebesar 0.82 dan pada fase dua diperoleh nilai  $P_{pk}$  sebesar 0.73, nilai ini sama-sama lebih kecil dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak memiliki akurasi yang baik. Hal ini berarti tingkat presisi dan akurasi proses belum baik. Nilai  $P_{pk}$  pada fase satu untuk variabel *opacity* yaitu sebesar 0.93, nilai tersebut lebih kecil dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak memiliki akurasi yang baik. Sedangkan nilai  $P_{pk}$  pada fase dua untuk variabel *opacity* sebesar 1.11, nilai tersebut lebih besar

dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pada fase dua memiliki presisi dan akurasi yang baik.

Selanjutnya dihitung kapabilitas proses secara multivariat untuk variabel *brightness* dan *opacity*. Perhitungan secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.25) dengan hasil sebagai berikut.

- Fase Satu

$$MP_{pk} = (0.5 \times 0.82) + (0.5 \times 0.93) = 0.875$$

- Fase Dua

$$MP_{pk} = (0.5 \times 0.73) + (0.5 \times 1.11) = 0.92$$

Berdasarkan hasil analisis secara multivariat didapatkan nilai  $MP_{pk}$  untuk fase satu dan dua berturut-turut sebesar 0.875 dan 0.92, nilai ini lebih kecil dari satu yang menandakan bahwa kinerja proses secara multivariat memiliki tingkat presisi dan akurasi proses tidak baik.

# BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa baik pada fase satu maupun fase dua, variabilitas proses produksi kertas koran terkendali secara statistik sedangkan rata-rata proses produksi tidak terkendali secara statistik. Hal ini dikarenakan pada diagram kendali MEWMA masih terdapat titik yang *out of control*. Pembobot optimum untuk diagram MEWMV adalah  $\omega = 0.2$  dan  $\lambda = 0.4$ , dan untuk MEWMA adalah  $\lambda = 0.9$ .

Hasil perhitungan kapabilitas proses pada fase satu maupun fase dua secara multivariat menunjukkan kinerja proses produksi kertas koran terhadap variabel *brightness* dan *opacity* pada fase satu maupun fase dua tidak kapabel karena nilai indeks kinerja proses  $MP_{pk}$  kurang dari satu. Nilai  $MP_{pk}$  untuk fase satu sebesar 0.875 dan untuk fase dua sebesar 0.92.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya yaitu:

1. Dalam melakukan proses produksi kertas koran, PT. Adiprima Suraprinta harus melakukan perbaikan proses karena terdapat produksi kertas koran yang tidak terkendali dalam rata-rata. Selain itu, faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian proses produksi kertas harus menjadi prioritas perbaikan sehingga proses produksi kedepannya dapat terkendali dan sesuai dengan yang diharapkan oleh PT. Adiprima Suraprinta.
2. Penerapan diagram kendali MEWMV dan MEWMA diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk pengendalian proses produksi secara statistik selain hanya memperhatikan produk yang memenuhi batas spesifikasi perusahaan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
- Endarwati, O. *Industri Pulp dan Kertas Indonesia Diproyeksi Tumbuh 4%*. (30 Januari 2017). Sindonews [On-line].
- Handoko. (2000). *Pengendalian Produksi*. Jakarta: Alfabeta.
- Heizer, J., & Render, B. (2006). *Operation Management Eight Edition*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Huwang, L., Yeh, A. B., & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 33. pp. 258-278.
- Johnson, R. A., & Winchern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Printice Hall, inc.
- Kasumaningrum, Y. 2017, *RI Produsen Kertas Nomor 6 Terbesar Dunia*. (17 November 2016). Pikiran Rakyat [On-line].
- Lowry, C.A., Woodall, W.H., Champ, C.W., and Rigdon, S.E. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometrics*, 34. pp. 46-53.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition*. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Morrison, D. (1990). *Multivariate Statistical Methods (Third Edition)*. New York: Mc Graw Hill Publishing Comfiney.
- Novitasari, Devi. (2016). *Pengendalian Kualitas Produk Pakan Ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk. Unit Gedangan*. Tugas Akhir Program Studi Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 5, No. 9, 27-36.

- Shapiro, S. S. & [Wilk, M. B.](#) (1965). *An analysis of variance test for normality (complete samples)*. *Biometrika*. 52 (3–4), pp 591–611.
- Singgih, Moses L., & Renanda. (2008). *Pengendalian Kualitas Produk Kertas dengan Menggunakan Pendekatan Six Sigma di Pabrik Kertas Y*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*, Alih Bahasa: Sumantri, B. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Data Proses Produksi Kertas Koran 45 gsm

Observasi ke-	<i>Opacity</i>	<i>Brightness</i>
1	94.3	52.32
2	95.23	51.36
3	94.61	51.67
4	94.66	52.03
5	93.27	53.61
6	93.51	52.88
7	93.7	53.24
8	94.61	52.99
9	94.44	52.87
10	94.59	52.3
11	95.36	52.17
12	94.92	51.8
13	95.01	51.47
14	95.03	51.82
15	95.24	51.93
16	95.15	52.38
17	94.91	52.59
18	95.09	52.71
19	95.09	51.69
20	95.24	51.93
...	...	...
...	...	...
766	96.13	50.97
767	95.73	51.27
768	95.92	50.54

**Lampiran B. Pengujian Independensi****KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	249.647
	df	1
	Sig.	.000

**Lampiran C. Pemeriksaan Asumsi Normal Multivariat**

```
> multivariat=read.table("D:/lengkap.txt",header=T)
> c <- t(multivariat[1:768,1:2])
> library(mvnormtest)
> mshapiro.test(c)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: Z
W = 0.99391, p-value = 0.003395
```

**Lampiran D. Tabel Nilai L**Tabel Nilai L dengan  $p=2$ 

$\omega$	$\lambda$	$L$	$\omega$	$\lambda$	$L$	$\omega$	$\lambda$	$L$
0.1	0.1	2.8725	0.4	0.1	4.1625	0.7	0.1	4.7281
	0.2	2.8738		0.2	4.1675		0.2	4.7313
	0.3	2.8800		0.3	4.1788		0.3	4.7288
	0.4	2.8838		0.4	4.1875		0.4	4.7325
	0.5	2.8900		0.5	4.1900		0.5	4.7350
	0.6	2.8975		0.6	4.2050		0.6	4.7450
	0.7	2.9038		0.7	4.2088		0.7	4.7250
	0.8	2.9138		0.8	4.2150		0.8	4.7225
	0.9	2.9238		0.9	4.2250		0.9	4.7100
0.2	0.1	3.4725	0.5	0.1	4.4000	0.8	0.1	4.8313
	0.2	3.4775		0.2	4.4000		0.2	4.8281
	0.3	3.4850		0.3	4.4050		0.3	4.8313
	0.4	3.4975		0.4	4.4150		0.4	4.8313
	0.5	3.5075		0.5	4.4225		0.5	4.8359
	0.6	3.5175		0.6	4.4225		0.6	4.8250
	0.7	3.5275		0.7	4.4300		0.7	4.8188
	0.8	3.5350		0.8	4.4350		0.8	4.8063
	0.9	3.5394		0.9	4.4350		0.9	4.8004
0.3	0.1	3.8675	0.6	0.1	4.5875	0.9	0.1	4.8953
	0.2	3.8725		0.2	4.5925		0.2	4.8900
	0.3	3.8800		0.3	4.5875		0.3	4.8900
	0.4	3.8850		0.4	4.5938		0.4	4.8900
	0.5	3.9000		0.5	4.6013		0.5	4.8950
	0.6	3.9100		0.6	4.6000		0.6	4.8813
	0.7	3.9213		0.7	4.5975		0.7	4.8725
	0.8	3.9325		0.8	4.6000		0.8	4.8638
	0.9	3.9413		0.9	4.5975		0.9	4.8475

**Lampiran E.** Program Diagram Kendali MEWMV

```

X = importdata('D:\jan.txt');
omega=0.1;
lamda=0.1;
p=2;
L=2.8725;
[brsX,klmX]=size(X);
t=brsX;
I=eye(t);
for i=1:t
    elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(i-1);
end
for i=1:t
    for j=1:t
        if i<j
            M(i,j)=0;
        else
            for l=i:t
                M(l,j)=elemen(l-j+1);
            end
        end
    end
end
end
A=X*X';
for u=1:brsX
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    elemenC=[];
    for i=1:u
        if i>1
            elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
        else
            elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
        end
    end
end

```

**Lampiran E.** Program Diagram Kendali MEWMV (Lanjutan)

```

        end
    end
    C=diag(elemenC);
    Q=(Ipartu-Mpartu)'*C*(Ipartu-Mpartu);
    trv(u)=trace(Q*Apartu);
    ekspektasi(u)=p*trace(Q);
    Q2=Q.^2;
    sumQ2=sum(sum(Q2));
    var(u)=2*p*sumQ2;
    ba=ekspektasi+(L*sqrt(var));
    bb=ekspektasi-(L*sqrt(var));
    end
    trvpartial=trv(:,1:t);
    ekspekpartial=ekspektasi(:,1:t);
    varpartial=var(:,1:t);
    bapartial=ba(:,1:t);
    bbpartial=bb(:,1:t);
    keluar=0;
    d=0;
    for i=1:t-1
        if trvpartial(i)<bbpartial(i)
            keluar=keluar+1
            d=d+1
            yangkeluar(d)=i;
        end
        if trvpartial(i)>bapartial(i)
            keluar=keluar+1
            d=d+1
            yangkeluar(d)=i;
        end
    end
end

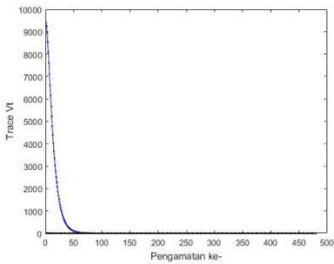
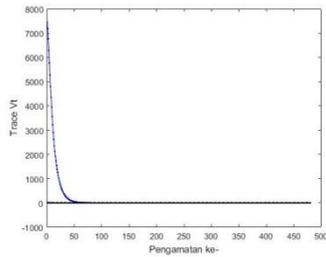
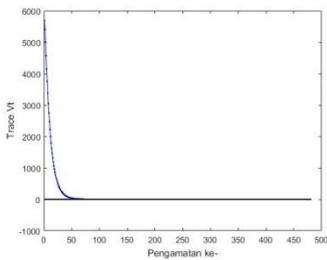
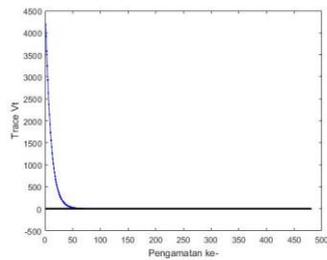
```

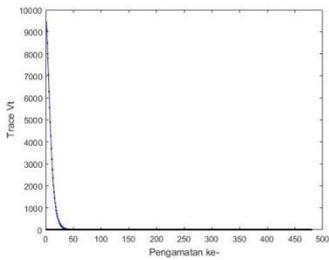
**Lampiran E.** Program Diagram Kendali MEWMV (Lanjutan)

```

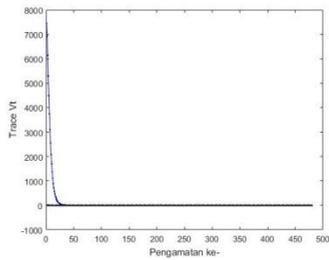
end
x=1:t;
plot(x, trvpartial, 'b.-', x, bapartial, 'k.-', x, bbpartial, 'k.-');
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('Trace Vt');

```

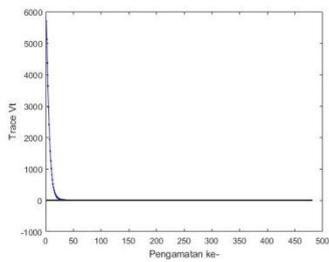
**Lampiran F.** Diagram Kendali MEWMV untuk Masing-masing Pembobot $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,1$  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,2$  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,3$  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,4$



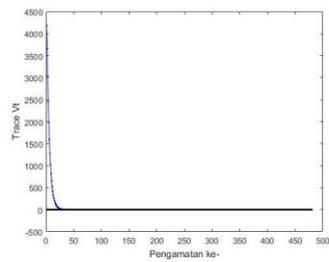
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



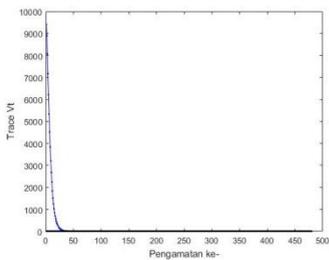
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,2$$



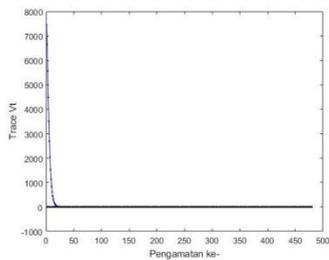
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



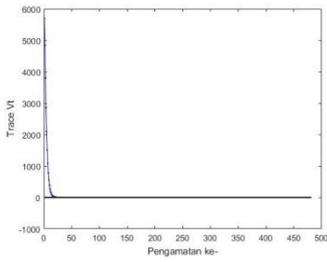
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,4$$



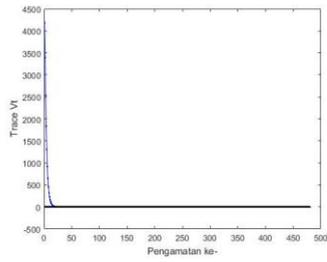
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



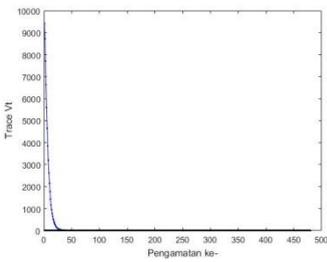
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,2$$



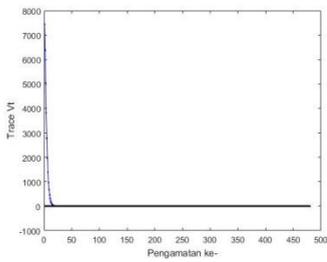
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



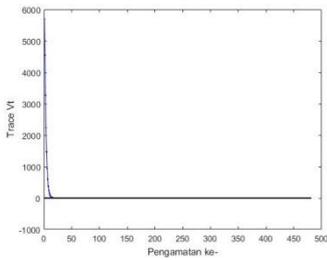
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,4$$



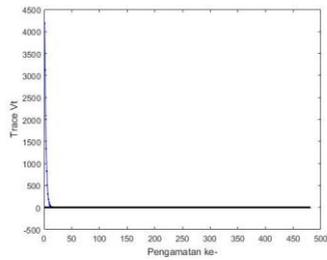
$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,2$$

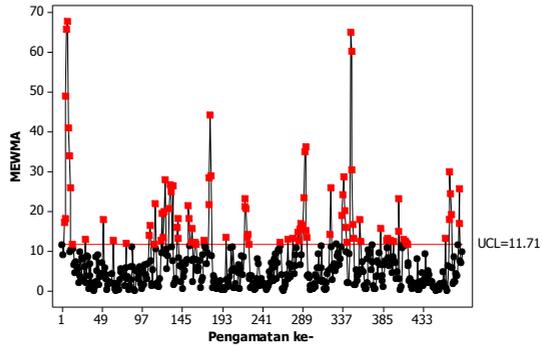


$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,3$$

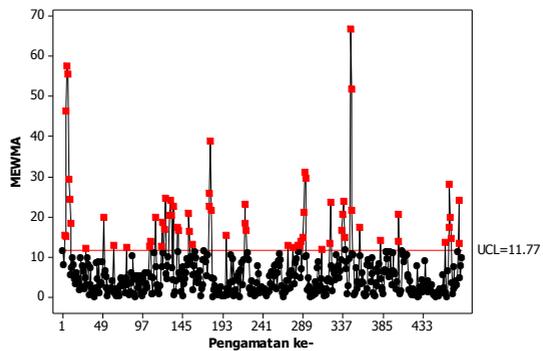


$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,4$$

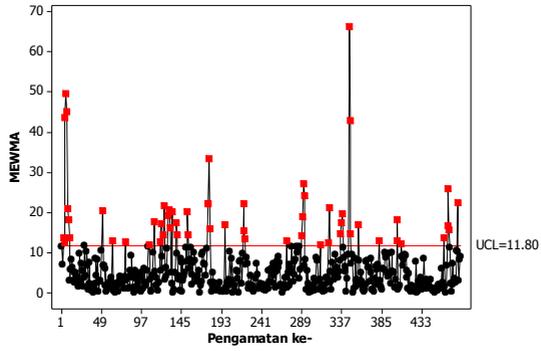
**Lampiran G.** Diagram Kendali MEWMA untuk Pembobot 0.5-0.8



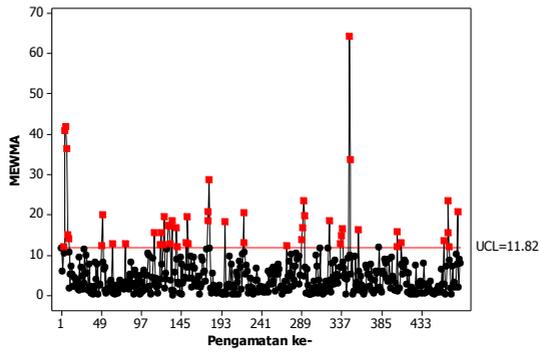
$$\lambda = 0,5$$



$$\lambda = 0,6$$



$$\lambda = 0,7$$



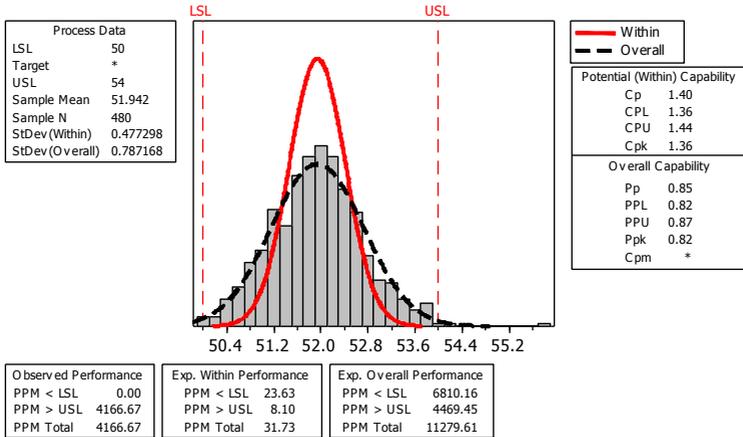
$$\lambda = 0,8$$

**Lampiran H.** Nilai-Nilai Data Pengamatan Diagram Kendali MEWMA Fase Satu Setelah Perbaikan

<b>No</b>	<b><i>Opacity</i></b>	<b><i>Brightness</i></b>
1	95.23	51.36
2	94.66	52.03
3	94.59	52.3
4	95.36	52.17
5	94.92	51.8
6	95.01	51.47
7	95.03	51.82
8	95.24	51.93
9	95.15	52.38
10	94.91	52.59
11	95.09	52.71
12	95.09	51.69
13	95.13	52.04
14	95.82	51.31
15	95.7	50.57
16	95.33	51.98
17	95.04	52.47
18	94.69	52.31
19	95.14	51.6
20	95.44	52.59
...	...	...
...	...	...
413	96.33	51.28
414	95.98	51.83
415	95.61	52.99

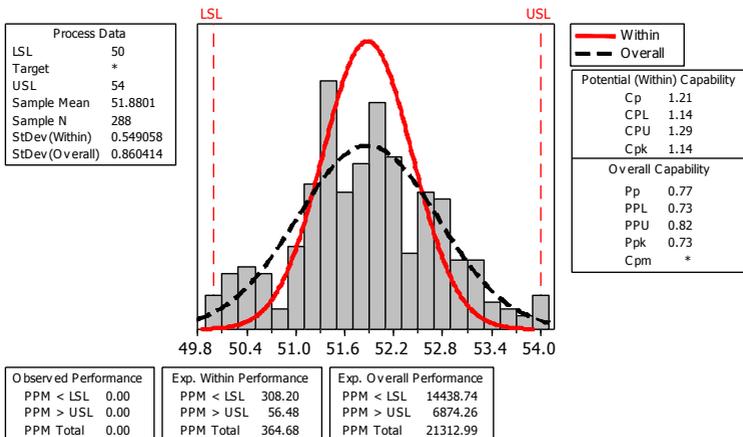
## Lampiran I. Kapabilitas Proses Variabel *Brightness* Fase Satu

### Process Capability of *Brightness* Fase Satu



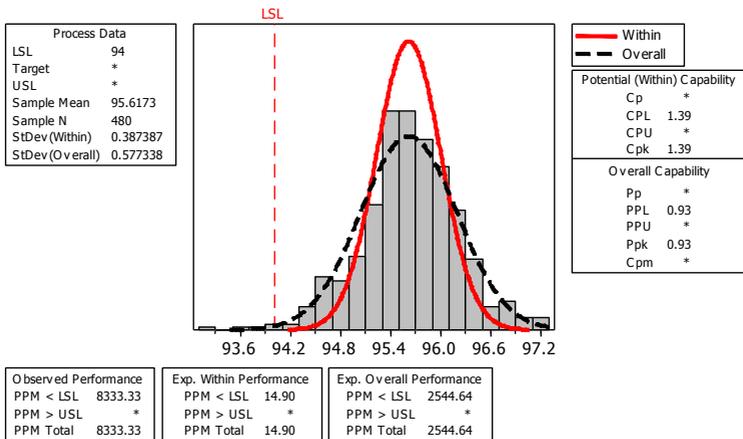
## Lampiran J. Kapabilitas Proses Variabel *Brightness* Fase Dua

### Process Capability of *Brightness* Fase Dua



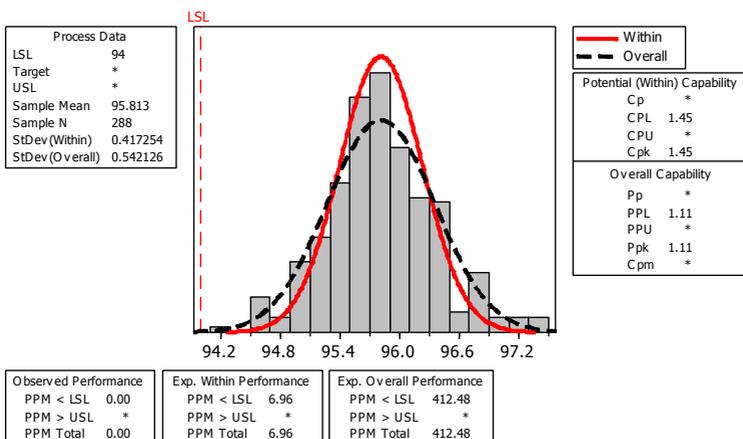
## Lampiran K. Kapabilitas Proses Variabel *Opacity* Fase Satu

### Process Capability of Opacity Fase Satu



## Lampiran L. Kapabilitas Proses Variabel *Opacity* Fase Dua

### Process Capability of Opacity Fase Dua



## Lampiran M. Surat Izin Pengambilan Data



### PT. ADIPRIMA SURAPRINTA

Desa Sumengko, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik, East Java, Indonesia  
Phone : 62 (031) 8971561, 8975475 - 9 Fax. 62 (031) 8971562 Website : [www.adiprima.com](http://www.adiprima.com)

#### SURAT PERSETUJUAN

Nomor : 002/06.01/HRD/HRD/2018

Menindak lanjuti Surat dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fakultas Matematika, Komputer dan Sains Data Departemen Statistika No. 001253/IT2.V1.9.2/TU.00.09/2018 tertanggal 05 Januari 2018 perihal permohonan izin memperoleh data untuk tugas akhir, pada prinsipnya perusahaan kami tidak keberatan untuk memperoleh data yang diminta sebagaimana yang dimaksud dalam proposal saudara.

Adapun Mahasiswa yang kami setuju tersebut adalah :

Nama : Nafilah Faradiba  
NRP : 0621144000104

Untuk pelaksanaan pengambilan data dimulai **08 Januari 2018 – 28 Februari 2018** dalam pelaksanaan tersebut diharapkan tidak mengganggu pelaksanaan kegiatan di perusahaan dan untuk hal-hal lain dapat dibicarakan dengan Pembimbing lapangan / Pembimbing Industri lebih lanjut.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Gresik, 06 Januari 2018

PT. ADIPRIMA SURAPRINTA  
WRINGINANOM - GRESIK

**Suhardi**  
Staff Senior HRD

## Lampiran N. Surat Izin Publikasi



# PT. ADIPRIMA SURAPRINTA

Desa Sumengko, Kecamatan Weringinanom, Kabupaten Gresik, East Java, Indonesia  
Phone : 62 (031) 8971561, 8975475 - 9 Fax. 62 (031) 8971562 Website : [www.adiprimsa.com](http://www.adiprimsa.com)

### SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhaimin  
Departemen : Quality Control  
Jabatan : Kepala Departemen

Menerangkan bahwa mahasiswa Statistika FMKSD-ITS dengan identitas berikut:

Nama : Nafilah Faradiba  
NRP : 0621144000104

Telah mengambil data di perusahaan PT. Adiprimsa Suraprinta pada tanggal 8 Januari 2018 sampai dengan 28 Februari 2018 untuk keperluan Tugas Akhir tahun 2017/2018.

Berkenaan dengan data yang telah diambil, kami sebagai pihak perusahaan menerangkan bahwa :

1. Tidak Keberatan nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir / Thesis mahasiswa Statistika yang akan disimpan di perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
2. Tidak Keberatan bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam *E Journal ITS* yaitu *Jurnal Sains dan Seni ITS*.

Gresik, 16 Juli 2018  
Kepala Departemen

  
PT. ADIPRIMA SURAPRINTA  
WIRINGINANOM - GRESIK

Muhaimin

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Nafilah Faradiba dilahirkan di Kabupaten Lamongan pada 17 Juli 1995. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Islam Kedungpring, SMPN 1 Kedungpring, dan SMAN 2 Lamongan. Kemudian penulis diterima sebagai Mahasiswa Departemen Statistika ITS melalui jalur Mandiri pada tahun 2014. Selain menjalani aktifitas akademik, penulis juga mengasah *softskill* dengan bergabung dengan beberapa organisasi kemahasiswaan diantaranya PSt HIMASTA-ITS sebagai Staff Operasional PSt HIMASTA-ITS 2015/2016 dan Manajer Operasional PSt HIMASTA-ITS 2016/2017 serta FORSIS ITS sebagai Staff Departemen Jaringan 2015/2016 dan Ketua BK Keputrian FORSIS ITS 2016/2017. Selama masa jabatan, penulis aktif mengikuti kegiatan yang diadakan sebagai panitia kegiatan maupun peserta. Apabila pembaca ingin memberi kritik dan saran serta diskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email [nafilahfara@gmail.com](mailto:nafilahfara@gmail.com).