



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENGENDALIAN KUALITAS FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE* (BOPP) DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

**NISAR  
NRP 062115 4000 7002**

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

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**





**TUGAS AKHIR - KS184822**

**PENGENDALIAN KUALITAS FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE* (BOPP) DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

**NISAR  
NRP 062115 4000 7002**

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

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**





**FINAL PROJECT - KS184822**

**QUALITY CONTROL OF FILM BIAXIALLY ORIENTED  
POLYPROPYLENE (BOPP) PRODUCT IN PT. TRIAS  
SENTOSA Tbk SIDOARJO USING MULTIVARIATE  
CONTROL CHART**

**NISAR  
SN 062115 4000 7002**

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

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KUALITAS FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE (BOPP)* DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

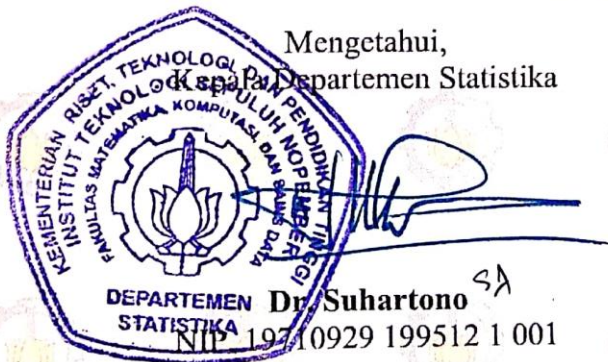
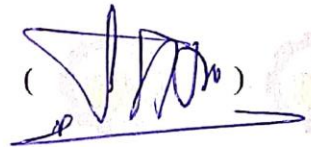
## TUGAS AKHIR

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

Oleh :  
**Nisar**

NRP. 062115 4000 7002

Disetujui oleh Pembimbing:  
**Dr. Drs. Agus Suharsono M.S.**  
NIP. 19580823 198403 1 003



NIP. 19710929 199512 1 001  
SURABAYA, JULI 2019

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**PENGENDALIAN KUALITAS FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE (BOPP)* DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE DIAGRAM KENDALI MULTIVARIAT**

**Nama Mahasiswa** : Nisar  
**NRP** : 062115 4000 7002  
**Departemen** : Statistika-FMKSD-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Drs. Agus Suharsono M.S

**Abstrak**

*PT. Trias Sentosa Tbk telah menjadi produsen film kemasan fleksibel terbesar di Indonesia saat ini, salah satu produk yang paling banyak diproduksi yaitu jenis film Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP). Pada penelitian ini, analisis pengendalian kualitas dilakukan menggunakan data tahun 2018. Hasil uji dependensi menunjukkan bahwa ketiga karakteristik kualitas film BOPP yaitu thickness, strength MD, dan strength TD saling berhubungan sehingga digunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) 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 diperoleh untuk variabilitas proses telah terkendali secara statistik dengan menggunakan pembobot optimum  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Sedangkan hasil rata-rata proses menunjukkan proses belum terkendali secara statistik dengan menggunakan nilai pembobot optimum  $\lambda=0,9$ . Variabel utama penyebab pengamatan yang berada diluar batas kendali pada rata-rata proses adalah variabel thickness dan strength TD. Kapabilitas proses menggunakan indeks  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$  menunjukkan proses kapabel dengan nilai  $MP_p$  sebesar 1,64 dan  $MP_{pk}$  sebesar 1,39. Nilai ini menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses sangat baik.*

**Kata Kunci** : *BOPP, Kapabilitas, MEWMA, MEWMV, Strength MD, Strength TD, Thickness*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**QUALITY CONTROL OF FILM BIAXIALLY  
ORIENTED POLYPROPYLENE (BOPP) PRODUCT IN  
PT. TRIAS SENTOSA Tbk SIDOARJO USING  
MULTIVARIATE CONTROL CHART**

**Name** : Nisar  
**Student Number** : 062115 4000 7002  
**Department** : Statistics  
**Supervisor** : Dr. Drs. Agus Suharsono M.S

**Abstrak**

*PT. Trias Sentosa Tbk has become the largest flexible packaging film producer in Indonesia, one of the most produced products is film Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP). In this research, the analysis of quality control is performed based on data for 2018. The test results of dependence on three film BOPP quality characteristics are interrelated thickness, strength MD and strength TD, the analysis is undertaken using Multivariate Weighted Moving Variance (MEWMV) to look for variations in process variability. Meanwhile, the monitoring of mean production process using Multivariate Weighted Moving Average (MEWMA) control chart. The results obtained for the controlled variability process with statistics using optimum weighting  $\omega = 0.7$  and  $\lambda = 0.9$ . While the average results of the assessment process have not been controlled by statistics using the optimum weighting value  $\lambda = 0.9$ . The main variable causes some observations are still out of control on the mean process is the variable thickness and strength TD. Process capability is using  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$  index that shows the process is already capable with  $MP_p$  values is 1.64 and  $MP_{pk}$  is 1.39. This value indicates that the precision and accuracy of the process is good.*

**Keywords** : *BOPP, Capability, MEWMA, MEWMV, Strength MD, Strength TD, Thickness*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah serta pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengendalian Kualitas Film *Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP)* Di PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo Menggunakan Metode Diagram Kendali Multivariat**” dengan baik dan lancar. Penulis menyadari bahwa pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. 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, M.Sc. selaku Kepala Departemen Statistika FMKSD ITS.
3. Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Departemen Statistika FMKSD ITS
4. 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.
5. Ibu Wibawati, S.Si., M.Si dan Bapak Haryono, M.SIE selaku dosen penguji yang telah memberi masukan kepada penulis.
6. Bapak Abram selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing penulis selama melakukan penelitian di PT. Trias sentosa Tbk Sidoarjo.
7. Bapak Jimmy selaku Staff HRD PT. Trias sentosa Tbk Sidoarjo yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. Trias sentosa Tbk Sidoarjo.
8. Seluruh dosen dan karyawan departemen Statistika ITS atas ilmu dan pengalaman yang dibagikan kepada penulis.

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 2019

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 TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Analisis Multivariat .....	5
2.1.1 Uji Independensi.....	5
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat .....	6
2.1.3 Diagram Kendali <i>Exponentially</i> <i>Weighted Moving Variance</i> (EWMA).....	7
2.1.4 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially</i> <i>Weighted Moving Variance</i> (MEWMV).....	8
2.1.5 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially</i> <i>Weighted Moving Average</i> (MEWMA).....	13
2.2 Diagram Ishikawa.....	14
2.3 Analisis Kapabilitas Proses .....	15
2.4 Proses Produksi Film Kemasan Fleksibel .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Sumber Data .....	19
3.2 Variabel Penelitian .....	19
3.3 Struktur Data .....	19

3.4 Langkah Penelitian .....	20
3.5 Diagram Alir.....	21
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Deskripsi Kualitas Produk Film BOPP .....	23
4.2 Pemeriksaan Dependensi antar variabel.....	24
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat .....	24
4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Film BOPP ....	24
4.5 Pengendalian Rata-Rata Proses Produksi Film BOPP.....	33
4.6 Identifikasi Penyebab <i>Out of Control</i> .....	39
4.6.1 Pengendalian Kualitas Film BOPP Secara individu..	40
4.6.2 Analisis Diagram Ishikawa Proses Produksi Film BOPP.....	42
4.7 Kapabilitas Proses Produksi Film BOPP.....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Jenis dan Aplikasi Film BOPP .....	16
<b>Tabel 3.1</b> Variabel Penelitian .....	19
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Penelitian. ....	19
<b>Tabel 4.1</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas. ....	23
<b>Tabel 4.2</b> Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi $\omega$ dan $\lambda$ yang sama.....	25
<b>Tabel 4.3</b> Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi $\omega$ dan $\lambda$ yang berbeda. ....	26
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Perhitungan Nilai Pembobot Optimal Untuk MEWMV .....	32
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Perhitungan Nilai Pembobot Optimal Untuk MEWMA .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Kapabilitas Proses Secara Univariat.....	45

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Contoh Diagram Ishikawa.....	14
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	21
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Kendali MEWMV $\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,6$ .....	27
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Kendali MEWMV $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,7$ .....	28
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Kendali MEWMV $\omega = 0,8$ dan $\lambda = 0,8$ .....	29
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Kendali MEWMV $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,9$ .....	30
<b>Gambar 4.5</b> Diagram Kendali MEWMV $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ .....	31
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,1$ .....	34
<b>Gambar 4.7</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,2$ .....	35
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,3$ .....	36
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,4$ .....	37
<b>Gambar 4.10</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,9$ .....	38
<b>Gambar 4.11</b> Diagram Kendali EWMA $\lambda = 0,9$ Variabel <i>Thickness</i> .....	40
<b>Gambar 4.12</b> Diagram Kendali EWMA $\lambda = 0,9$ Variabel <i>Strength MD</i> .....	40
<b>Gambar 4.13</b> Diagram Kendali EWMA $\lambda = 0,9$ Variabel <i>Strength TD</i> .....	42
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Ishikawa Proses Produksi Film BOPP .....	43
<b>Gambar 4.15</b> Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0,9$ Setelah Perbaikan .....	45

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A</b>	Data Ukuran Kualitas Film BOPP ..... 51
<b>Lampiran B</b>	Pengujian Independensi ..... 53
<b>Lampiran C</b>	Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat ..... 53
<b>Lampiran D1</b>	Tabel Nilai L dengan $p = 2$ ..... 54
<b>Lampiran D2</b>	Tabel Nilai L dengan $p = 3$ ..... 55
<b>Lampiran E</b>	Program Diagram Kendali MEWMV ..... 56
<b>Lampiran F</b>	Diagram Kendali MEWMV ..... 58
<b>Lampiran G</b>	Nilai Titik $Tr(V_n)$ Diagram Kendali MEWMV Untuk Pembobot 0,6-0,9 ..... 62
<b>Lampiran H</b>	Diagram Kendali MEWMV Untuk Pembobot 0,5 - 0,8 ..... 63
<b>Lampiran I</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Thickness</i> ..... 65
<b>Lampiran J</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Strength MD</i> ..... 65
<b>Lampiran K</b>	Kapabilitas Proses Variabel <i>Strength TD</i> ..... 66
<b>Lampiran L</b>	Surat Izin Pengambilan Data ..... 67

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan kehidupan manusia dari waktu ke waktu juga diikuti oleh kemajuan di bidang industri khususnya pada bidang pengemasan makanan dan minuman. Menurut Widiatmoko (2007), pengemasan merupakan upaya manusia untuk mengumpulkan sesuatu yang berantakan kedalam suatu wadah serta melindunginya dari gangguan cuaca. Salah satu alat yang digunakan untuk pengemasan adalah film kemasan fleksibel. Kemasan fleksibel adalah suatu bentuk kemasan yang bersifat elastis yang dibentuk dari aluminium foil, film plastik, selopan, film plastik berlapis logam aluminium (*metalized film*) dan kertas dibuat satu lapis atau lebih dengan atau tanpa bahan *thermoplastic* maupun bahan perekat lainnya sebagai pengikat ataupun pelapis konstruksi kemasan dapat berbentuk lembaran, kantong, *sachet* maupun bentuk lainnya. Sedangkan film adalah kemas fleksibel yang terbuat dari plastik, tetapi selopan film walaupun tidak terbuat dari plastik dikelompokkan dalam film plastik (Dirjen IKM Kemenperin, 2007).

Kemasan di Indonesia telah dan akan memainkan peranan yang penting dan menentukan dalam menunjang pertumbuhan ekonomi. Diperkirakan pertumbuhan pemakaian kemasan di Indonesia kedepan sekitar 10% - 13% setahun. Pemakaian kemasan yang terbesar di Indonesia adalah sektor *agrofood*, rata-rata sebesar 60% dari keseluruhan pemakaian kemasan. (Sucipta, 2017).

Salah satu perusahaan yang memproduksi film kemasan fleksibel di Indonesia adalah PT. Trias Sentosa Tbk yang terletak di Jl. Desa Keboharan KM. 26, Krian, Sidoarjo. Perusahaan PT. Trias Sentosa Tbk telah menjadi produsen film kemasan fleksibel terbesar di Indonesia saat ini, dengan mengembangkan produknya secara spesifik menurut kebutuhan masing masing pelanggan. Untuk memastikan bahwa setiap produk yang diproduksi menghasilkan nilai bagi pelanggan dan melampaui standard internasional. PT. Trias Sentosa Tbk memproduksi 2 tipe film yaitu film *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP) dan yang memiliki ketahanan tinggi terhadap

kelembaban dan film *Biaxially Oriented Polyester* (BOPET) yang memiliki ketahanan tinggi terhadap udara. Kedua tipe film ini saling melengkapi satu dengan lainnya dan merupakan bahan baku utama dari film kemasan fleksibel untuk produk-produk konsumen baik makanan maupun non-makanan. Pada penelitian ini menggunakan data film BOPP, film jenis ini digunakan untuk melakukan pengemasan pada makanan dan minuman.

Penelitian yang ingin dilakukan merupakan pengendalian kualitas secara statistik terhadap proses produksi film untuk mengetahui apakah produk tersebut telah sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan atau tidak. Baik atau tidaknya kualitas produksi di PT. Trias Sentosa Tbk hanya ditentukan berdasarkan variabel kualitas yang telah sesuai dengan spesifikasi tanpa adanya pengendalian kualitas secara statistik. Pengendalian kualitas secara statistik sangat diperlukan untuk membantu perusahaan dalam mengontrol stabilitas proses produksi melalui variabilitas dan rata-rata proses sehingga dapat diketahui kapabilitas proses produksinya. Pengendalian kualitas statistik adalah suatu kegiatan membandingkan kualitas produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk kemudian diambil sebuah tindakan apabila terdapat ketidaksesuaian antara kualitas produk dengan standart yang ditetapkan oleh perusahaan (Montgomery, 2009).

Pengendalian kualitas pada proses produksi dapat dilakukan pada variabel-variabel yang memungkinkan adanya indikasi *out of control* atau berada diluar batas kendali (Garvin, 2001). Diagram kendali merupakan salah satu alat dalam mengontrol proses secara statistik yang berfungsi untuk mengendalikan suatu karakteristik dari kualitas. Diagram kendali yang efektif adalah diagram kendali yang dapat mendeteksi pergeseran yang kecil dari proses produksi. Terdapat dua macam diagram kendali, yaitu diagram kendali univariat dan diagram kendali multivariat. Pada suatu proses produksi sering dijumpai beberapa karakteristik kualitas yang saling berhubungan, sehingga analisis yang relevan untuk mengontrol proses adalah diagram kendali multivariat. Salah satu diagram kendali multivariat yang mampu mendeteksi adanya pergeseran proses yang kecil adalah diagram kendali *Multivariat Exponentially Weighted Moving*



*Variance* (MEWMV) dan *Multivariat Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) yang menggunakan pembobot untuk mengatasi pergeseran pengamatan yang sangat kecil dari pengamatan di proses produksi kontinu dan karakteristik kualitas lebih dari satu. Diagram kendali MEWMV merupakan diagram kendali multivariat untuk mendeteksi pergeseran variabilitas proses yang sangat kecil. Diagram kendali MEWMA merupakan diagram kendali multivariat untuk mendeteksi pergeseran *mean* yang lebih kecil serta lebih *robust* terhadap distribusi normal (Montgomery, 2009).

Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode MEWMV dan MEWMA dilakukan oleh Faradiba (2018) di PT. Adprima Suraprinta. 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.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap pengendalian kualitas terhadap produk film BOPP secara multivariat menggunakan diagram kendali MEWMV dan diagram kendali MEWMA di PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo.

## **1.2 Rumusan Masalah**

PT. Trias Sentosa merupakan produsen film kemasan fleksibel terbesar di Indonesia. Oleh karena itu PT. Trias Sentosa diharapkan memiliki pengendalian kualitas yang baik dalam memproduksi produknya khususnya film BOPP. Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian ini dengan melakukan pengendalian kualitas secara statistik menggunakan diagram kendali MEWMV dan MEWMA untuk memonitoring variabilitas dan rata-rata proses serta dilakukan penilaian kebaikan proses dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

### 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini untuk memonitoring variabilitas proses dan rata-rata proses pada produk film BOPP secara multivariat serta melakukan penilaian kebaikan proses produksi dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

### 1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dan rekomendasi bagi perusahaan mengenai pengendalian kualitas secara statistik sehingga dapat mendeteksi adanya pergeseran proses yang dapat digunakan sebagai evaluasi perbaikan kualitas produk film BOPP pada PT. Trias Sentosa Tbk menggunakan diagram kendali multivariat.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan hasil pengukuran karakteristik kualitas produk film di PT. Trias Sentosa Tbk pada tahun 2018.
2. Terdapat 7 variabel pengukuran kualitas film BOPP yaitu *thickness*, *strength MD*, *strength TD*, *elongation MD*, *elongation TD*, *stiffness MD*, dan *stiffness TD*. Tetapi pada penelitian ini hanya digunakan tiga variabel saja yaitu *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD*.
3. Metode yang digunakan dalam pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dan diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA).

## 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. Uji dependensi yang digunakan adalah uji *Bartlett sphericity* dengan hipotesis sebagai 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 tidak ada korelasi jika nilai  $X_{hitung}^2 \leq X_{\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)}^2$ . Matrik korelasi  $\mathbf{R}$

diberikan oleh (Walpole R. E., 1995).

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

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

Keterangan :

$r_{jk}$  = 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 :

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

Dengan nilai  $a_p$  adalah sebagai berikut.

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

Keterangan :

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

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

$X_p$  = 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 *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

Diagram kendali EWMA merupakan diagram kendali univariat yang digunakan untuk memonitoring *mean* proses. Titik-titik pengamatan yang dihasilkan pada plot adalah *weighted moving average* atau pergeseran *mean* yang telah terboboti, dimana nilai pembobot ( $\lambda$ ) ditentukan oleh peneliti antara 0,1 hingga 0,9. Plot *Exponentially Weighted Moving Average* diberikan sebagai berikut.

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$Z_i$  = Nilai EWMA pengamatan ke- $i$

$Z_{i-1}$  = Nilai EWMA pengamatan ke- $(i-1)$

$X_i$  = Data pengamatan ke- $i$

$\lambda$  = Nilai pembobot

Nilai tengah dan batas kendali untuk diagram kendali EWMA adalah sebagai berikut (Montgomery, 2009).

$$\text{BKA} = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[ 1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \quad (2.7)$$

$$\text{Garis Tengah} = \mu_0 \quad (2.8)$$

$$\text{BKB} = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[ 1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$i$  = 1,2,3,...,n

$n$  = banyak sampel

$\mu_0$  = target proses

$\sigma$  = nilai standart deviasi

$\lambda$  = besarnya pembobot

BKA = batas kendali atas

BKB = batas kendali bawah

dimana  $L$  merupakan konstanta yang bergantung pada  $p$  (banyaknya karakteristik kualitas) dan nilai  $\lambda$  yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 2.1.4 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.

$$\mathbf{V}_n = \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)^T + (1-\omega)\mathbf{V}_{n-1} \quad (2.10)$$

dimana  $\omega$  merupakan nilai pembobot bernilai  $0 < \omega < 1$  dan

$\mathbf{V}_0 = (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T$ . Estimasi dari  $y_n$  untuk perubahan ratarata proses pada waktu ke  $n$  dapat dilihat pada persamaan berikut (Lowry dkk, 1992).

$$y_n = \lambda x_n + (1-\lambda)y_{n-1} \quad (2.11)$$

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

Untuk mendeteksi terjadinya perubahan dalam matriks kovarian harus didefinisikan :

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \text{ dengan } \mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \vdots \\ x_{np} \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

dimana  $p$  adalah banyaknya karakteristik kualitas dan  $n$  banyaknya pengamatan yang dilakukan. Untuk mengetahui perubahan dalam matriks kovarians maka harus didefinisikan suatu matriks  $C$ . Matriks  $C$  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 :

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

Untuk masing-masing nilai  $n$ , persamaan (2.10) dapat dijabarkan sebagai berikut.

Untuk  $n=1$ ,

$$V_1 = \omega(x_1 - y_1)(x_2 - y_2)^T + (1-\omega)V_0$$

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  $n=3$ ,

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

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Dengan demikian secara umum persamaan (2.10) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_n = \sum_{i=1}^n \omega(1-\omega)^{n-1} (x_i - y_i)(x_i - y_i)^T + (1-\omega)^n V_0 \quad (2.13)$$

Persamaan (2.11) juga memiliki penjabaran yang serupa dengan persamaan (2.10). Ketika masing-masing nilai  $n$  dimasukkan ke dalam persamaan (2.11) 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 (2.11) dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$y_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1-\lambda)^{n-i} x_i \quad (2.14)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.14) ke dalam  $x_i - y_i$  maka dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} x_i - y_i &= x_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} x_j \\ &= (1-\lambda)x_i - \lambda(1-\lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1} x_1; \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Jika persamaan (2.15) dituliskan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut.

$$(\mathbf{x}-\mathbf{y}) = \begin{bmatrix} (x_1 - y_1)^T \\ (x_2 - y_2)^T \\ \vdots \\ (x_n - y_n)^T \end{bmatrix}$$



$$\begin{aligned}
&= \begin{bmatrix} (1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_2 - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_i - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{n-1}\mathbf{x}_1 \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \mathbf{X} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \quad (2.16) \\
&= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \mathbf{X}
\end{aligned}$$

$\mathbf{I}_n$  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 (2.13) dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})^T \mathbf{C} (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \quad (2.17)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.16) ke dalam persamaan (2.17) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned}
\mathbf{V}_n &= \mathbf{X}^T (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C} (\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \mathbf{X} \\
&= \mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}
\end{aligned} \quad (2.18)$$

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

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T) \end{aligned} \quad (2.19)$$

dengan,

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

Sehingga dapat diketahui,

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \sum_{j=1}^n q_{1j} \left( \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{jk} \right) + \sum_{j=1}^n q_{2j} \left( \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{jk} \right) \\ &\quad + \cdots + \sum_{j=1}^n q_{nj} \left( \sum_{k=1}^p x_{nk} x_{jk} \right) \\ &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n q_{ij} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \end{aligned}$$

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

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

(2.20)

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

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

(2.21)

Persamaan (2.19) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap  $n$  dan batas diagram berdasarkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yaitu

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L\sqrt{\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]} = p \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L\sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2} \quad (2.22)$$

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 dkk, 2007).

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

Diagram kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan *mean* proses. Kelebihannya adalah tahan atau *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 dkk, 1992).

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.23)$$

dimana  $\mathbf{X}_i$  merupakan vektor rata-rata sampel,  $\lambda$  adalah pembobot yang bernilai  $0 < \lambda < 1$  dan  $\mathbf{Z}_0 = 0$ . 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.

$$T_i = \mathbf{Z}_i^T \left[ \sum \mathbf{Z}_i \right]^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.24)$$

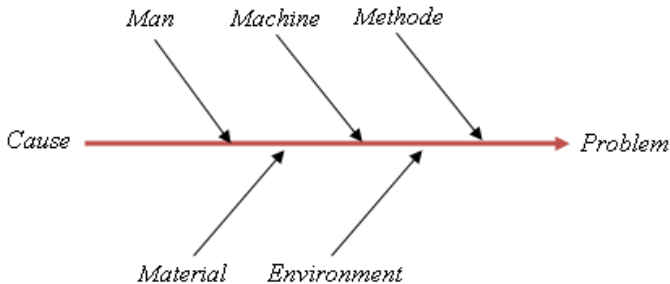
Data dikatakan *out of control* ketika nilai  $T_i^2$  lebih besar dari  $h_4$ . Nilai  $h_4$  merupakan batas kendali atas, didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Matriks kovarian dari  $\mathbf{Z}_i$  adalah.

$$\sum \mathbf{Z}_i = \frac{\lambda}{2-\lambda} \left[ 1 - (1-\lambda)^{2i} \right] \Sigma \quad (2.25)$$

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*, *Method*, *Machine*, *Material*, dan *Environment* (Montgomery, 2009). Berikut adalah contoh dari diagram ishikawa yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**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 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.

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6s} \quad (2.26)$$

$$P_{pu} = \frac{BSA - \bar{x}}{3s} \quad (2.27)$$

$$P_{pl} = \frac{\bar{x} - BSB}{3s} \quad (2.28)$$

$$P_{pk} = \min \{ P_{pu}, P_{pl} \} \quad (2.29)$$

Keterangan :

BSA = batas spesifikasi atas

BSB = batas spesifikasi bawah

Indeks nilai kapabilitas multivariat yang tidak dalam keadaan *in control* dapat ditulis sebagai berikut (Raissi, 2009).

$$MP_p = \sum_{k=1}^p W_k P_p (X_k) \quad (2.30)$$

$$MP_{pk} = \sum_{k=1}^p W_k P_{pk} (X_k) \quad (2.31)$$

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 Film Kemasan Fleksibel

Produk Utama dari dari PT. Trias Sentosa Tbk, salah satunya adalah film *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP) yang digunakan secara luas sebagai bahan kemasan untuk bermacam-macam barang. Film BOPP adalah film kemasan fleksibel yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kelembaban. Film BOPP memiliki banyak jenis yang salah satunya adalah *Metallized* yang

digunakan sebagai *food packaging*. Jenis dan aplikasi penggunaan film BOPP antara lain sebagai berikut.

**Tabel 2.1** Jenis dan Aplikasi Film BOPP

<b>BOPP Product Range</b>	
<b>Jenis Produk</b>	<b>Penggunaan</b>
<i>Printing &amp; Laminating</i>	<i>Food Packaging</i>
<i>Overwrap</i>	<i>Tobacco and BOX Overwrap</i>
<i>Anti-Fog</i>	<i>Anti-Fog Bag forr Vegetable, fresh fruits, and salad</i>
<i>Matte</i>	<i>Paper Look Packaging &amp; Paper Laminating</i>
<i>Pearlize</i>	<i>Ice Cream, Candy, Soap Packaging</i>
<i>White Opaque</i>	<i>Food Packaging</i>
<i>Label</i>	<i>Clear, White and Metallized Label</i>
<i>Metallized</i>	<i>Food Packaging</i>
<i>Coated (PVDC &amp; Acrylic)</i>	<i>Food Packaging</i>
<i>Thermal Film</i>	<i>Paper Lamination</i>

Tabel 2.1 merupakan jenis-jenis produk yang dibuat menggunakan film BOPP. Berikut tahap proses produksi film BOPP.

1. Tahap pelelehan material (pelet plastik)  
Raw material yang akan digunakan dalam produksi terdiri dari material utama yaitu *homopolymer* dan *copolymer*, serta material tambahan (*additive*). Material dicampur melalui *dozing* unit hingga material yang akan diproduksi tercampur homogen.
2. Dicitak menjadi *casting film (cast film)*  
Setelah tercampur, material dilelehkan yang kemudian untuk dicetak menjadi *casting film (cast film)* yang terdiri dari tiga lapis.
3. Penarikan dengan mesin MDO (*machine direction oriented*).  
Film ditarik dengan rasio satu banding lima atau ditarik hingga lima kali panjang mula-mula.
4. Penarikan dengan mesin TDO (*transverse direction oriented*)  
Film ditarik hingga sepuluh kali panjang mula-mula.
5. Pemberian *treatment* khusus  
Permukaan plastik akan dihantarkan energi (*surface energy*). Pemberian energi terdiri dari dua jenis, yaitu pemberian aliran listrik dan pemanasan menggunakan api. Pemeberian *treatment* bertujuan agar film dapat dibentuk atau digunakan sesuai kebutuhan.

6. Pemotongan dan pencetakan

Film digulung menjadi *big roll* kemudian dipotong sesuai pesanan pelanggan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari departemen *Quality Control* PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo. Data yang digunakan merupakan data hasil pengukuran karakteristik kualitas film BOPP pada tahun 2018. Pengukuran data yang dilakukan meliputi data *thickness*, *strength MD* dan *strength TD*. Sampel yang digunakan adalah data rata-rata proses produksi film BOPP sebanyak 77 data pengamatan.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan di PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Variabel	Karakteristik Kualitas	Definisi Operasional	Satuan	Batas Spesifikasi
$X_1$	<i>Thickness</i>	Ketebalan film	$\mu\text{m}$	19,4-20,6
$X_2$	<i>Strength MD</i>	Kuat tarik film secara vertikal	$\text{N/m}^2$	11-18
$X_3$	<i>Strength TD</i>	Kuat tarik film secara horizontal	$\text{N/m}^2$	22-40

#### 3.3 Struktur Data

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

**Tabel 3.2** Struktur Data Penelitian

Observasi Ke-	Karakteristik Kualitas		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	20,05	13,47	32,19
2	20,24	14,07	32,48
3	19,87	13,17	29,98
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
77	19,76	13,02	31,57

Keterangan:

$X_1$  = Variabel *thickness*

$X_2$  = Variabel *strength MD*

$X_3$  = Variabel *strength TD*

### 3.4 Langkah Penelitian

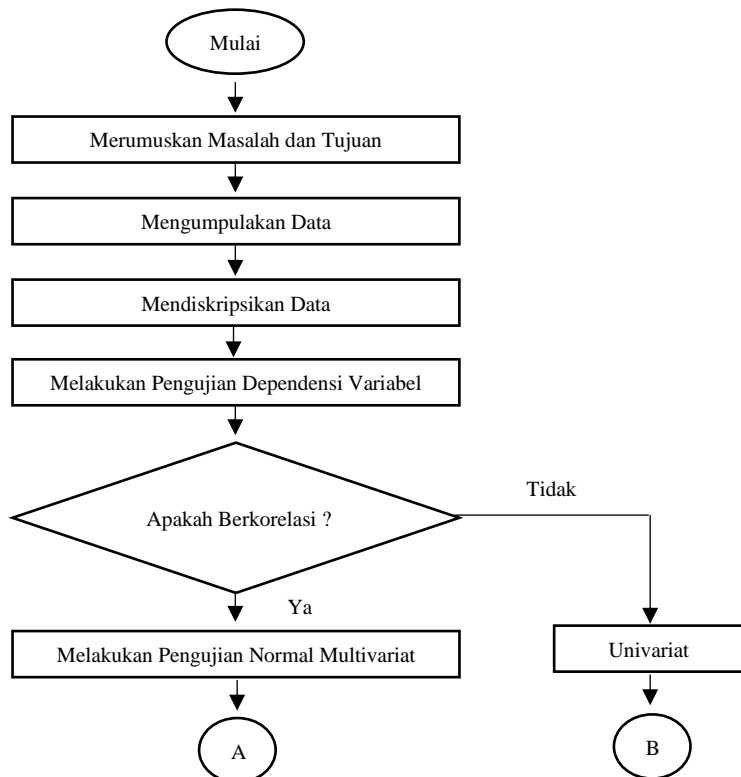
Untuk mencapai tujuan penelitian pada pendahuluan, maka langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

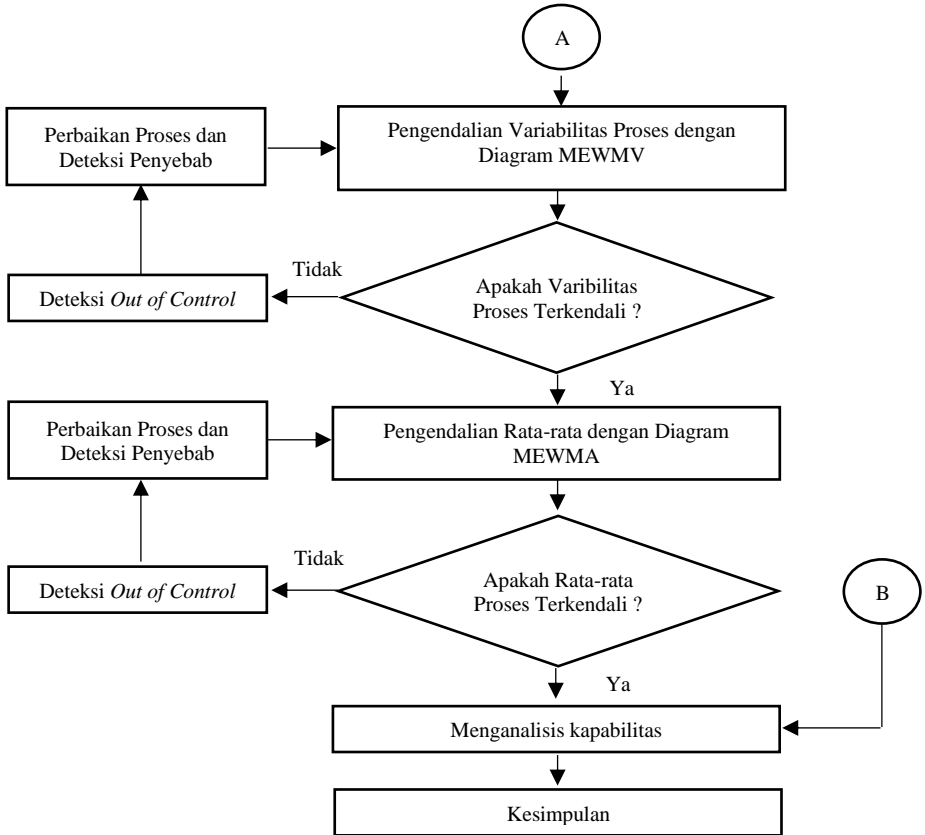
1. Mendeskripsikan karakteristik setiap variabel.
2. Melakukan pengujian distribusi normal multivariat dan korelasi antara variabel *thickness* dengan variabel *strength MD* dan *strength TD*.
3. Melakukan pengendalian variabilitas dan rata-rata proses dengan diagram kendali dengan langkah berikut.
  - a. Melakukan pengendalian variabilitas proses diagram kendali MEWMV dengan langkah berikut.
    1. Membuat matriks  $\mathbf{C}$  dengan ukuran  $n \times n$  dengan diagonal utama  $\omega$  adalah diagonal utama dan merupakan nilai pembobot yang ditentukan sebelumnya.
    2. Membuat matriks  $\mathbf{M}$  yaitu matriks segitiga bawah dengan elemen  $\lambda$ .
    3. Membuat matriks  $\mathbf{I}_n$ , merupakan matriks identitas berukuran  $n \times n$ .
    4. Menghitung matriks  $\mathbf{Q}$  yang digunakan untuk mendapatkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ .
    5. Menghitung nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  berdasarkan persamaan (2.19).
    6. Menghitung nilai  $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$  berdasarkan persamaan (2.20).
    7. Menghitung nilai  $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$  berdasarkan persamaan (2.21).
    8. Menghitung batas diagram kendali MEWMV pada setiap pengamatan ke- $n$  berdasarkan persamaan (2.22)
  - b. Melakukan pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA dengan langkah sebagai berikut.
    1. Menentukan nilai pembobot  $\lambda$ ,  $0 < \lambda < 1$  dengan  $h_4$  yang sebelumnya telah ditentukan pada diagram kendali MEWMA.
    2. Menghitung vektor MEWMA  $\mathbf{Z}_i$ .

3. Menghitung matriks varian kovarian  $\Sigma$
4. Menghitung statistik MEWMA  $Ti^2$
4. Mendeteksi dan mengidentifikasi penyebab terjadinya *out of control*.
5. Menganalisis kapabilitas proses.
6. Menarik kesimpulan.

### 3.5 Diagram Alir

Dalam penelitian ini langkah analisis digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian.

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

PT. Trias Sentosa Tbk telah menjadi produsen film kemasan fleksibel terbesar di Indonesia saat ini, dengan mengembangkan produknya secara spesifik menurut kebutuhan masing masing pelanggan. Untuk memastikan bahwa setiap produk yang diproduksi menghasilkan nilai bagi pelanggan dan melampaui standard internasional.

Variabel *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD* merupakan tiga dari beberapa penilaian kualitas yang dilakukan oleh PT. Trias Sentosa Tbk. Ketiga variabel tersebut saling berhubungan dan berpengaruh pada kualitas produk film BOPP yang diproduksi, yaitu apabila film memiliki ketebalan yang tinggi maka kekuatan daya tarik juga akan semakin tinggi. PT. Trias Sentosa Tbk yang merupakan produsen film kemasan terbesar di Indonesia saat ini tentunya harus memiliki kualitas yang baik sehingga perlu adanya monitoring proses produksi film kemasan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses produksi dengan menggunakan diagram kendali multivariat.

#### 4.1 Deskripsi Kualitas Produk Film BOPP

Produk film kemasan fleksibel yang dapat dipasarkan adalah produk film fleksibel yang telah memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan oleh perusahaan. Standar kualitas film kemasan fleksibel yang diproduksi yaitu variabel *thickness* harus memiliki ketebalan sebesar 19,4 – 20,6  $\mu\text{m}$ , *strength MD* dan *strength TD* atau kekuatan daya tarik masing-masing sebesar 11-18  $\text{N/m}^2$  dan 22-40  $\text{N/m}^2$ . Untuk mengetahui gambaran umum tentang masing-masing karakteristik kualitas produksi pada tahun 2018 maka diberikan deskripsi kualitas pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Deskripsi Karakteristik Kualitas

<b>Variabel</b>	<b>Mean</b>	<b>Varians</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<i>Thickness</i>	20,019	0,029	19,470	20,410
<i>Strength MD</i>	13,063	0,391	11,800	14,720
<i>Strength TD</i>	30,921	1,522	27,130	33,930

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata variabel *thickness* adalah 20,019. Berdasarkan rata-rata *thickness* yang diperoleh dapat dikatakan bahwa nilai ini masih berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Nilai minimum untuk variabel *thickness* adalah sebesar 19,470 dan nilai maksimumnya adalah sebesar 20,410, dimana nilai ini masih berada didalam batas spesifikasi produk yang dapat dipasarkan. Jika dilihat dari nilai varians yang bernilai 0,029 dapat dikatakan bahwa keragaman data nilai pada variabel *thickness* relatif kecil.

Nilai rata-rata variabel *strength MD* dan *strength TD* masing-masing adalah 13,063 dan 30,921. Nilai ini masih berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Nilai minimum dan maksimum pada variabel *strength MD* masing-masing adalah 11,800 dan 14,720 sedangkan untuk variabel *strength TD* masing-masing adalah 27,130 dan 33,930, dimana nilai ini masih berada didalam batas spesifikasi produk yang dapat dipasarkan dengan nilai varians yang relatif kecil dengan nilai 0,391 dan 1,522.

#### **4.2 Pemeriksaan Dependensi antar variabel**

Pemeriksaan dependensi terhadap tiga karakteristik kualitas yaitu pada variabel *thickness*, *strength MD* dan *strength TD* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi atau hubungan antar variabel secara statistik. Pada penelitian ini digunakan uji *Bartlett* berdasarkan persamaan (2.1) dengan menggunakan tingkat signifikansi 0,05. Nilai *Chi-Square* yang diperoleh dengan menggunakan uji *Bartlett* adalah sebesar 15,651. Nilai *Chi-Square* yang diperoleh memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *Chi-Square* tabel yaitu sebesar 7,815 dengan derajat bebas sebesar 3, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel tersebut saling dependen. Selain itu dapat dilihat pula dari nilai *p-value* yang diperoleh sebesar 0,001, nilai tersebut lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga variabel saling berkorelasi sehingga monitoring proses dengan menggunakan diagram kendali multivariat dapat dilakukan.

#### **4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat**

Pemeriksaan asumsi normal multivariat dilakukan untuk ketiga variabel karakteristik kualitas film kemasan BOPP yaitu *thickness*,

*strength MD*, dan *strength TD*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data sesuai dengan persamaan (2.3), didapatkan nilai  $W$  sebesar 0,96792 dan  $p\text{-value} = 0,0487$ . Nilai  $p\text{-value}$  lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05, dikarenakan nilai  $p\text{-value}$  lebih kecil dari taraf signifikansi maka dapat disimpulkan bahwa data karakteristik kualitas film kemasan fleksibel BOPP tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Salah satu kelebihan diagram kendali MEWMV dan MEWMA adalah tahan atau *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat, sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan.

#### 4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Film BOPP

Diagram kendali MEWMV digunakan untuk memonitor variabilitas proses tanpa adanya asumsi terjadi perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung. Dalam penelitian ini MEWMV digunakan untuk memonitoring variabilitas proses pada variabel *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD* dengan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  kurang antara 0,1 hingga 0,9 yang nantinya dapat ditentukan diagram yang paling sensitif dalam mendeteksi variabilitas proses dari produk film BOPP.

Tahap awal yang dilakukan adalah monitoring variabilitas proses dengan menggunakan pembobotan dengan nilai yang sama untuk kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  sehingga diperoleh hasil pada Tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Diagram Kendali MEWMV Dengan Kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  yang Sama

$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr(Vn)	In Control pada Titik Ke-
0,1	0,1	2,7900	1292,209	70
0,2	0,2	3,3086	1021,004	30
0,3	0,3	3,6602	781,707	18
0,4	0,4	3,9219	574,315	13
0,5	0,5	4,1191	398,830	9
0,6	0,6	4,2715	255,251	7
0,7	0,7	4,3836	143,579	6
0,8	0,8	4,4590	63,813	5
0,9	0,9	4,4984	15,953	3

Pada tahap awal pengendalian variabilitas proses dilakukan pembobotan dengan nilai yang sama untuk kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$ , hal itu digunakan sebagai langkah awal untuk mendapatkan pola plot

$\text{tr}(\mathbf{Vn})$  pada diagram kendali MEWMV. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan mengkombinasikan salah satu nilai  $\omega$  dengan salah satu nilai  $\lambda$  yang berbeda untuk mengamati nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  dan kecepatan kestabilan proses. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3** Diagram Kendali MEWMV Dengan Kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  yang Berbeda

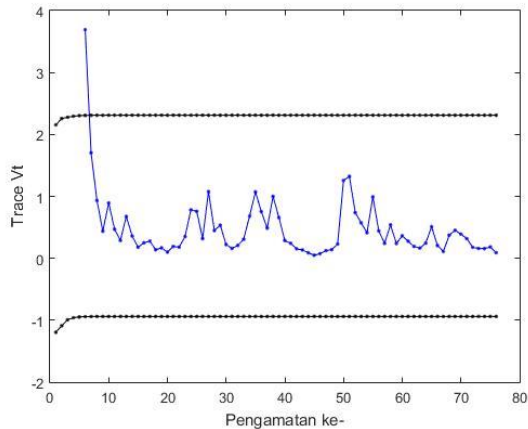
$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr(Vn)	<i>In Control pada Titik Ke-</i>
0,2	0,8	3,3594	63,813	26
0,4	0,6	3,9395	255,251	12
0,7	0,3	4,3816	781,707	10
0,9	0,1	4,5234	1292,209	25

Pada Tabel 4.2 dan 4.3 dapat diketahui bahwa nilai  $\omega$  sangat memengaruhi kecepatan kestabilan proses, hal ini dapat dilihat pada nilai  $\omega = 0,4$ , pada kombinasi di Tabel 4.2 maupun 4.3, menunjukkan bahwa titik proses mulai stabil memiliki nilai 13 dan 12 yang menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda walaupun dengan kombinasi  $\lambda$  yang bernilai 0,4 ataupun bernilai 0,6. Sedangkan nilai  $\lambda$  memengaruhi titik  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  maksimal pada diagram kendali. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 maupun 4.3, dengan nilai  $\lambda = 0,8$  dengan kombinasi nilai  $\omega$  sebesar 0,8 dan 0,2 didapatkan nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  maksimal yang sama yaitu sebesar 63,813. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai  $\omega$ , kestabilan proses akan semakin cepat. Sedangkan jika semakin tinggi nilai  $\lambda$ , maka nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  maksimal akan semakin kecil. Berdasarkan kombinasi pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang telah dilakukan, maka pembobot yang paling memungkinkan untuk digunakan adalah dengan kombinasi nilai  $\omega$  dengan  $\lambda$  sebesar 0,6 hingga 0,9. Hal tersebut dikarenakan atas pertimbangan kecepatan titik proses mulai stabil serta titik  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  terjauh dari batas kendali atas.

Hasil plot nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  dari diagram kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,6$  disajikan dalam Gambar 4.1. Plot dari nilai  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  didapatkan berdasarkan persamaan (2.19). Plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  pada Gambar 4.1 bermula dari observasi ke-6, 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



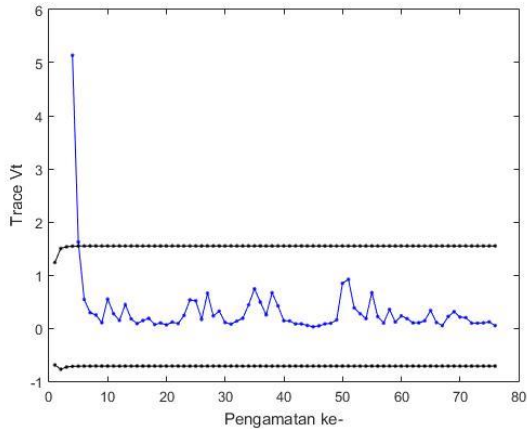
pada pembobot dan yang digunakan, nilai L dapat dilihat pada Lampiran D. Nilai L untuk  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,6$  sebesar 4,2715. Berikut hasil diagram kendali yang diperoleh.



**Gambar 4.1** Diagram Kendali MEWMV  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,6$

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa nilai batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) berdasarkan persamaan (2.22) masing-masing adalah 2,309 dan -0,940. Nilai BKB yang bernilai negatif dianggap bernilai nol karena merupakan nilai positif yang paling minimum. Penilaian produksi dilihat ketika proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-7. 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 jenis film kemasan lain. Berdasarkan nilai pembobot tersebut dapat diketahui bahwa tidak terdapat nilai pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah setelah titik proses mulai stabil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses variabilitas untuk pembobot  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,6$  sudah terkendali secara statistik.

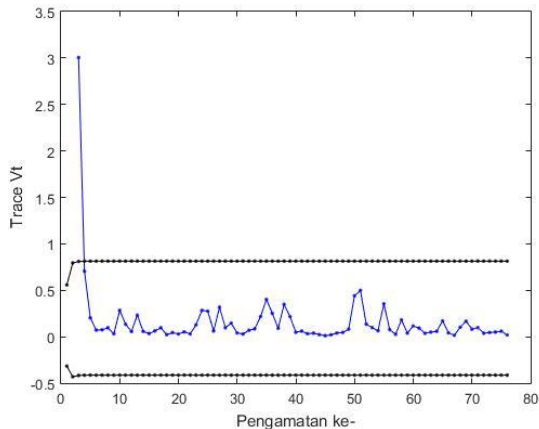
Selanjutnya dilakukan monitoring variabilitas proses produksi menggunakan diagram kendali MEWMV dengan pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$ , dan  $L = 4,3836$  dengan hasil diagram kendali ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2** Diagram Kendali MEWMV  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing bernilai 1,546 dan -0,717. Nilai BKB yang bernilai negatif dianggap bernilai nol karena merupakan nilai positif yang paling minimum. Gambar 4.2 menunjukkan plot  $tr(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari pengamatan ke-4, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Penilaian produksi dilihat ketika proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-6. Berdasarkan nilai pembobot tersebut dapat diketahui bahwa tidak terdapat nilai pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah setelah titik proses mulai stabil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses variabilitas untuk pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$  sudah terkendali secara statistik. Pembobot ini lebih baik dari sebelumnya dikarenakan prosesnya lebih cepat stabil dibandingkan dengan pembobot yang sebelumnya.

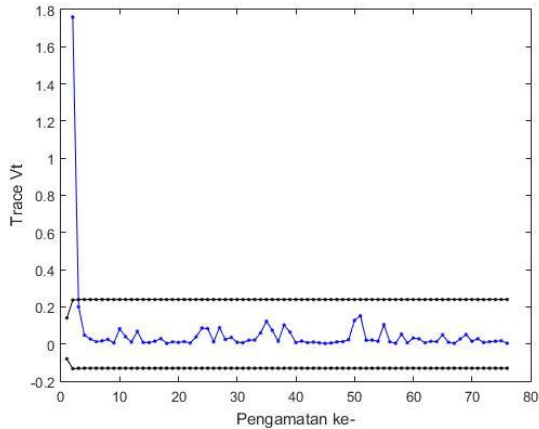
Selanjutnya monitoring variabilitas proses produksi menggunakan pembobot  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,8$  dengan  $L = 4,4590$ . Gambar 4.3 menunjukkan plot  $tr(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari pengamatan ke-3, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Hasil dari pembobot dan  $L$  tersebut disajikan pada Gambar 4.3 berikut.



**Gambar 4.3** Diagram Kendali MEWMV  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,8$

Berdasarkan Gambar 4.3 dengan nilai pembobot tersebut dapat diketahui bahwa tidak terdapat nilai pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah setelah titik proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-4. Nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah untuk pembobot tersebut masing-masing bernilai 0,813 dan -0,414 dimana Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol karena merupakan nilai positif yang paling minimum. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses variabilitas untuk pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$  sudah terkendali secara statistik. Pembobot ini lebih baik dibandingkan ke-2 pembobot sebelumnya dikarenakan prosesnya lebih cepat stabil dibandingkan dengan kedua pembobot sebelumnya.

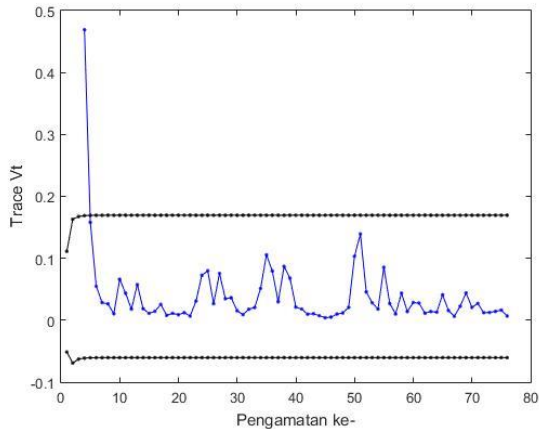
Selanjutnya monitoring variabilitas proses produksi menggunakan pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ , dan  $L = 4,49843$ . Hasil dari pembobot dan  $L$  tersebut disajikan pada Gambar 4.4 yang menunjukkan nilai batas kendali atas bernilai 0,239 dan batas kendali bawah bernilai -0,131. Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol. Gambar 4.4 menunjukkan plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari pengamatan ke-2, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Berikut adalah plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  yang disajikan pada Gambar 4.4



**Gambar 4.4** Diagram Kendali MEWMV  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$

Berdasarkan Gambar 4.4 dengan nilai pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  dapat diketahui bahwa tidak terdapat nilai pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah setelah titik proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses variabilitas untuk pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  sudah terkendali secara statistik.

Selanjutnya kombinasi nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  yang juga dilakukan untuk memonitoring variabilitas proses produksi adalah menggunakan pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ , dan  $L = 4,3758$ . Hasil dari pembobot dan  $L$  tersebut disajikan pada Gambar 4.5. Pada Gambar 4.5 menunjukkan plot  $\text{tr}(\mathbf{Vn})$  yang bermula dari pengamatan ke-4, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai batas kendali atas bernilai 0,206 dan batas kendali bawah bernilai -0,097. Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol. Dapat diketahui pula bahwa proses mulai stabil pada pengamatan ke-5. Berdasarkan Gambar 4.5 dengan nilai pembobot tersebut dapat diketahui bahwa tidak terdapat nilai pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah setelah titik proses mulai stabil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses variabilitas untuk pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$  sudah terkendali secara statistik.



**Gambar 4.5** Diagram Kendali MEWMV  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$

Berdasarkan kelima pembobot yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diketahui bahwa kelima pembobot tersebut menunjukkan variabilitas proses yang sudah terkendali secara statistik. Akan tetapi monitoring variabilitas proses juga perlu dilakukan untuk semua kombinasi nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  antara 0,6 hingga 0,9 untuk mendapatkan pembobot yang paling optimal. Percobaan pengendalian variabilitas proses dengan pembobot lainnya dapat dilihat pada Lampiran F.

Nilai yang paling minimum dari selisih  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  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. 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. Selain itu pembobot yang paling sensitif untuk mendeteksi adanya *out of control* lebih cepat juga menjadi pertimbangan dalam menentukan besarnya nilai pembobot optimal yang digunakan. Berikut hasil perhitungan nilai pembobot optimal untuk MEWMV yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Hasil Perhitungan Nilai Pembobot Optimal Untuk MEWMV

$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr(Vn)	BKA	Max Tr (Vn)- BKA	BKB	BKA-BKB	In Control pada Titik Ke-
0,6	0,6	4,2715	255,251	2,309	252,942	-0,940	3,249	7
0,6	0,7	4,2734	143,579	1,411	142,168	-0,581	1,992	7
0,6	0,8	4,2813	63,813	0,686	63,127	-0,287	0,973	7
0,6	0,9	4,2715	15,953	0,189	15,765	-0,080	0,269	6
0,7	0,6	4,3875	255,251	2,538	252,713	-1,168	3,706	6
0,7	0,7	4,3836	143,579	1,546	142,033	-0,717	2,263	6
0,7	0,8	4,3836	63,813	0,750	63,063	-0,351	1,101	5
<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>4,3758</b>	<b>15,953</b>	<b>0,206</b>	<b>15,747</b>	<b>-0,097</b>	<b>0,303</b>	<b>5</b>
0,8	0,6	4,4688	255,251	2,765	252,486	-1,395	4,160	5
0,8	0,7	4,4629	143,579	1,681	141,898	-0,851	2,532	5
0,8	0,8	4,4590	63,813	0,813	63,000	-0,414	1,227	4
0,8	0,9	4,4551	15,953	0,223	15,730	-0,114	0,337	4
0,9	0,6	4,5137	255,251	2,988	252,263	-1,620	4,608	4
0,9	0,7	4,5098	143,579	1,815	141,764	-0,985	2,800	4
0,9	0,8	4,5078	63,813	0,876	62,936	-0,477	1,353	4
0,9	0,9	4,4984	15,953	0,239	15,714	-0,131	0,370	3

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa nilai minimum dari  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  adalah 15,714 yang diperoleh menggunakan pembobotan  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ . selisih batas kendali atas dan batas kendali bawah yang diperoleh bernilai 0,370 dengan proses mulai stabil berada pada pengamatan ke-3. Akan tetapi pembobotan yang digunakan mendapatkan hasil batas kendali yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan pembobot  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,9$  yang bernilai 0,269 dan proses mulai stabil berada pada pengamatan ke-6. Dengan menggunakan pembobotan  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,9$  diperoleh nilai minimum dari  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  sebesar 15,765, nilai ini tidak jauh berbeda dengan menggunakan pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ .

Apabila digunakan pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  maka produk yang dihasilkan akan lebih beresiko pada konsumen, namun jika dengan pembobot  $\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,9$  akan lebih beresiko pada produsen meskipun selisihnya tidak terlalu jauh. Pembobot yang digunakan dengan memperhatikan resiko produsen dan konsumen agar kedua belah pihak tidak saling merugikan adalah dengan

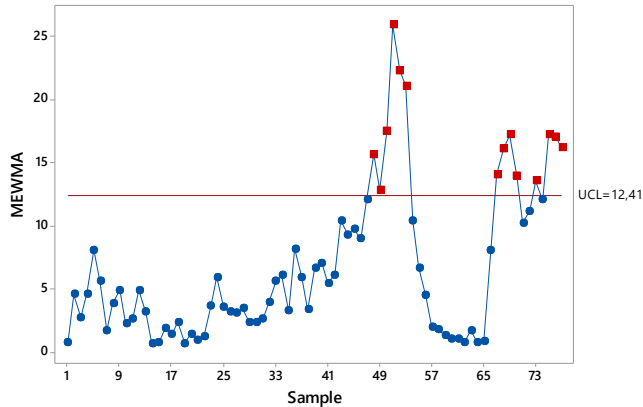
menggunakan pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Pembobotan ini merupakan nilai yang paling optimal untuk mendeteksi adanya data *out of control* dengan nilai minimum  $|\max \text{tr}(\mathbf{Vn}) - \text{BKA}|$  adalah 15,747 dan selisih batas kendali atas dengan batas kendali bawah bernilai 0,303 dengan proses mulai stabil berada pada pengamatan ke-5 keadaan ini dikarenakan proses dimana keadaan mesin sedang menstabilkan proses, sehingga kebaikan proses produksi dapat dinilai ketika prosesnya mulai stabil.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram kendali MEWMV dengan pembobot optimum yaitu  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$  dapat disimpulkan bahwa proses sudah terkendali secara statistik dikarenakan tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali atas dan batas kendali bawah setelah proses sudah stabil. Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali MEWMA terhadap data yang sudah *in control* pada diagram kendali MEWMV yang diperoleh.

#### **4.5 Pengendalian Rata-Rata Proses Produksi Film BOPP**

Pengendalian rata-rata proses dilakukan dengan menggunakan diagram kendali MEWMA dimana titik yang akan di plot adalah nilai yang sudah diboboti dengan pembobot yang telah ditentukan sebelumnya. Titik pengamatan tersebut disimbolkan dengan  $Ti^2$  yang diperoleh dari persamaan (2.24). 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. Pemilihan pembobot tersebut, berkaitan dengan belum pernah dilakukan pengendalian kualitas statistik di PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo dengan menggunakan metode diagram kendali MEWMA sehingga dilakukan langkah awal untuk menentukan pembobotan yang paling optimal. Data yang digunakan sama dengan diagram kendali MEWMV sebelumnya yaitu data pada tahun 2018 sebanyak 77 data.

Pembobot pertama yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\lambda = 0,1$ . hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut.

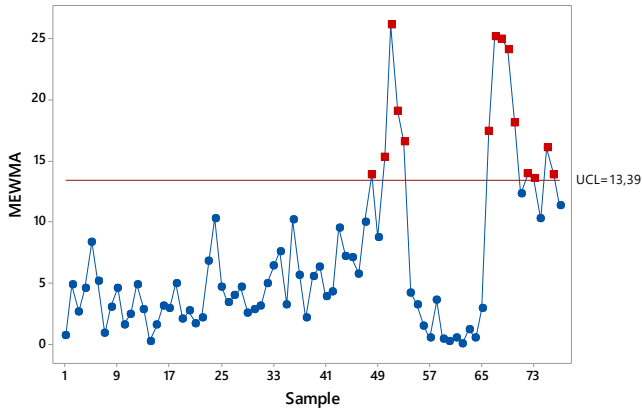


**Gambar 4.6** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,1$

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4.6 diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 12.41. Pola titik pengamatan yang diperoleh pada Gambar 4.6 menunjukkan pola fluktuatif dan terdapat titik  $Ti^2$  yang berada diluar batas kendali atas yaitu sebanyak 14 titik. Nilai  $Ti^2$  tertinggi berada pada titik ke-51 yaitu sebesar 25,92, dengan selisih batas kendali dan titik maksimum sebesar 13.51. sehingga kesimpulan yang dapat diperoleh dengan menggunakan pembobot sebesar  $\lambda = 0,1$  berdasarkan hasil diatas adalah rata-rata proses belum terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot  $\lambda = 0,2$  untuk perbandingan pembobot sebelumnya. Pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot  $\lambda = 0,2$  menghasilkan pola yang sama dengan pembobot  $\lambda = 0,1$  yaitu menunjukkan pola fluktuatif. Nilai batas kendali atas yang diperoleh dengan menggunakan pembobot sebesar 0,2 adalah sebesar 13,39. Nilai tersebut lebih besar dari pembobot sebelumnya, sehingga batas kendali pada diagram kendali ini lebih lebar dibanding batas kendali pada Gambar 4.6 yang menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,1. Berikut hasil diagram kendali MEWMA untuk pembobot  $\lambda = 0,2$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

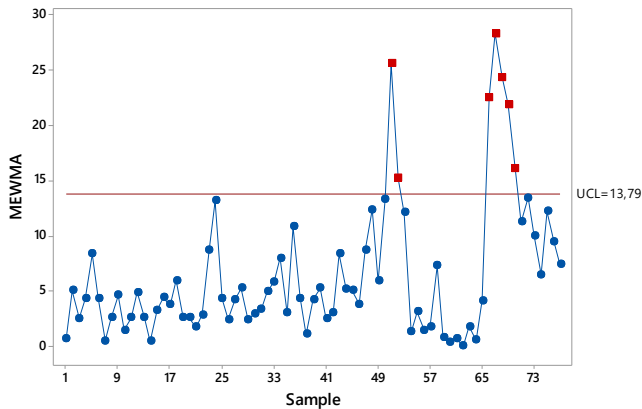




**Gambar 4.7** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,2$

Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,2 diperoleh nilai titik pengamatan  $Ti^2$  tertinggi berada pada titik ke-51 yaitu sebesar 26,11 sehingga selisih yang diperoleh dari batas kendali atas dengan nilai pada titik maksimum sebesar 12,72. Nilai ini menunjukkan bahwa lebar batas kendali untuk pembobot  $\lambda = 0,2$  lebih kecil dibandingkan dengan pembobot sebelumnya. Selain itu, Gambar 4.7 menunjukkan terdapat titik  $Ti^2$  yang berada diluar batas kendali atas yaitu sebanyak 14 pengamatan, dimana jumlah tersebut sama dengan menggunakan pembobot sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses untuk pembobot  $\lambda = 0,2$  tidak terkendali secara statistik.

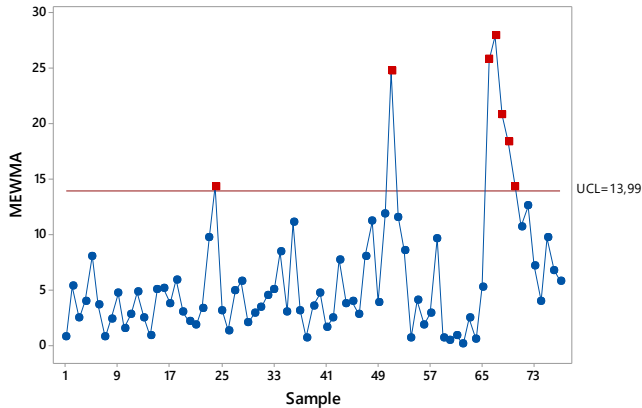
Nilai pembobot yang digunakan untuk analisis selanjutnya adalah sebesar 0,3. Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,3 menunjukkan batas kendali atas sebesar 13,79. Nilai batas kendali atas yang diperoleh memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kedua pembobot sebelumnya sehingga batas kendali pada diagram kendali ini lebih lebar dibanding batas kendali sebelumnya. Pola yang diperoleh menggunakan pembobot 0,3 menunjukkan pola fluktuatif. Hasil diagram kendali MEWMA untuk pembobot  $\lambda = 0,3$  disajikan pada Gambar 4.8 berikut.



**Gambar 4.8** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,3$

Gambar 4.8 menunjukkan terdapat terdapat titik  $Ti^2$  yang mengalami *out of control* dikarenakan melewati batas kendali atas yaitu sebanyak 7 pengamatan. Jumlah ini menunjukkan nilai yang lebih sedikit dibandingkan dengan pembobot 0,1 dan 0,2. Selain itu, Gambar 4.8 menunjukkan nilai titik pengamatan  $Ti^2$  tertinggi berada pada titik ke-67 yaitu sebesar 28,33 sehingga selisih yang diperoleh dari batas kendali atas dengan nilai pada titik maksimum sebesar 14,54 yang menunjukkan bahwa lebar batas kendali untuk pembobot  $\lambda = 0,3$  lebih besar dibandingkan dengan kedua pembobot sebelumnya. Berdasarkan hasil yang dipaparkan dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses untuk pembobot  $\lambda = 0,3$  tidak terkendali secara statistik.

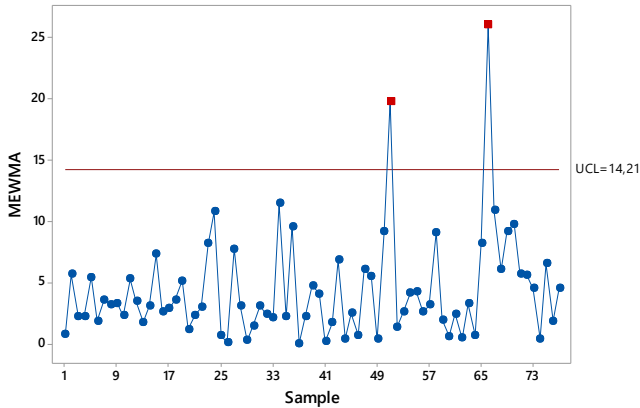
Selanjutnya dilakukan analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot  $\lambda = 0,4$ . Pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot  $\lambda = 0,4$  menghasilkan pola yang sama dengan pembobot sebelumnya yaitu menunjukkan pola fluktuatif. Nilai batas kendali atas yang diperoleh dengan menggunakan pembobot sebesar 0,4 adalah sebesar 13,99. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan ketiga pembobot sebelumnya, sehingga batas kendali pada diagram kendali ini lebih lebar dibanding batas kendali sebelumnya. Berikut hasil diagram kendali MEWMA untuk pembobot  $\lambda = 0,4$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,4$

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4.9 menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,4 diperoleh nilai titik pengamatan  $Ti^2$  tertinggi berada pada titik ke-67 yaitu sebesar 27,95 sehingga selisih yang diperoleh dari batas kendali atas dengan nilai pada titik kendali maksimum sebesar 13,96. Nilai ini menunjukkan bahwa lebar batas kendali untuk pembobot  $\lambda = 0,4$  lebih besar dibandingkan dengan pembobot 0,1 dan 0,2 akan tetapi lebih kecil dibandingkan dengan pembobot 0,3. Selain itu, Gambar 4.7 menunjukkan terdapat titik  $Ti^2$  yang berada diluar batas kendali atas yaitu sebanyak 7 pengamatan, dimana jumlah tersebut sama dengan menggunakan pembobot 0,3 akan tetapi lebih sedikit dibandingkan dengan pembobot 0,1 dan 0,2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses untuk pembobot  $\lambda = 0,4$  tidak terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot  $\lambda = 0,9$ . Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,9 menunjukkan batas kendali atas sebesar 14,21. Diagram kendali ini lebih lebar dibanding batas kendali sebelumnya dikarenakan memiliki nilai batas kendali yang lebih besar. Pola yang diperoleh menunjukkan pola fluktuatif. Hasil diagram kendali MEWMA untuk pembobot  $\lambda = 0,9$  disajikan pada Gambar 4.10 berikut.



**Gambar 4.10** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,9$

Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,9 diperoleh nilai titik pengamatan  $Ti^2$  tertinggi berada pada titik ke-66 yaitu sebesar 26,00 sehingga selisih yang diperoleh dari batas kendali atas dengan nilai pada titik kendali maksimum sebesar 11,79. Nilai ini menunjukkan bahwa lebar batas kendali untuk pembobot  $\lambda = 0,9$  lebih kecil dibandingkan dengan pembobot-pembobot sebelumnya. Selain itu, Gambar 4.7 menunjukkan terdapat titik  $Ti^2$  yang mengalami *out of control* dikarenakan melewati batas kendali atas yaitu sebanyak 2 pengamatan, dimana jumlah tersebut lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan pembobot-pembobot sebelumnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses untuk pembobot  $\lambda = 0,9$  tidak terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas dengan percobaan lainnya dengan beda antar pembobot sebesar 0,1 yang dapat dilihat secara rinci pada Lampiran G. Selanjutnya dilakukan pemilihan pembobot terbaik. Pemilihan pembobot terbaik diperhitungkan dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas 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 4.5 berikut.

**Tabel 4.5** Hasil Perhitungan Nilai Pembobot Optimal untuk MEWMA

$\lambda$	BKA	Titik Maksimum	Selisih	Titik <i>Out of Control</i>
0,1	12,41	25,92	13,51	14
0,2	13,39	26,11	12,72	14
0,3	13,79	28,33	14,54	7
0,4	13,99	27,95	13,96	7
0,5	14,10	27,68	13,58	6
0,6	14,16	28,39	14,23	3
0,7	14,19	28,19	14,00	3
0,8	14,21	27,33	13,12	3
<b>0,9</b>	<b>14,21</b>	<b>26,00</b>	<b>11,79</b>	<b>2</b>

Pembobot optimal yang dianggap paling sensitif untuk pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA berdasarkan pertimbangan dari resiko produsen dan konsumen adalah  $\lambda = 0,9$ . Pemilihan pembobot ini dikarenakan nilai selisih antara titik maksimum dengan batas kendali atas (BKA) yang menunjukkan besarnya resiko produsen paling kecil sebesar 11,79. Meskipun nilai batas kendali atas yang menunjukkan besarnya resiko konsumen diperoleh nilai BKA terbesar namun tidak berbeda jauh dibandingkan dengan nilai BKA dari pembobot-pembobot lainnya. Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,9 pada data produksi film BOPP menunjukkan rata-rata proses belum terkendali secara statistik karena masih terdapat 2 titik yang *out of control* atau yang berada di luar batas kendali.

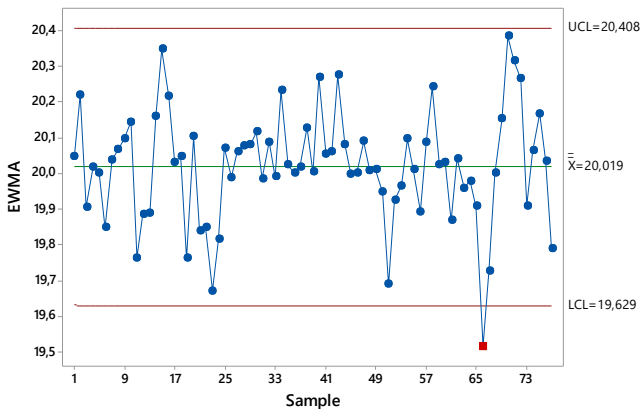
#### 4.6 Identifikasi Penyebab *Out of Control*

Berdasarkan dari hasil analisis pengendalian variabilitas proses dengan menggunakan diagram kendali MEWMV diperoleh variabilitas proses pada PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo sudah

terkendali secara statistik dengan pembobot yang paling optimal adalah  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Sedangkan hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan diagram kendali MEWMA diperoleh rata-rata proses pada PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo dengan menggunakan pembobot optimal yaitu  $\lambda = 0,9$  menunjukkan hasil yang tidak terkendali secara statistik. Sehingga perlu dilakukan identifikasi penyebab terjadinya proses tidak terkendali tersebut dengan melakukan pengendalian kualitas secara individu terhadap masing-masing variabel karakteristik kualitas serta melakukan analisis diagram ishikawa.

#### 4.6.1 Pengendalian Kualitas Film BOPP Secara individu

Pengendalian kualitas secara individu dilakukan untuk mengetahui variabel utama penyebab terjadinya data *out of control* secara multivariat. Pengendalian kualitas secara individu menggunakan diagram kendali EWMA dengan menggunakan pembobot yang sama dengan diagram kendali MEWMA yaitu  $\lambda = 0,9$ . Variabel pertama yang dianalisis adalah variabel *thickness* yang disajikan pada Gambar 4.11 berikut.

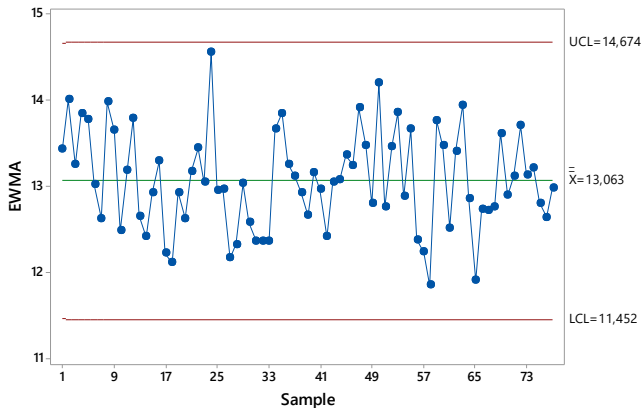


**Gambar 4.11** Diagram Kendali EWMA  $\lambda = 0,9$  Variabel *Thickness*

Hasil diagram kendali EWMA yang disajikan pada Gambar 4.11 menunjukkan pola fluktuatif. Nilai batas kendali atas yang diperoleh

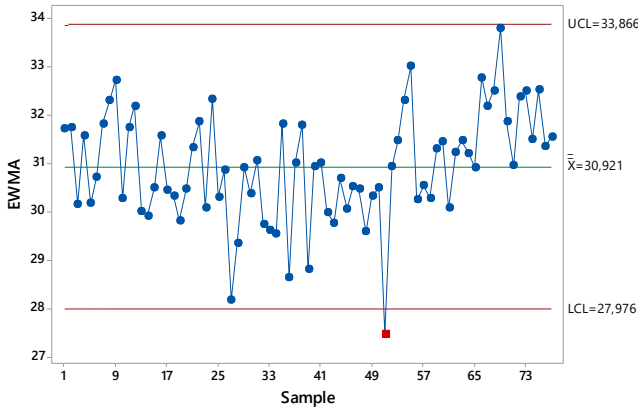
pada Gambar 4.11 adalah sebesar 20,408 dan nilai batas kendali bawah sebesar 19,629 serta nilai *grand mean* sebesar 20,019. Dengan menggunakan pembobot yang sama dengan MEWMA yaitu 0,9 menunjukkan ada titik pengamatan yang keluar dari batas kendali batas kendali bawah yaitu 1 pengamatan sehingga dapat disimpulkan bahwa diagram kendali rata-rata proses variabel *thickness* tidak terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan analisis pengendalian rata-rata proses variabel *strength MD* dengan menggunakan diagram kendali EWMA dengan pembobot yang sama yaitu  $\lambda = 0,9$ . Hasil analisis disajikan pada Gambar 4.12 berikut.



**Gambar 4.12** Diagram Kendali EWMA  $\lambda = 0,9$  Variabel *Strength MD*

Berdasarkan Gambar 4.12 diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 14,674 dan batas kendali bawah sebesar 11,452 serta nilai *grand mean* sebesar 13,063. Diagram kendali EWMA dengan menggunakan pembobot sebesar  $\lambda = 0,9$  menunjukkan variabel *strength MD* sudah terkendali secara statistik dikarenakan tidak ada titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas ataupun batas kendali bawah. Selanjutnya dilakukan analisis pengendalian rata-rata proses variabel *strength TD* dengan menggunakan pembobot yang sama yaitu yaitu  $\lambda = 0,9$ . Berikut hasil analisis yang disajikan pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Diagram Kendali EWMA  $\lambda = 0,9$  Variabel *Strength TD*

Hasil batas kendali atas yang diperoleh sebesar 33,866 dan batas kendali bawah sebesar 27,976 serta nilai *grand mean* sebesar 30,921. Diagram kendali EWMA dengan menggunakan pembobot sebesar  $\lambda = 0,9$  menunjukkan ada titik pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu sebanyak 1 titik pengamatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *strength TD* belum terkendali secara statistik.

Hasil pengendalian kualitas secara individu dari ketiga diagram kendali EWMA dengan pembobot sebesar  $\lambda = 0,9$  menunjukkan variabel *thickness* dan *strength TD* belum terkendali secara statistik sedangkan untuk variabel *strength MD* sudah terkendali secara statistik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebab utama pengamatan multivariat keluar dari batas kendali adalah variabel *thickness* dan *strength TD* dikarenakan terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu masing-masing sebanyak 1 pengamatan.

#### 4.6.2 Analisis Diagram Ishikawa Proses Produksi Film BOPP

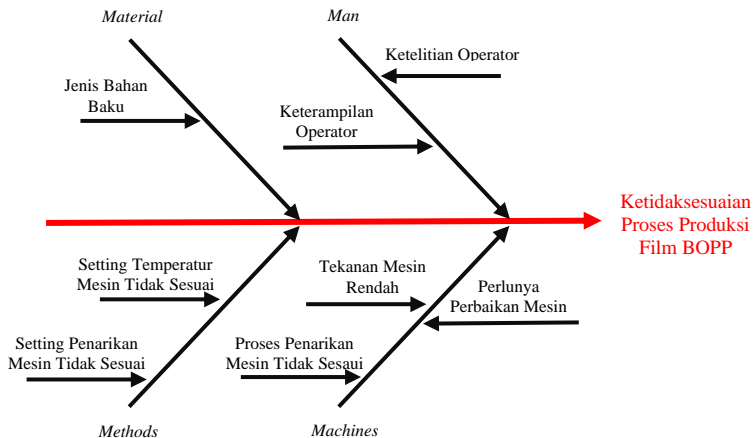
Pengendalian rata-rata proses film BOPP menggunakan diagram kendali MEWMA dengan nilai pembobot yang paling optimum untuk mendeteksi data yang *out of control* yaitu sebesar  $\lambda =$



0,9. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata proses masih dalam kondisi tidak terkendali karena masih terdapat 2 pengamatan yang berada diluar batas kendali.

Berdasarkan hasil monitoring proses yang telah dilakukan, maka PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo perlu untuk melakukan perbaikan proses. Untuk dapat melakukan perbaikan, tentunya pihak perusahaan perlu mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya *out of control*. Analisis yang digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya *out of control* adalah dengan menggunakan diagram ishikawa.

Hasil analisis diagram ishikawa yang diperoleh dengan melakukan *brainstorming* dengan pihak produksi. Penyebab dari proses yang tidak terkendali secara statistik disebabkan oleh 4 faktor yaitu *Material*, *Man*, *Machine* dan *Methods* yang digambarkan melalui diagram ishikawa pada Gambar 4.14 berikut.



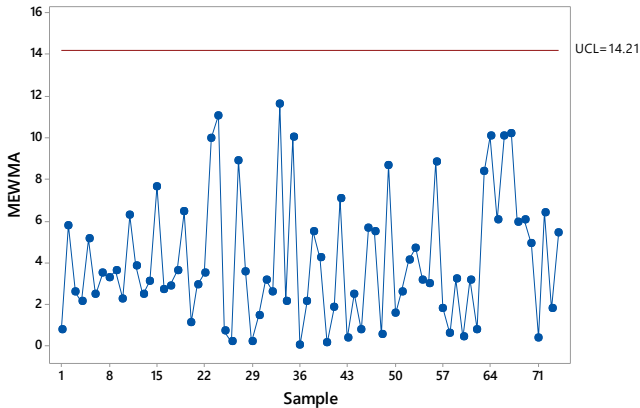
**Gambar 4.14** Diagram Ishikawa Proses Produksi Film BOPP

Berdasarkan penelusuran penyebab adanya proses yang tidak terkendali dengan pihak produksi diketahui bahwa kesalahan terbesar yang menjadi penyebab adanya proses tidak terkendali secara statistik adalah pada faktor mesin, yaitu pada temperatur mesin dan proses penarikan yang tidak sesuai sehingga menyebabkan pemanasan dan proses penarikan material yang tidak sempurna sehingga

menyebabkan film BOPP tidak tercetak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan. Oleh karena itu perlu adanya perawatan mesin secara berkala agar dapat memproduksi secara maksimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan target perusahaan. Faktor lain yang mempengaruhi proses produksi adalah faktor material, dimana kualitas bahan baku yang kurang baik akan mempengaruhi kualitas film BOPP yang dihasilkan sehingga bahan baku yang sesuai standart perusahaan juga perlu diperhatikan.

Ketelitian dan keterampilan operator yang mengoperasikan mesin juga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya cacat pada produksi film BOPP. Faktor manusia tersebut juga merupakan hal yang perlu diperhatikan dikarenakan operator yang kurang teliti saat melakukan *setting* mesin bisa menyebabkan hasil akhir tidak optimal. Tahapan awal proses penyiapan bahan baku juga berpengaruh terhadap kualitas film BOPP yang dihasilkan oleh karena itu operator disarankan untuk menguasai sistem operasional mesin dan diperlukan inspeksi secara intensif terhadap kerja operator. Faktor terakhir yang menyebabkan terjadinya kecacatan adalah faktor metode, kesalahan dalam *setting* temperatur mesin dan penarikan mesin akan berdampak pada proses pembentukan film BOPP menjadi tidak sempurna.

Setelah diketahui penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan pada proses produksi film BOPP dan andaikan pihak perusahaan dapat melakukan proses perbaikan pada faktor penyebab tidak terkendalinya suatu data pengamatan tersebut, maka selanjutnya dilakukan perbaikan pada diagram kendali MEWMA dengan cara cara mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali. Hasil perbaikan diagram kendali MEWMA disajikan pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Diagram Kendali MEWMA  $\lambda = 0,9$  Setelah Perbaikan

Setelah data yang *out of control* dikeluarkan, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 sudah tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali atas dengan nilai sebesar 14,21. sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan perbaikan maka rata-rata proses sudah terkendali secara statistik.

#### 4.7 Kapabilitas Proses Produksi Film BOPP

Analisis 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 oleh perusahaan. 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.

Pada penelitian ini perhitungan kapabilitas proses dilakukan secara univariat dan multivariat. Secara univariat berarti pengukuran kapabilitas proses untuk masing-masing variabel yaitu *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD*. Berdasarkan persamaan (2.26) dan (2.29) diperoleh hasil perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat yang disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6** Kapabilitas Proses Secara Univariat

Variabel	P <sub>p</sub>	P <sub>pk</sub>
<i>Thickness</i>	1,18	1,15
<i>Strength MD</i>	1,87	1,10
<i>Strength TD</i>	2,43	2,41

Hasil yang diperoleh pada Tabel 4.6 menunjukkan nilai P<sub>p</sub> untuk variabel *thickness* sebesar 1,18 dan nilai P<sub>pk</sub> sebesar 1,15. Sedangkan untuk variabel *strength MD* dan *strength TD* diperoleh nilai P<sub>p</sub> masing-masing sebesar 1,87 dan 2,43 dan nilai P<sub>pk</sub> masing-masing sebesar 1,10 dan 2,41. Nilai P<sub>p</sub> dalam kapabilitas proses hanya menggambarkan presisi proses sedangkan nilai P<sub>pk</sub> menggambarkan akurasi dan presisi proses. Ketika masing-masing nilai tersebut lebih besar dari satu maka dapat dikatakan bahwa proses kapabel. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kapabilitas proses untuk variabel *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD* sudah kapabel yang artinya memiliki presisi dan akurasi yang baik dikarenakan nilai P<sub>p</sub> dan P<sub>pk</sub> bernilai lebih dari satu.

Setelah dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat, maka selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses secara multivariat untuk variabel *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD*. Berdasarkan persamaan (2.30) dan (2.31) diperoleh hasil analisis kapabilitas proses secara multivariat sebagai berikut.

$$MP_p = (0,5 \times 1,18) + (0,3 \times 1,87) + (0,2 \times 2,43) = 1,64$$

$$MP_{pk} = (0,5 \times 1,15) + (0,3 \times 1,10) + (0,2 \times 2,41) = 1,39$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan melakukan perhitungan indeks kapabilitas proses secara multivariat didapat nilai MP<sub>p</sub> sebesar 1,64 dan MP<sub>pk</sub> sebesar 1,39. Nilai MP<sub>p</sub> dan MP<sub>pk</sub> bernilai lebih dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja proses secara multivariat telah kapabel atau memiliki tingkat presisi dan akurasi proses yang baik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis pada Bab IV adalah variabilitas proses produksi film BOPP sudah terkendali secara statistik dengan pembobot optimal  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Sedangkan rata-rata proses produksi film BOPP tidak terkendali secara statistik dikarenakan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali dengan pembobot yang paling optimal  $\lambda = 0,9$ . Adapun hasil identifikasi penyebab *out of control* menunjukkan bahwa variabel utama penyebab terjadi *out of control* pada rata-rata proses adalah variabel *thickness* dan *strength TD*.

Hasil perhitungan kapabilitas proses secara multivariat menunjukkan kinerja proses produksi film BOPP terhadap variabel *thickness*, *strength MD*, dan *strength TD* sudah kapabel atau memiliki presisi dan akurasi yang baik dikarenakan nilai indeks kinerja proses  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$  bernilai lebih dari satu yaitu nilai  $MP_p$  sebesar 1,64 dan nilai  $MP_{pk}$  sebesar 1,39.

#### 5.2 Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat melanjutkan dengan menambahkan fase 2, agar dapat dilakukan evaluasi serta pengontrolan proses selanjutnya.
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 yang ditentukan. Dengan memerhatikan resiko produsen dan konsumen, maka dapat disarankan bahwa pembobot yang paling optimal untuk mendeteksi adanya data *out of control* pada diagram kendali MEWMV adalah dengan pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Sedangkan pembobot optimal yang disarankan untuk diagram kendali MEWMA adalah  $\lambda = 0,9$ .

3. Dalam melakukan proses produksi film BOPP, PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo harus melakukan perbaikan proses karena terdapat produksi film BOPP yang tidak terkendali dalam rata-rata. Selain itu, faktor-faktor penyebab ketidak sesuaian proses produksi film BOPP harus menjadi prioritas perbaikan sehingga proses produksi kedepannya dapat terkendali dan sesuai dengan yang diharapkan oleh PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Industri Kecil dan Menengah Departemen Perindustrian. (2007). *Gema Industri Kecil Menengah, Media Informasi & Promosi Industri Kecil Menengah*. Jakarta: Direktorat Industri Kecil Menengah.
- Faradiba, N. (2018). *Pengendalian Kualitas Produk Kertas koran di PT. Adiprima Suraprinta menggunakan Diagram Kendali Multivariat*. FMKSD Statistika ITS Surabaya.
- 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.
- 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 Kendali (6th ed.)*. USA: John Wiley Sons, Inc.
- Morrison, D. (1990). *Multivariate Statistical Methods (Third Edition)*. New York: Mc Graw Hill Publishing Comfiney.
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 5, No. 9, 2736.
- Shapiro, S. S.& Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52 (3-4), pp 591-611.
- Sucipta, I. N., Suriashi, K., & Kencana, P. K. (2017). *Pengemasan Pangan Kajian Pengemasan Yang Aman, Nyaman, Efektif Dan Efisien*. Udayana Universitas PRESS.

Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*. Terjemahan oleh Ir. Bambang Sumantri. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Widiatmoko, Didit & Soewardikoen. (2013). *Metodologi Penelitian Visual, Bandung*: Dinamika Komunikasi.



## LAMPIRAN

### Lampiran A. Data Ukuran Kualitas Film BOPP

No	Thickness	Strength MD	Strength TD
1	20,05	13,47	31,81
2	20,24	14,07	31,74
3	19,87	13,17	29,98
4	20,03	13,91	31,73
5	20,00	13,76	30,01
6	19,83	12,93	30,77
7	20,06	12,58	31,93
8	20,07	14,13	32,34
9	20,10	13,61	32,76
10	20,15	12,35	30,01
11	19,72	13,27	31,89
12	19,90	13,85	32,23
13	19,89	12,53	29,76
14	20,19	12,39	29,90
15	20,37	12,98	30,56
16	20,20	13,33	31,68
17	20,01	12,10	30,31
18	20,05	12,10	30,31
19	19,73	13,02	29,75
20	20,14	12,59	30,54
21	19,81	13,23	31,42
22	19,85	13,47	31,91
23	19,65	13,00	29,88
24	19,83	14,72	32,57
25	20,10	12,78	30,07
26	19,98	12,96	30,91
27	20,07	12,08	27,87
28	20,08	12,34	29,47
29	20,08	13,11	31,09
30	20,12	12,53	30,31
31	19,97	12,34	31,13
32	20,10	12,36	29,59
33	19,98	12,36	29,59
34	20,26	13,81	29,53
35	20,00	13,87	32,07
36	20,00	13,19	28,29
37	20,02	13,10	31,25
39	19,99	12,63	28,47

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

---

## Lampiran B. Pengujian Independensi

### KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.499
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	15.651
	df	3
	Sig.	.001

## Lampiran C. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```
> Multivariat=read.table("F:/DataTA.txt")
> c = t(Multivariat[1:77,1:3])
> library(mvnormtest)
> mshapiro.test(c)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: Z

W = 0.96792, p-value = 0.0487

**Lampiran D1.** 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 D2.** Tabel Nilai L dengan  $p = 3$

$\omega$	$\lambda$	$L$	$\omega$	$\lambda$	$L$	$\omega$	$\lambda$	$L$
0.1	0.1	2.7900	0.4	0.1	3.8984	0.7	0.1	4.3777
	0.2	2.7939		0.2	3.9063		0.2	4.3797
	0.3	2.7949		0.3	3.9121		0.3	4.3816
	0.4	2.7988		0.4	3.9219		0.4	4.3836
	0.5	2.7979		0.5	3.9277		0.5	4.3855
	0.6	2.8027		0.6	3.9395		0.6	4.3875
	0.7	2.8066		0.7	3.9492		0.7	4.3836
	0.8	2.8105		0.8	3.9511		0.8	4.3836
	0.9	2.8164		0.9	3.9492		0.9	4.3758
0.2	0.1	3.3105	0.5	0.1	4.1016	0.8	0.1	4.4707
	0.2	3.3086		0.2	4.1016		0.2	4.4668
	0.3	3.3164		0.3	4.1094		0.3	4.4629
	0.4	3.3213		0.4	4.1152		0.4	4.4688
	0.5	3.3340		0.5	4.1191		0.5	4.4688
	0.6	3.3438		0.6	4.1270		0.6	4.4688
	0.7	3.3535		0.7	4.1367		0.7	4.4629
	0.8	3.3594		0.8	4.1387		0.8	4.4590
	0.9	3.3691		0.9	4.1328		0.9	4.4551
0.3	0.1	3.6484	0.6	0.1	4.2578	0.9	0.1	4.5234
	0.2	3.6523		0.2	4.2578		0.2	4.5195
	0.3	3.6602		0.3	4.2617		0.3	4.5117
	0.4	3.6699		0.4	4.2695		0.4	4.5195
	0.5	3.6797		0.5	4.2715		0.5	4.5176
	0.6	3.6895		0.6	4.2715		0.6	4.5137
	0.7	3.6943		0.7	4.2734		0.7	4.5098
	0.8	3.7011		0.8	4.2813		0.8	4.5078
	0.9	3.7070		0.9	4.2715		0.9	4.4984

**Lampiran E.** Program Diagram Kendali MEWMV

```

X =importdata('C:/Users/Nisar/Documents/MATLAB/DataTA.txt');
omega=0.8;
lamda=0.8;
p=3;
L= 4.4590;
[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
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

```

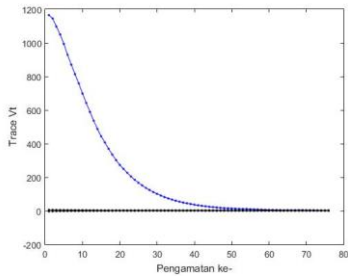
**Lampiran E.** Program Diagram Kendali MEWMV (Lanjutan)

```

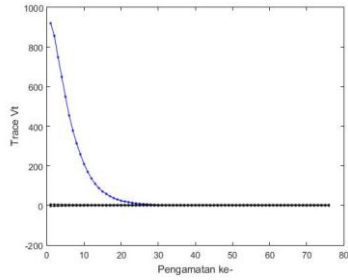
C=diag(elemenC);
Q=(Ipartu-Mpartu)*C*(Ipartu-Mpartu);
trv(u)=trace(Q*Apartu);
ekspektasi(u)=p*trace(Q);
Q2=Q.^2;
sumQ2=sum(sum(Q2));
var(u)=2*p*sumQ2;
ba=ekspektasi+(L*sqrt(var));
bb=ekspektasi-(L*sqrt(var));
end
trvpartial=trv(:,1:t);
ekspekpartial=ekspektasi(:,1:t);
varpartial=var(:,1:t);
bapartial=ba(:,1:t);
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
x=1:t;
plot(x,trvpartial,'b.-',x,bapartial,'k.-',x,bbpartial,'k.-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('Trace Vt');

```

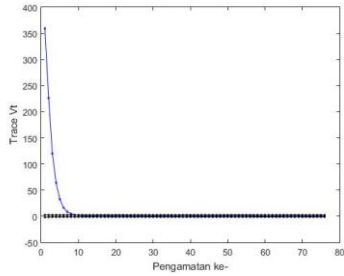
## Lampiran F. Diagram Kendali MEWMV



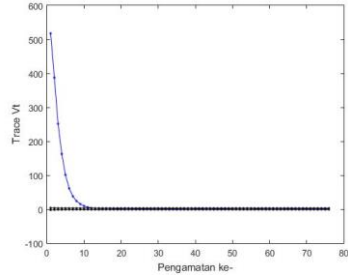
$$\omega = 0,1 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



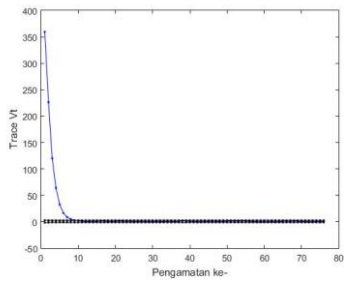
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,2$$



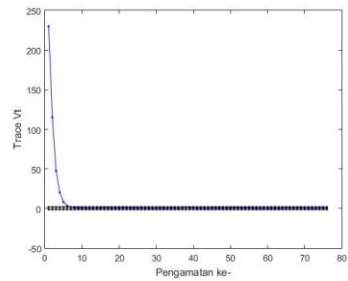
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



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

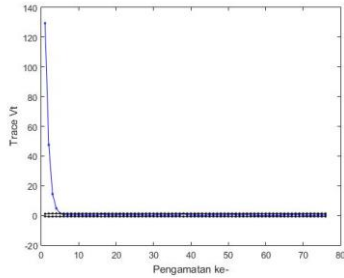


$$\omega = 0,5 \text{ dan } \lambda = 0,5$$

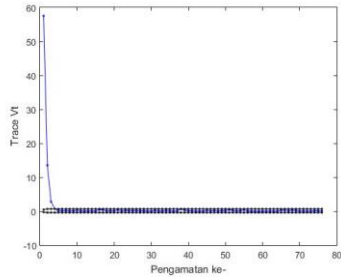


$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,6$$

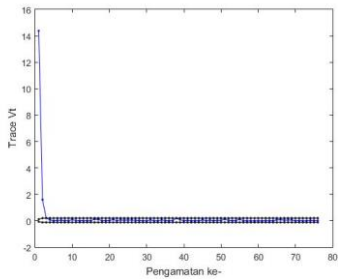




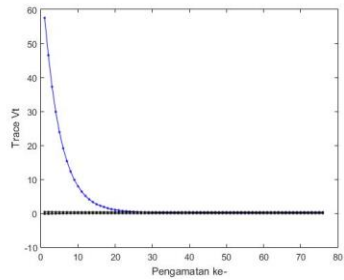
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



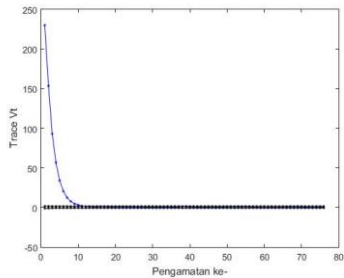
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



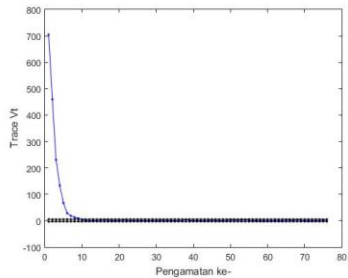
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



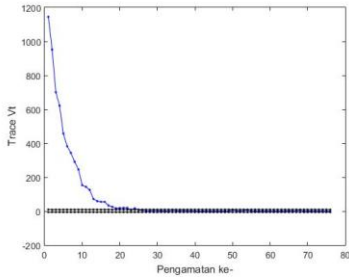
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



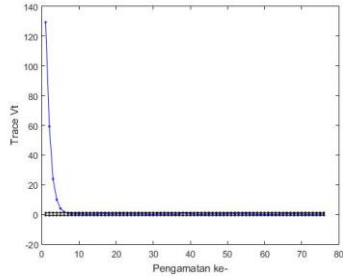
$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



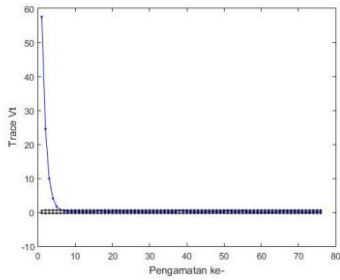
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



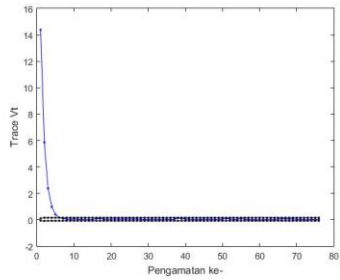
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



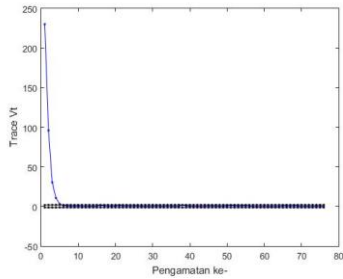
$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



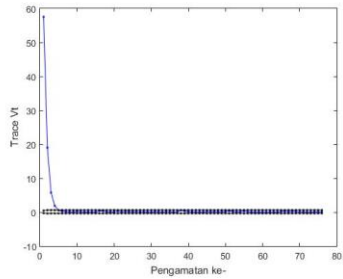
$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



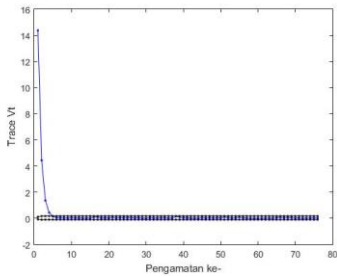
$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



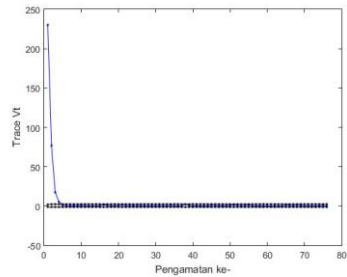
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



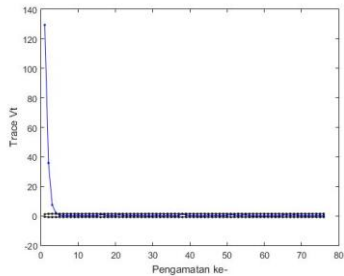
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



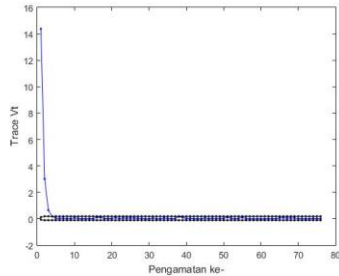
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



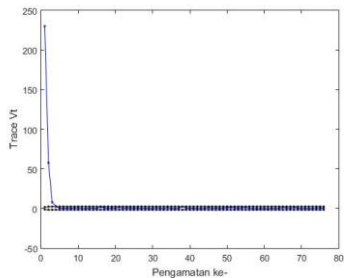
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



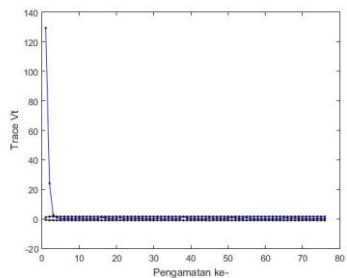
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



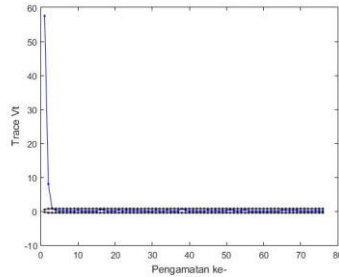
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,7$$

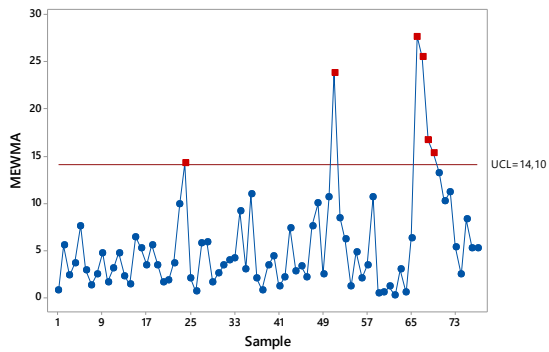


$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,8$$

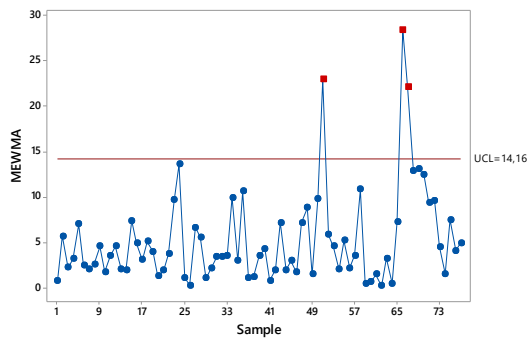
**Lampiran G. Nilai Titik  $\text{Tr}(V_n)$  Diagram Kendali MEWMV Untuk Pembobot 0,6-0,9**

$\omega$	0,6	0,6	0,6	0,6	...	0,9	0,9	0,9
$\lambda$	0,6	0,7	0,8	0,9	...	0,7	0,8	0,9
$\text{Tr}(V_1)$	255,251	143,579	63,813	15,953		143,579	63,813	15,953
$\text{Tr}(V_2)$	127,385	65,520	27,159	6,491		26,490	8,832	1,760
$\text{Tr}(V_3)$	53,030	26,404	10,876	2,612		2,944	0,902	0,200
$\text{Tr}(V_4)$	22,458	10,857	4,429	1,063		0,737	0,208	0,047
$\text{Tr}(V_5)$	9,045	4,410	1,818	0,440		0,174	0,090	0,027
$\text{Tr}(V_6)$	3,692	1,809	0,750	0,183	...	0,085	0,043	0,013
$\text{Tr}(V_7)$	1,704	0,834	0,345	0,083		0,174	0,072	0,017
$\text{Tr}(V_8)$	0,935	0,470	0,199	0,049		0,222	0,098	0,025
$\text{Tr}(V_9)$	0,437	0,212	0,088	0,022		0,059	0,023	0,006
$\text{Tr}(V_{10})$	0,893	0,527	0,244	0,063		0,669	0,315	0,081
$\vdots$		$\vdots$					$\vdots$	
$\text{Tr}(V_{69})$	0,372	0,199	0,086	0,021		0,263	0,112	0,027
$\text{Tr}(V_{70})$	0,453	0,288	0,144	0,040		0,339	0,176	0,051
$\text{Tr}(V_{71})$	0,390	0,215	0,093	0,023		0,184	0,071	0,015
$\text{Tr}(V_{72})$	0,317	0,200	0,098	0,027		0,189	0,099	0,028
$\text{Tr}(V_{73})$	0,177	0,110	0,053	0,014	...	0,063	0,030	0,008
$\text{Tr}(V_{74})$	0,159	0,100	0,049	0,013		0,090	0,045	0,012
$\text{Tr}(V_{75})$	0,156	0,099	0,050	0,014		0,098	0,050	0,015
$\text{Tr}(V_{76})$	0,183	0,114	0,057	0,016		0,121	0,060	0,017
$\text{Tr}(V_{77})$	0,090	0,056	0,028	0,008		0,027	0,014	0,004

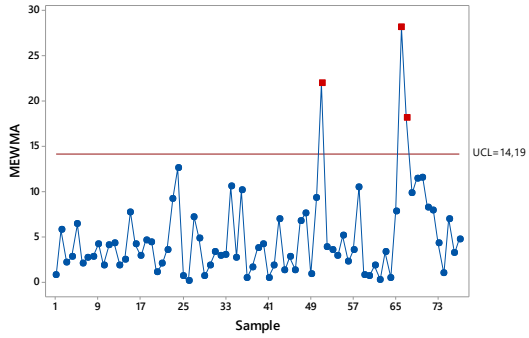
## Lampiran H. Diagram Kendali MEWMA Untuk Pembobot 0,5- 0,8



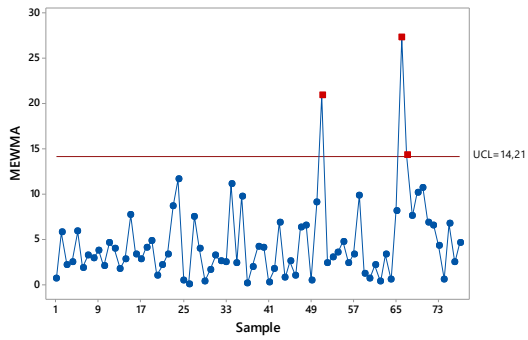
$$\lambda=0,5$$



$$\lambda=0,6$$

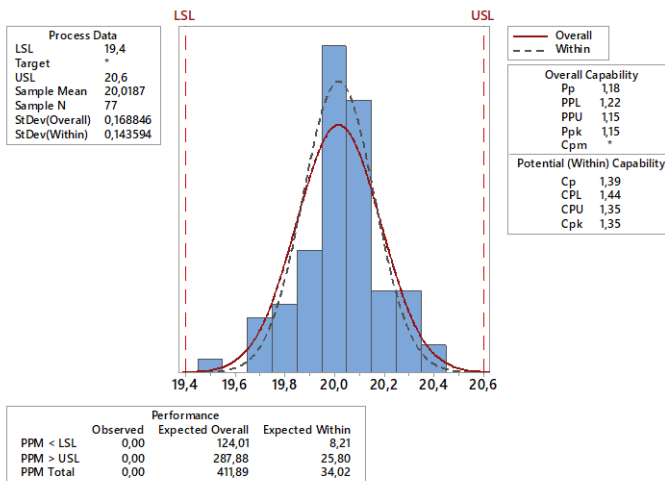


$$\lambda=0,7$$

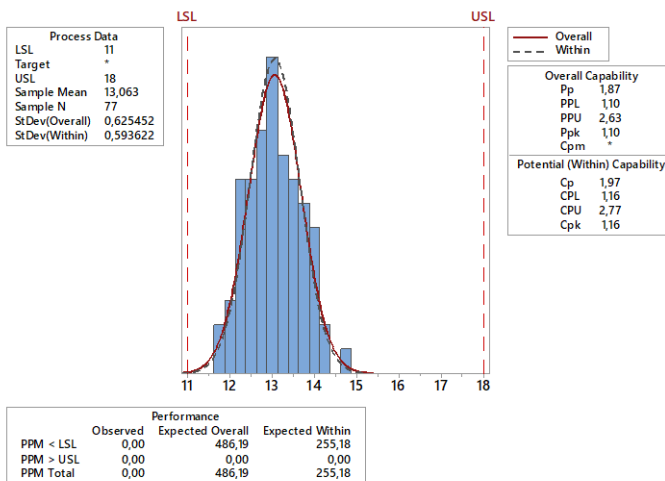


$$\lambda=0,8$$

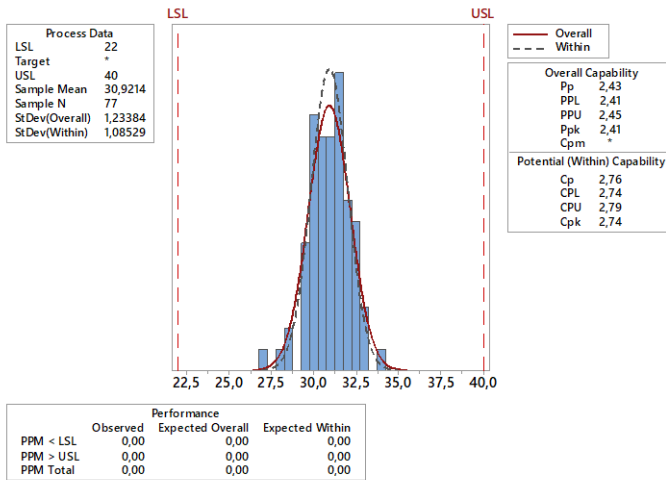
### Lampiran I. Kapabilitas Proses Variabel *Thickness*



### Lampiran J. Kapabilitas Proses Variabel *Strength MD*



### Lampiran K. Kapabilitas Proses Variabel *Strength TD*





## Lampiran L. Surat Izin Pengambilan Data

	<b>PT. TRIAS SENTOSA, Tbk</b> HEAD OFFICE / KRIAN PLANT : Desa Keboharan, Km 26 Krian, Sidoarjo 61262 - Indonesia Phone : (62-31) 8975825, Fax : (62-31) 8972998 WARU PLANT : Jl. Raya Waru 1 B, Waru, Sidoarjo 61256 - Indonesia Phone : (62-31) 8533125, Fax : (62-31) 8534116	JAKARTA OFFICE : Altra Business Park Jl. Yos Sudarso Kav. 85 Blok AD1-07, Lantai 5, Sunter Jakarta Utara 14350 - Indonesia Phone : (021) 29615575 (hunting) Fax : (021) 29615565	 FLEXIBLE PACKAGING FILM MANUFACTURER   
			

No. : 145/HRD/V/2019 Sidoarjo, 27 Mei 2019  
 Kepada : Yth. Kepala Departemen Statistika  
 ITS SURABAYA  
 Perihal : Ijin Memperoleh Data


Dengan hormat,  
 Menanggapi surat permohonan No. 13149/IT2.VI.9.2/TU.00.09/2019 tanggal 13 Februari 2019,  
 tentang permohonan "ijin memperoleh data untuk tugas akhir" bagi mahasiswa sebagai berikut :

Nama : Nisar  
 NIM : 06211540007002 (1315 100 702)  
 Jurusan : S1 - Statistika

Dengan mempertimbangkan peningkatan dan kesiapan kelulusan sekolah / perguruan tinggi dalam  
 memasuki lapangan kerja, serta area kerja yang akan menjadi terapan ilmu yang diperolehnya, maka  
 dengan ini, Kami menyetujui permohonan tersebut yang pelaksanaan penelitiannya dijadwalkan pada  
 Februari 2019 sampai dengan Juni 2019.

Demikian tanggapan kami atas permohonan Bapak / Ibu, atas perhatian dan kerjasamanya.

Sidoarjo, 27 Mei 2019

  
 Dedy Herdimulya  
 HRD

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama Nisar dilahirkan di kota Makassar pada 15 Mei 1997. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Suwardi dan Harfiah. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Tabaringan 5 Makassar (2003-2009), MTs PP An Nahdlah U.P Makassar (2009-2012), dan MA PP An Nahdlah U.P Makassar (2012-2015). Kemudian penulis diterima sebagai Mahasiswa Departemen Statistika ITS

melalui jalur kementerian yaitu Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) yang dinaungi oleh Kementerian Agama. Selain menjalani aktifitas akademik, penulis juga mengasah *softskill* dengan bergabung dengan organisasi *Community of Santri Scholars of Ministry of Religious Affairs* (CSSMoRA) ITS sebagai staff departemen dalam negeri periode 2016-2017 dan menjadi wakil ketua umum CSSMoRA ITS periode 2017-2018. Selama masa jabatan, penulis aktif mengikuti kegiatan yang diadakan sebagai panitia kegiatan maupun peserta. Penulis juga mendapatkan pengalaman kerja praktik di PT. Pelabuhan Indonesia III dalam devisi Pemasaran dan Pengembangan Usaha (PPU). Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan yang sebenarnya di perusahaan maupun di bidang akademik. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email [Nisar15r@gmail.com](mailto:Nisar15r@gmail.com).