



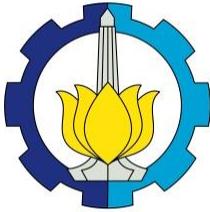
**TUGAS AKHIR – SS141501**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *EX-MIXER*  
PADA PRODUK BR 1 SP *CRUMBLE*  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk.  
UNIT BUDURAN**

**ALICIA MUTIARA ANKY  
NRP 1313 100 065**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR – SS141501**

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES *EX-MIXER*  
PADA PRODUK BR 1 SP *CRUMBLE*  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk.  
UNIT BUDURAN**

**ALICIA MUTIARA ANKY  
NRP 1313 100 065**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT – SS141501**

**CAPABILITY ANALYSIS OF EX-MIXER PROCESS  
ON BR 1 SP CRUMBLE IN PT. JAPFA COMFEED  
INDONESIA, Tbk.  
UNIT BUDURAN**

**ALICIA MUTIARA ANKY  
NRP 1313 100 065**

**Supervisor  
Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMTICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS KAPABILITAS PROSES *EX-MIXER* PADA PRODUK BR 1 SP *CRUMBLE* DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk. UNIT BUDURAN

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Alicia Mutiara Anky**  
NRP. 1313 100 065

Disetujui oleh Pembimbing:  
Dr. Muhammad Mashuri, MT  
NIP : 19620408 198701 1 001  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si  
NIP : 19870602 201212 2 002

(  )

(  )

Mengetahui,  
Kepala Departemen



Dr. Suhartono  
NIP. 19710929 199512 1 001  
SURABAYA, JULI 2017 

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES EX-MIXER PADA  
PRODUK BR 1 SP CRUMBLE DI PT. JAPFA COMFEED  
INDONESIA, Tbk. UNIT BUDURAN**

**Nama** : Alicia Mutiara Anky  
**NRP** : 1313 100 065  
**Jurusan** : Statistika  
**Pembimbing** : Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

**Abstrak**

*PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk dapat dikatakan sebagai perusahaan Pakan ternak terintegrasi terbesar di Indonesia. Salah satu produk terbesar dari perusahaan ini adalah BR 1 SP Crumble. Crumble adalah pellet yang dipecah 2-3 bagian. Kualitas pellet yang baik diukur dengan Pellet Durability Index (PDI). Salah satu faktor yang memengaruhi nilai PDI adalah ukuran partikel pada proses ex-mixer. Ukuran partikel terbagi menjadi tiga jenis karakteristik kualitas ukuran, yaitu : mesh 10 (ukuran 2mm), mesh 18 ( ukuran 1 mm), dan fine (tepung). Hasil produksi pada bulan November-Desember 2016 menunjukkan masih banyak ukuran partikel yang tidak memenuhi batas spesifikasi perusahaan. Sehingga perlu dilakukan monitoring proses baik pada variabilitas ataupun target proses. Pada penelitian ini digunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) dengan pengamatan individual untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses. Sedangkan monitoring target proses produksi dilakukan dengan menggunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA). Hasil yang didapat baik variabilitas maupun mean proses belum terkendali secara statistik dengan menggunakan nilai pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  sebesar 0,1-0,9. Variabel yang diduga sebagai penyebab kecacatan pada variabilitas proses adalah Mesh 18 dan Fine, sedangkan pada target proses adalah variabel Mesh 10. Kapabilitas proses menggunakan MPpk menunjukkan proses telah kapabel. Nilai MPpk sebesar 2,06 menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses telah baik.*

**Kata Kunci** : Fine, Kapabilitas, MEWMA, MEWMV, Mesh 10, Mesh 18, Ukuran Partikel

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**CAPABILITY ANALYSIS OF EX-MIXER PROCESS ON  
BR 1 SP CRUMBLE IN PT. JAPFA COMFEED  
INDONESIA, Tbk. UNIT BUDURAN**

**Name** : Alicia Mutiara Anky  
**NRP** : 1313 100 065  
**Departement** : Statistics  
**Supervisor** : Dr. Muhammad Mashuri, M.T  
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

**Abstract**

*PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk is one of the largest integrated forage company in Indonesia. One of the biggest products of this company is BR 1 SP Crumble. Crumble is a pellet that split 2 to 3 parts. The quality of pellet is measured by the Pellet Durability Index (PDI). One of the factors that affecting the PDI value is the particle size in the Ex-Mixer process. Particle size is divided into three types of of size, namely: mesh 10 (size 2mm), mesh 18 (size 1 mm), and fine (flour). The production in November-December 2016 shows that there are still many particle sizes that is not appropriate with the company's specifications. So it is necessary to monitor the process either on variability or mean process. In this study used Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) control charts with individual observations to detect changes in process variability. While the process target of production process is monitored by using Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) control chart. The results of both process variability and target have not been statistically controlled using weighted value  $\omega$  and  $\lambda$  equal to 0.1-0.9. The variables that are suspected to cause defects in process variability are Mesh 18 and Fine, while in the process target is the Mesh 10. The process capability analysis using MPpk shows the process has good capability. MPpk value of 2.06 indicates that the precision and accuracy of the process has been good.*

**Keywords** : *Capability, Fine, MEWMA, MEWMV, Mesh 10, Mesh 18, Particle Size*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang tak pernah henti diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul

**“ANALISIS KAPABILITAS PROSES *EX-MIXER* PADA  
PRODUK BR 1 SP *CRUMBLE* DI PT. JAPFA COMFEED  
INDONESIA, Tbk. UNIT BUDURAN”**

dengan baik dan tepat pada waktunya. Penyusunan Tugas Akhir ini tak luput dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Suhartono, M.Sc selaku Ketua Departemen Statistika dan Bapak Dr. Sutikno, M.Si selaku Koordinator Program Studi S1 yang telah menyediakan fasilitas guna kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Diaz Fitra Aksioma selaku co-pembimbing yang telah sabar dan memberikan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Agnes Tuti Rumiati, M.Sc dan Ibu Dr. Kartika Fitriyani, M.Si selaku dosen penguji atas segala kritikan dan saran yang sangat membangun.
4. Seluruh dosen Statistika ITS yang telah memberikan segala ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Pihak PT.Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran, khususnya untuk Bapak Djoni Chandramulia selaku pembimbing lapangan yang sangat ramah dan mau membagi ilmu kepada penulis.
6. Ibunda tercinta Emilia, BBA dan Ayahanda tersayang Alm. Apriadi, S.E atas doa, nasehat, cinta, dan kasih sayang yang sangat besar yang telah diberikan untuk penulis sehingga dapat menjadi motivasi bagi penulis dalam menghadapi kesulitan serta dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Muhammad Aris Ashari selaku teman dekat penulis yang selalu siap membantu serta memberikan semangat, motivasi, dan menghibur penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Kedai 27 tersayang, Delinda, Win, Juli, Iza, Aul, Esis, Dimas serta teman-teman APEC tercinta, Vika, Vick, Rian, Fernanda, Bimo, dan Adit yang selalu memberikan semangat dan menghibur penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan Grup *SPC's Undergraduate Student*, Lina, Nor, Dinda, Annisa, Andra yang selalu tolong-menolong dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman PSt, Forda Sekartaji, keluarga kecil Media Informasi HIMASTA-ITS 15/16 serta keluarga besar HIMASTA-ITS yang selalu menjadi wadah untuk bertukar pikiran dan berkembang.
11. Teman-teman seperjuangan PW 116, serta teman-teman Statistika ITS  $\Sigma 24$  yang memberikan hangatnya sebuah kebersamaan dan rasa kekeluargaan selama 4 tahun ini.
12. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, Juli 2017

Penulis



2.3 Resiko Produsen dan Resiko Konsumen .....	20
2.3 Analisis Kapabilitas Proses .....	20
2.4 Proses Produksi Pakan Ternak BR 1 SP <i>Crumble</i> .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data.....	25
3.2 Variabel Penelitian .....	25
3.3 Struktur Data .....	25
3.4 Langkah Analisis .....	26
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Deskripsi Kualitas Ukuran Partikel .....	31
4.2 Pemeriksaan Dependensi antar Variabel .....	33
4.3 Pemeriksaan Normal Multivariat .....	33
4.4 Monitoring Variabilitas Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	34
4.5 Monitoring Target Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	45
4.6 Evaluasi Variabel yang diduga Penyebab Utama <i>Out Of Control</i> .....	53
4.6.1 Evaluasi Variabel yang Diduga Penyebab Utama <i>Out Of Control</i> pada Varians Proses <i>Ex-Mixer</i> ..	53
4.6.2 Evaluasi Variabel yang Diduga Penyebab Utama <i>Out Of Control</i> pada Rata-Rata Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	60
4.7 Identifikasi Faktor-Faktpr Penyebab Kecacatan Proses .....	66
4.8 Kapabilitas Proses <i>Ex-Mixer</i> Produk BR 1 SP <i>Crumble</i> .....	68
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	73
<b>LAMPIRAN</b> .....	75

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Proses Produksi BR 1 SP <i>Crumble</i> .....	22
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	29
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,7$ dan $\lambda=0,7$ .....	36
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,7$ dan $\lambda=0,8$ .....	38
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,7$ dan $\lambda=0,9$ .....	39
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,8$ dan $\lambda=0,7$ .....	40
<b>Gambar 4.5</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,8$ dan $\lambda=0,8$ .....	41
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,1$ .....	45
<b>Gambar 4.7</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,2$ .....	46
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,3$ .....	47
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,4$ .....	48
<b>Gambar 4.10</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,5$ .....	49
<b>Gambar 4.11</b> Diagram Kendali MEWMV Variabel Mesh 10 dan Mesh 18 .....	54
<b>Gambar 4.12</b> Diagram Kendali MEWMV Variabel Mesh 10 dan Fine .....	55
<b>Gambar 4.13</b> Diagram Kendali MEWMV Variabel Mesh 18 dan Fine .....	56
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Kendali EWMV Variabel Mesh 10 ..	57
<b>Gambar 4.15</b> Diagram Kendali EWMV Variabel Mesh 18 ..	58
<b>Gambar 4.16</b> Diagram Kendali EWMV Variabel Fine .....	59
<b>Gambar 4.17</b> Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 10 dan Mesh 18 .....	61
<b>Gambar 4.18</b> Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 10 dan Fine .....	61
<b>Gambar 4.19</b> Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 18	

dan Fine .....	62
<b>Gambar 4.20</b> Diagram Kendali EWMA Variabel Mesh 10 ..	63
<b>Gambar 4.21</b> Diagram Kendali EWMA Variabel Mesh 18 ..	64
<b>Gambar 4.22</b> Diagram Kendali EWMA Variabel Fine .....	65

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Variabel Penelitian Ukuran Partikel <i>Ex-Mixer</i> .....	25
<b>Tabel 3.2</b> Struktur Data Ukuran Partikel <i>Ex-Mixer</i> .....	26
<b>Tabel 4.1</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas .....	32
<b>Tabel 4.2</b> Uji Dependensi .....	33
<b>Tabel 4.3</b> Pengujian Shapiro Wilk Kombinasi 2 Variabel .....	34
<b>Tabel 4.4</b> Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi $\omega$ dan $\lambda$ yang Sama .....	34
<b>Tabel 4.5</b> Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi $\omega$ dan $\lambda$ yang Berbeda .....	35
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Evaluasi Plot Diagram Kendali MEWMV ....	42
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Perhitungan $\alpha$ dan $\beta$ Diagram Kendali MEWMV .....	43
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Evaluasi Diagram Kendali MEWMA .....	51
<b>Tabel 4.9</b> Evaluasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> pada Variabilitas Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	59
<b>Tabel 4.10</b> Evaluasi Penyebab <i>Out of Control</i> pada Target Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	65
<b>Tabel 4.11</b> Kapabilitas Proses Secara Univariat .....	69

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A</b> Data Ukuran Partikel Proses <i>Ex-Mixer</i> .....	75
<b>Lampiran B</b> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat ....	76
<b>Lampiran C</b> Pengujian Dependensi antar Variabel .....	76
<b>Lampiran D</b> Tabel Nilai L .....	77
<b>Lampiran E</b> Program Diagram Kendali MEWMV .....	79
<b>Lampiran F</b> Diagram Kendali MEWMV .....	81
<b>Lampiran G</b> Diagram Kendali MEWMA untuk Nilai Pembobot $\lambda$ sebesar 0,6-0,9 .....	92
<b>Lampiran H</b> Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Mesh 10 .....	93
<b>Lampiran I</b> Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Mesh 18 .....	94
<b>Lampiran J</b> Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Fine .....	95
<b>Lampiran K</b> Surat Keterangan Penelitian di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Buduran .	98

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ayam ras pedaging merupakan salah satu komoditas yang berkembang sangat pesat dalam dunia agribisnis peternakan di Indonesia. Tingginya permintaan daging ayam ras telah menggeser komoditas ternak penghasil protein hewani lainnya. Jumlah penduduk Indonesia yang sebagian besar menyukai cita rasa daging ayam menjadi faktor utama tingginya konsumsi daging ayam. Tingginya permintaan daging ayam ras tentunya akan meningkatkan populasi ayam ras pedaging di Indonesia. Pada tahun 2011 terdapat 1.177.990.869 ekor ayam ras pedaging yang meningkat sebesar 1.244.402.017 ekor pada tahun 2012 dan terus meningkat menjadi 1.592.669.402 ekor pada tahun 2016 (Badan Pusat Statistik, 2016).

Bertambahnya produksi daging ayam ras tidak lepas dari pembangunan peternakan di Indonesia yang terus berkembang, sehingga persaingan antar peternakan ayam ras pedaging pastinya juga semakin ketat. Diperlukan ayam ras pedaging yang sehat dan berkualitas untuk dapat menghasilkan daging ayam yang berkualitas. Pakan ternak merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan, kesehatan tubuh dan daya tahan tubuh ternak agar tercapai produksi yang diinginkan, karena 60%-80% biaya dalam usaha peternakan diperuntukkan untuk pakan ternak (Soeharsono & Musofie, 2004). Sehingga pengusaha ternak akan sangat selektif dalam memilih produk dan *brand* pakan ternak yang berkualitas.

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk merupakan salah satu dari 3 perusahaan pakan ternak terbesar di Indonesia. Selain memproduksi pakan ternak, perusahaan ini bergerak dari hulu hingga hilir mengenai segala urusan mengenai peternakan. Oleh karena itu PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk dapat dikatakan sebagai perusahaan peternakan terintegrasi terbesar di Indonesia (Shantosi, 2015). Dalam menghadapi persaingan, salah satu

kekuatan terpenting yang menunjang keberhasilan pencapaian tujuan PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk adalah faktor mutu atau kualitas. Peningkatan kualitas perlu dilakukan karena sangat membantu perusahaan dalam meningkatkan penjualan dan mengurangi biaya karena adanya peningkatan produktivitas, penurunan *rework*, bahan yang terbuang, dan biaya garansi (Heizer & Render, 2006).

Sebagai salah satu perusahaan pakan ternak terbesar di Indonesia, PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk tentunya dapat memenuhi berbagai jenis kebutuhan pakan ternak yang salah satunya adalah pakan ternak untuk ayam ras pedaging. BR 1 SP *Crumble* merupakan produk pakan ternak yang diperuntukkan khusus ayam ras pedaging pada masa *starter* (umur 1 hari – 21 hari) dan merupakan salah satu pakan ternak yang paling banyak di produksi di PT. Japfa Comfeed Indonesia. BR 1 SP *Crumble* adalah pakan ternak dengan kualitas premium yang di-*claim* dapat mempercepat pertumbuhan, menghasilkan FCR terbaik, dan mengembangkan seluruh organ ayam ras pedaging pada masa *starter* (PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk, 2017). *Crumble* sendiri adalah jenis pakan ternak (ransum) berbentuk *pellet* yang dipecah menjadi 2 atau 3 bagian dengan tujuan untuk memperkecil ukuran agar dapat dimakan oleh ternak (Johan, Asaduzzaman, & Sarkar, 2006).

Dozier (2001) mengatakan bahwa ransum dalam bentuk *pellet* dapat meningkatkan ketersediaan zat nutrisi pada pakan, mempermudah penanganan sehingga mengurangi biaya produksi dan mengurangi penyusutan. Kualitas *pellet* dapat diukur dengan menggunakan PDI (*Pellet Durability Index*). PDI sendiri merupakan suatu index dalam satuan persen yang digunakan sebagai ukuran kekerasan dan kekuatan dari *pellet*. Semakin tinggi nilai PDI, maka *pellet* akan semakin kuat dan tidak mudah hancur. Ayam menyukai pakan yang berbentuk biji-bijian karena terkait sistem morfologi pencernaan dari ayam itu sendiri. Sehingga jika *pellet* ataupun *crumble* mudah hancur atau halus seperti tepung, maka ayam tidak akan memakan pakan tersebut.

Hal tersebut akan menyebabkan kerugian bagi industri peternakan dan tentunya berdampak pada industri pakan ternak yang mengolah pakan tersebut. Faktor-faktor yang memengaruhi kualitas *pellet* adalah formulasi (pengaruhnya sebesar 40%), *conditioning* (20%), ukuran partikel (20%), spesifikasi *die* (cetakan) dari mesin *pellet* (15%), dan pendinginan (5%) (Behnke, 1994). Berdasarkan data dari divisi *Quality Control* PT. Japfa Comfeed Indonesia, masih terdapat ukuran partikel pada proses *Ex-Mixer* yang tidak sesuai dengan standar kualitas yang ditentukan perusahaan. Pada proses *Ex-Mixer*, setelah semua bahan dan formula selesai dicampur, maka akan terbentuk beberapa ukuran partikel dan dilanjutkan pada proses *pelleting*. Ukuran partikel terbagi menjadi tiga jenis yang dihitung dalam satuan persen, yaitu : mesh 10 (ukuran 2mm), mesh 18 (ukuran 1 mm), dan ukuran fine (tepung). Sehingga total keseluruhan partikel adalah 100%. Di mana tiap ukuran partikel memiliki spesifikasi standar kualitas masing-masing. Semakin halus ukuran partikel atau semakin banyak partikel berbentuk tepung, maka akan menghasilkan *pellet* yang lebih padat. Dengan *pellet* yang semakin padat, tentunya *pellet* lebih kuat sehingga PDI yang dihasilkan pun akan semakin tinggi. Kesalahan pada tahap awal proses produksi seperti perbedaan jenis bahan atau formula yang biasanya diabaikan oleh operator dapat menyebabkan variasi pada ukuran partikel di proses *Ex-Mixer*. Sehingga PDI *pellet* tidak sesuai target yang ditentukan.

PDI yang melebihi batas atas standar kualitas, akan mengakibatkan pakan ternak menjadi terlalu keras. Sedangkan jika PDI kurang dari batas bawah standar kualitas maka akan mudah hancur dan harus di *rework*. Hal tersebut akan menyebabkan pemborosan sumber daya perusahaan, baik dalam hal biaya, tenaga kerja, dan waktu. Sehingga pada proses produksi pakan ternak tersebut perlu dilakukan pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas adalah kegiatan memastikan apakah kebijakan dalam hal kualitas (standar) dapat tercermin dalam hasil akhir, atau dengan kata lain usaha untuk

mempertahankan mutu atau kualitas dari barang-barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pimpinan (Assauri, 2004). Sedangkan pengendalian kualitas secara statistik yaitu sebuah proses yang digunakan untuk menjaga standar, mengukur dan melakukan tindakan perbaikan terhadap produk atau jasa yang diproduksi (Heizer & Render, 2006).

Ketiga jenis ukuran partikel pada proses *Ex-Mixer* saling mempengaruhi, di mana jika salah satu jenis ukuran partikel memiliki persen yang besar, maka jenis ukuran partikel lainnya akan kecil, sehingga total partikel yang dicapai adalah 100%. Oleh karena itu, diperlukan diagram kendali yang dapat memonitoring pergeseran proses yang kecil, karena akan sangat berpengaruh terhadap nilai PDI. Diagram kendali sendiri merupakan salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi tersebut telah terkendali atau tidak. Berdasarkan data dari perusahaan, menunjukkan masih terdapat ukuran partikel yang berada di luar batas spesifikasi perusahaan. Selain itu, adanya pergeseran proses yang relatif kecil pada ketiga jenis ukuran partikel proses *Ex-Mixer*, yaitu Mesh 10 sebesar  $0,63 \sigma$ , Mesh 18 sebesar  $0,89 \sigma$ , dan Fine sebesar  $1,18 \sigma$ . Sehubungan dengan adanya tiga karakteristik ukuran partikel yang saling berkorelasi dan adanya pergeseran proses yang kecil, maka diagram kendali yang tepat pada penelitian ini adalah diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dan Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA). Diagram kendali MEWMV merupakan diagram kendali multivariat dengan pengamatan individual untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses. Diagram Kendali MEWMA merupakan salah satu diagram kendali multivariat yang dapat mendeteksi perubahan target proses. Kelebihan dari diagram kendali ini adalah lebih sensitif terhadap pergeseran data, sehingga data yang tidak terkendali akan lebih cepat terdeteksi. Selain itu diagram kendali ini *robust* terhadap distribusi normal

(Montgomery D. C., 2009). Pengendalian kualitas secara univariat juga diperlukan agar dapat mendeteksi pergeseran variabilitas dan target proses pada masing-masing jenis karakteristik kualitas. Pada penelitian kali ini, diagram kendali univariat yang cocok digunakan adalah diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Variance* (EWMV) dan *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengevaluasi dan menilai kebaikan proses secara menyeluruh.

Penelitian sebelumnya Haris Agung Wicaksono (2015) melakukan penelitian mengenai kualitas pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Margomulyo dengan metode *six sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasilnya menunjukkan bahwa capaian sigma tertinggi sebesar 5,56 pada Area *In Process* dan DPMO terendah sebesar 104,673. Selain itu Qulsum Dwi Anggraini (2016) melakukan penelitian pada proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong dengan menggunakan diagram kendali MEWMA dan MEWMV. Didapatkan hasil bahwa secara umum proses telah terkendali secara statistik dengan nilai pembobot optimum adalah dengan sebesar 0,9, serta perhitungan kapabilitas proses secara multivariat dikatakan kinerja proses potensial kapabel. Namun jika dilihat secara univariat, semua variabel telah kapabel. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, maka diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dapat digunakan dalam pengendalian kualitas ukuran partikel *Ex-Mixer* pada produksi pakan ternak ayam ras pedaging jenis BR 1 SP *Crumble* di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk unit Buduran.

## **1.2 Rumusan Masalah**

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk merupakan salah satu dari tiga perusahaan pakan ternak terbesar di Indonesia. Namun dalam melakukan pengendalian kualitas produk selama ini belum dilakukan secara statistik, tetapi hanya secara deskriptif, seperti

pada ukuran partikel di *Ex-Mixer*. Ukuran partikel *Ex-Mixer* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: mesh 10, mesh 18, dan fine (tepung).

Permasalahan yang terjadi di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk adalah pada bulan November-Desember 2016 masih banyak terdapat ukuran partikel proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP *Crumble* yang tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Jika salah satu presentase jenis ukuran partikel mengalami pergeseran proses, maka akan memengaruhi presentase dari jenis ukuran partikel lain. Sehingga hal tersebut mendasari penggunaan diagram kendali MEWMV dan MEWMA untuk memonitoring variabilitas dan target proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP *Crumble*, dimana perlu dilakukan monitoring proses secara univariat pula untuk dapat mendeteksi pergeseran variabilitas dan target proses pada setiap jenis ukuran partikel proses *Ex-Mixer* dengan diagram kendali EWMV dan EWMA. Dari permasalahan yang telah disebutkan tersebut, maka perlu dilakukan penilaian kebaikan pada proses *Ex-Mixer* pembuatan pakan ternak BR 1 SP *Crumble* dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

### **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memonitoring variabilitas dan *target* proses *Ex-Mixer* pada produk BR 1 SP secara multivariat dan univariat.
2. Melakukan penilaian kebaikan proses dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

### **1.4 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dan rekomendasi kepada perusahaan untuk dapat melakukan pengendalian kualitas proses secara statistik. Sehingga pergeseran proses dapat terdeteksi, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai *continous improvement* pada PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Produk pakan ternak yang digunakan adalah produk BR 1 SP *Crumble* yang diproduksi di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk unit Buduran.
2. Menggunakan pembobot untuk diagram MEWMV dan MEWMA sebesar  $0,1 \leq \omega \leq 0,9$  dan  $0,1 \leq \lambda \leq 0,9$  dengan selisih 0,1 tiap pembobotnya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Monitoring Proses secara Univariat

Analisis secara univariat adalah analisis statistika yang digunakan untuk menganalisis masing-masing variabel dari penelitian. Pada penelitian univariat, teknik statistik yang digunakan adalah untuk memastikan bahwa proses memenuhi standar, membuat pengukuran dan mengambil tindakan selagi sebuah produk masih diproduksi (Heizer & Render, 2006).

##### 2.1.1 Diagram Kendali *Exponentially Weighted Moving Variance* (EWMV)

Diagram kendali EWMV merupakan diagram kendali univariat yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses secara univariat. Plot *Exponentially Weighted Moving Variance* diberikan sebagai berikut.

$$V_i^2 = \lambda(x_i - Z_i)^2 + (1 - \lambda)V_{i-1}^2 \quad (2.1)$$

sehingga diagram kendali EWMV dibuat dengan memplotkan  $V_i^2$  dengan sampel ke- $i$ , dimana nilai konstan dan nilai awal  $0 < \lambda < 1$ , dan nilai  $Z_i$  sesuai dengan nilai EWMA.

Nilai tengah dan batas kendali untuk diagram kendali EWMA adalah sebagai berikut (Adekeye & Olatunbosun, 2014)

$$\text{UCL} = \sigma^2 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}, \quad (2.2)$$

$$\text{Garis Tengah} = \sigma^2, \quad (2.3)$$

$$\text{LCL} = \sigma^2 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}, \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\sigma^2$  = varians proses

L = lebar diagram kendali

$\lambda$  = besarnya pembobot

UCL = batas kendali atas

LCL = batas kendali bawah

### 2.1.2 Diagram Kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

Diagram kendali EWMA merupakan diagram kendali univariat yang digunakan untuk memonitoring target proses. Plot *Exponentially Weighted Moving Average* diberikan sebagai berikut.

$$Z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)z_{i-1} \quad (2.5)$$

dimana nilai konstan dan nilai awal  $0 < \lambda < 1$  (sampel pertama pada  $i=1$ ) adalah target proses, sehingga  $Z_0 = \mu_0$ . Jika observasi  $x_i$  adalah variabel independen acak dengan varians  $\sigma^2$ , maka varians dari  $Z_i$  adalah.

$$\sigma_{z_i}^2 = \sigma^2 \left( \frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (2.6)$$

sehingga diagram kendali EWMA dibuat dengan memplotkan  $Z_i$  dengan sampel ke- $i$ .

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

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]}, \quad (2.7)$$

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

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]}, \quad (2.9)$$

Keterangan:

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

$m$  = banyak sampel

$\mu_0$  = target proses

$L$  = lebar diagram kendali

$\lambda$  = besarnya pembobot

UCL = batas kendali atas

LCL = batas kendali bawah,

## 2.2 Monitoring Proses secara 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 asumsi distribusi normal multivariat (Montgomery D. C., 2009)

### 2.2.1 Uji Dependensi Variabel

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

Hipotesis :

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

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

Statistik uji :

$$X_{hitung}^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.10)$$

Keterangan :

$n$  : jumlah observasi

$p$  : jumlah variabel

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

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

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

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$r_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ih} - \bar{x}_h)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}} \quad (2.11)$$

Dimana :

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

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

$n$  = jumlah observasi

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

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

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

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

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

### 2.2.2 Distribusi Normal Multivariat

Pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan mengikuti distribusi normal atau tidak. Suatu pengamatan  $x_1, x_2, \dots, x_p$  mempunyai distribusi normal multivariat dengan parameter  $\mu$  dan  $\Sigma$  jika memiliki fungsi densitas/kepadatan peluang adalah sebagai berikut.

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu)' \Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu)} \quad (2.12)$$

Pengujian distribusi normal multivariat dilakukan dengan pengujian *Saphiro Wilk* sebagai berikut.

Hipotesis :

$H_0$  :  $F(\mathbf{x}) = F_0(\mathbf{x})$  (berdistribusi normal multivariat)

$H_1$  :  $F(\mathbf{x}) \neq F_0(\mathbf{x})$  (tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik uji :

$$W^* = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P W_k \quad (2.13)$$

Tahap pertama yang harus dilakukan adalah menghitung statistik uji *Shapiro-Wilk* secara univariat menggunakan rumus  $W_k$ . Langkah-langkah dalam menghitung nilai  $W_k$ .

- (i) Mengurutkan data pengamatan  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ .
- (ii) Menghitung nilai  $W_k$

Jika  $n$  genap,  $m=n/2$ , jika  $n$  ganjil,  $m=(n-1)/2$ , dimana  $n$  merupakan banyaknya observasi dan median tidak digunakan dalam perhitungan  $b$ .

$$W_k = \frac{b^2}{S^2} \quad (2.14)$$

$$W_k = \frac{(\sum_{i=1}^m a_i (x_{n+1-i} - x_i))^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

dimana nilai  $a$  adalah koefisien tabel *normality test*.

Data berdistribusi normal multivariat pada tingkat signifikansi  $\alpha$  jika  $W^* > C_{\alpha,n}$  atau  $P_{value} > \alpha$  (Alva & Estrada, 2009).

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

Diagram kendali MEWMV digunakan untuk memonitor variabilitas proses tanpa adanya asumsi terjadi perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung (Huwang, Arthur, & Chien-Wei, 2007). Diagram ini dapat mendeteksi terjadinya perubahan variabilitas proses secara sensitif tanpa dipengaruhi oleh perubahan rata-rata proses. Diagram kendali MEWMV dibentuk dari persamaan berikut.

$$\mathbf{V}_n = \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_{n-1} \quad (2.15)$$

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  $\mathbf{y}_n$  untuk perubahan rata-rata proses pada waktu ke  $n$  dapat dilihat pada persamaan berikut (Lowry, Woodall, Champ, & Rigdon, 1992).

$$\mathbf{y}_n = \lambda \mathbf{x}_n + (1 - \lambda)\mathbf{y}_{n-1} \quad (2.16)$$

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

Untuk mendeteksi terjadinya perubahan dalam matriks kovarian harus didefinisikan :

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \text{ dengan } \mathbf{x}_n = \begin{bmatrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \vdots \\ x_{np} \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

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

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

Untuk masing-masing nilai  $n$ , persamaan (2.15) dapat dijabarkan sebagai berikut.

Untuk  $n = 1$ ,

$$\mathbf{V}_1 = \omega(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_0$$

Untuk  $n = 2$ ,

$$\mathbf{V}_2 = \omega(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)^2\mathbf{V}_0$$

Untuk  $n = 3$ ,

$$\mathbf{V}_3 = \omega(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)' + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' + \omega(1 - \omega)^2(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)^3\mathbf{V}_0$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Dengan demikian secara umum persamaan (2.15) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = \sum_{i=1}^n \omega(1-\omega)^{n-i} (\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)(\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)' + (1-\omega)^n \mathbf{V}_0 \quad (2.18)$$

Persamaan (2.16) juga memiliki penjabaran yang serupa dengan persamaan (2.15). Ketika masing-masing nilai  $n$  dimasukkan ke dalam persamaan (2.16) maka akan didapatkan nilai  $\mathbf{y}_n$  sebagai berikut.

Untuk  $n = 1$ ,

$$\mathbf{y}_1 = \lambda \mathbf{x}_1$$

Untuk  $n = 2$ ,

$$\mathbf{y}_2 = \lambda \mathbf{x}_2 + \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1$$

Untuk  $n = 3$ ,

$$\mathbf{y}_3 = \lambda \mathbf{x}_3 + \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_2 + \lambda(1-\lambda)^2\mathbf{x}_1$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Secara umum, persamaan (2.16) dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$\mathbf{y}_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1-\lambda)^{n-i} \mathbf{x}_i \quad (2.19)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.19) ke dalam  $x_i - y_i$  maka dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i &= \mathbf{x}_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} \mathbf{x}_j \\ &= (1-\lambda)\mathbf{x}_i - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{i-1} - \dots \\ &\quad - \lambda(1-\lambda)^{i-1}\mathbf{x}_1 ; i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.20)$$

Jika persamaan (2.20) dituliskan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) &= \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T \\ (\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)^T \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} (1 - \lambda)\mathbf{x}_1 \\ (1 - \lambda)\mathbf{x}_2 - \lambda(1 - \lambda)\mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ (1 - \lambda)\mathbf{x}_t - \lambda(1 - \lambda)\mathbf{x}_{t-1} - \dots - \lambda(1 - \lambda)^{n-1}\mathbf{x}_1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 - \lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1 - \lambda) & 1 - \lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1 - \lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1 - \lambda) & 1 - \lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \\
 &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \tag{2.21}
 \end{aligned}$$

$\mathbf{I}_n$  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 (2.14) dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})' \mathbf{C} (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \tag{2.22}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.21) ke dalam persamaan (2.22) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_n &= \mathbf{X}'(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})' \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \\ &= \mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X}\end{aligned}\quad (2.23)$$

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

$$\begin{aligned}\mathbf{Q} &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})' \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \\ &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix}; 1 \leq i; j \leq n\end{aligned}\quad (2.24)$$

Dari persamaan (2.23) dapat dicari nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}\text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q}\mathbf{X}\mathbf{X}')\end{aligned}\quad (2.25)$$

dengan,

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

Sehingga dapat diketahui,

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

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

$$\begin{aligned}
 E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \sum_{i=1}^n q_{ii} E\left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2\right) + \sum_{i=1}^n \sum_{i \neq j}^n q_{ij} E\left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}\right) \\
 &= p \sum_{i=1}^n q_{ii} \\
 &= p \text{tr}(\mathbf{Q})
 \end{aligned} \tag{2.26}$$

Nilai  $E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$  akan konvergen ke  $E(\mathbf{V}_n) = \frac{2(1-\lambda)^2 \Sigma}{2-\lambda}$  untuk  $n \rightarrow \infty$ . Untuk mendapatkan batas kendali dari  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  harus didapatkan nilai  $\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$  terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 \text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \text{Var}\left[\sum_{i=1}^n q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}\right] \\
 &= \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 \text{var}\left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2\right) + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij}^2 \text{var}\left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}\right) \\
 &= 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2 + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij}^2 = 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2
 \end{aligned} \tag{2.27}$$

Persamaan (2.24) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap  $n$  dan batas diagram berdasarkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yaitu.

$$E[(\text{tr}(\mathbf{V}_n)) \pm L \sqrt{\text{Var}[(\text{tr}(\mathbf{V}_n))]}] = p \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2} \tag{2.28}$$

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* ( $\text{ARL}_0$ ) 370 (Huwang et al, 2007).

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

Diagram kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan target proses. Kelebihannya adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal, 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.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.29)$$

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

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^T \sum_{\mathbf{Z}_i}^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.30)$$

$$\Sigma_{\mathbf{Z}_i} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \Sigma \quad (2.31)$$

dimana, matriks kovarian  $\Sigma$  analog dengan varians pada data univariat EWMA

Data dikatakan *out of control* ketika nilai  $T_i^2$  lebih besar dari  $h_4$ . Nilai  $h_4$  merupakan batas kendali atas (UCL), didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Batas pengendali bawah (LCL) untuk peta kendali MEWMA sama dengan 0 karena nilai  $T_i^2$  yang selalu positif sehingga batas pengendali bawah (LCL) yang paling minimum dari suatu nilai yang positif adalah 0 (Montgomery D. C., 2009).

## 2.3 Resiko Produsen dan Resiko Konsumen

Di dalam melakukan pengendalian kualitas, terdapat dua jenis kesalahan yang dapat terjadi. Kesalahan tersebut biasa disebut kesalahan Tipe I dan kesalahan Tipe II. Kesalahan Tipe I, biasa disebut dengan resiko produsen ( $\alpha$ ), yaitu probabilitas menolak proses produkti yang baik. Sedangkan kesalahan Tipe II, biasa disebut dengan ( $\beta$ ), yaitu probabilitas menerima proses produksi yang buruk. Probabilitas dari dua jenis tipe kesalahan ini dinotasikan sebagai berikut.

$$\alpha = P\{\text{Kesalahan Tipe I}\} = P\{\text{Tolak } H_0 | H_0 \text{ benar}\}$$

$$\beta = P\{\text{Kesalahan Tipe II}\} = P\{\text{Gagal Tolak } H_0 | H_0 \text{ salah}\}$$

Secara umum dalam pengujian hipotesis adalah menentukan nilai  $\alpha$ , kemudian merancang prosedur pengujian kembali sehingga diperoleh nilai probabilitas dari  $\beta$ . Resiko nilai  $\beta$  merupakan fungsi dari ukuran sampel dan dikontrol secara tidak langsung. Berikut ini merupakan perhitungan dari nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  (Montgomery D. C., 2009).

$$P\{L \leq \mu \leq U\} = 1 - \alpha \quad (2.34)$$

$$\beta = \Phi\left\{Z_{\alpha/2} - \frac{\delta/\sqrt{n}}{\sigma}\right\} - \Phi\left\{-Z_{\alpha/2} - \frac{\delta/\sqrt{n}}{\sigma}\right\} \quad (2.35)$$

dimana:

L= Batas kendali bawah

U= Batas kendali atas

$\delta$  = Pergeseran proses

$\sigma$  = Deviasi standar

$n$  = Jumlah observasi

## 2.4 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Indeks kapabilitas yang disarankan oleh *Automotive Industry Action Group* (AIAG) untuk proses dalam keadaan *in control* adalah  $C_p$  dan  $C_{pk}$ , sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan *in control*, digunakan indeks *performance process*  $P_p$  dan  $P_{pk}$  (Montgomery D. C., 2009). Perhitungan indeks  $P_p$  dan  $P_{pk}$  untuk data univariat adalah sebagai berikut.

$$P_P = \frac{BSA - BSB}{6s} \quad (2.34)$$

$$P_{PU} = \frac{BSA - \bar{x}}{3s} \quad (2.35)$$

$$P_{PL} = \frac{\bar{x} - BSB}{3s} \quad (2.36)$$

$$P_{PK} = \min\{P_{PU}, P_{PL}\} \quad (2.37)$$

Keterangan :

*BSA* = batas spesifikasi atas

*BSB* = batas spesifikasi bawah

Dalam penelitian ini, digunakan tiga karakteristik kualitas, maka indeks *performance process* secara multivariat cocok digunakan terutama dengan mempertimbangkan tidak diketahuinya nilai pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Werner, 2011).

$$MP_P = \left( \prod_{i=1}^p P_{P(i)} \right)^{1/p} \quad (2.38)$$

$$MP_{PK} = \left( \prod_{i=1}^p P_{PK(i)} \right)^{1/p} \quad (2.39)$$

Keterangan:

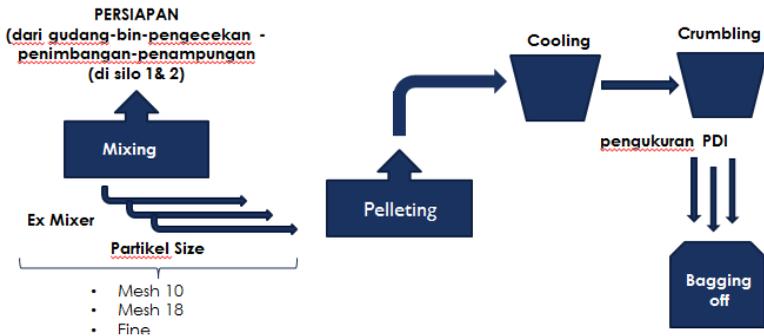
$i = 1, 2, \dots, p$

$p$  = jumlah variabel atau karakteristik kualitas

Kriteria penilaian  $MP_{PK}$  yaitu apabila nilai  $MP_{PK}$  yang didapatkan kurang dari 1 maka kinerja proses tidak bagus atau tidak kapabel secara multivariat, jika lebih dari 1 maka kinerja proses tersebut mutlak bagus atau kapabel. Apabila nilai  $MP_{PK}$  lebih kecil dari nilai  $MP_P$  menunjukkan bahwa proses pada kedua variabel ini tidak terpusat dan tidak mencapai kapabilitas potensial.

## 2.5 Proses Produksi Pakan Ternak BR 1 SP *Crumble*

Salah satu produk yang paling banyak diproduksi di PT. Japfa Comfeed Indonesia adalah formula pakan ternak untuk ayam ras pedaging jenis BR 1 SP *Crumble*. *Crumble* merupakan jenis pakan ternak (ransum) berbentuk *pellet* yang dipecah menjadi 2 atau 3 bagian dengan tujuan untuk memperkecil ukuran agar dapat dimakan oleh ternak (Johan, Asaduzzaman, & Sarkar, 2006). Kualitas *pellet* dapat diukur dengan menggunakan PDI (*Pellet Durability Index*) dan dipengaruhi oleh serangkaian proses produksi yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Proses Produksi BR 1 SP *Crumble*

Dari serangkaian proses produksi yang ditampilkan pada Gambar 2.1, salah satu faktor yang menentukan nilai PDI adalah ukuran partikel di proses *Ex-Mixer*. Proses *Ex-Mixer* merupakan proses setelah percampuran segala bahan baku yang akan menghasilkan 3 jenis ukuran partikel. Semakin halus ukuran partikel akan menghasilkan *pellet* yang padat dan kuat, sehingga PDI yang dihasilkan pun semakin tinggi. Beberapa karakteristik kualitas ukuran partikel yang menjadi syarat suatu produk pakan ternak agar dapat menghasilkan nilai PDI yang layak dipasarkan adalah sebagai berikut.

- a. Mesh 10.

Mesh 10 merupakan ukuran partikel terbesar dengan ukuran partikel 2 mm. Dengan batas toleransi kurang dari 3%

b. Mesh 18.

Mesh 10 merupakan ukuran dengan ukuran partikel 1 mm. Dengan batas toleransi kurang dari 40%

c. Fine

Fine merupakan partikel yang paling halus, berbentuk seperti tepung. Dengan batas toleransi lebih dari 70%.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data *record* inspeksi pada ukuran partikel di proses *ex-mixer* pada pakan ternak untuk ayam ras pedaging jenis BR 1 SP *Crumble* yang disesuaikan dengan standar kualitas yang sesuai dengan ketentuan pabrik. Data yang digunakan adalah data sekunder berasal dari PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. unit Buduran pada bulan November 2016 – Desember 2016. Data merupakan data individual sebanyak 143 observasi karena ukuran dari setiap subgrup adalah 1, di mana setiap *line* produksi diambil 1 sampel.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketiga ukuran partikel pada proses *ex-mixer* pakan ternak untuk ayam ras pedaging jenis BR 1 SP *Crumble* di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk unit Buduran, yaitu : mesh 10, mesh 18, dan fine (tepung) yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian Ukuran Partikel *Ex Mixer*

Variabel	Nama Variabel	Batas Spesifikasi (%)
$x_1$	Mesh 10 (2 mm)	<3%
$x_2$	Mesh 18 (1mm)	<40%
$x_3$	Fine (tepung)	>70%

### 3.3 Struktur Data

Adapun struktur data dari *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) yang digunakan untuk memonitoring stabilitas ukuran partikel pada proses *Ex-Mixer* pakan ternak untuk ayam ras pedaging jenis BR 1 SP *Crumble* di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk sebagai berikut.

**Tabel 3.2** Struktur Data Ukuran Partikel *Ex Mixer*

Observasi ke-	Karakteristik Kualitas		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	$x_{(1)1}$	$x_{(1)2}$	$x_{(1)3}$
2	$x_{(2)1}$	$x_{(2)2}$	$x_{(2)3}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
143	$x_{(143)1}$	$x_{(143)2}$	$x_{(143)3}$

Keterangan :

$x_{(i)k}$  = nilai untuk karakteristik kualitas ke-k pada observasi ke-i,  
 $i = 1, 2, \dots, t$  dan  $k = 1, 2, 3$

$X_1$  merupakan ukuran partikel mesh 10,  $X_2$  merupakan ukuran partikel mesh 18, sedangkan  $X_3$  merupakan ukuran fine. Satuan dari ketiga variabel tersebut adalah persen (%), di mana total yang dihasilkan dari ketiga variabel tersebut adalah 100%.

### 3.4 Langkah Analisis

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

1. Melakukan pengumpulan data
2. Melakukan analisa deskriptif pada karakteristik masing-masing variabel.
3. Melakukan pengendalian kualitas secara multivariat dengan langkah-langkah sebagai berikut.
  - A. Melakukan pengujian dependensi variabel dengan uji Barlett. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah antar variabel saling berhubungan.
  - B. Melakukan pemeriksaan data berdistribusi normal multivariat.
  - C. Melakukan monitoring proses *ex-mixer* produksi pakan ternak BR 1 SP *Crumble* yang terdiri dari dua diagram kendali yaitu pengendalian variabilitas dan rata-rata proses.
    1. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) digunakan untuk

memonitoring variabilitas proses. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut.

- Membuat matriks  $\mathbf{C}$  yang berukuran  $n \times n$  dimana  $\omega$  adalah diagonal utama dan merupakan nilai pembobot yang ditentukan sebelumnya.
- Membuat matriks  $\mathbf{M}$  yaitu matrik segitiga bawah dengan elemen  $\lambda$ .
- Membuat matrik  $\mathbf{I}_n$  merupakan matrik identitas berukuran  $n \times n$
- Menghitung nilai  $\mathbf{Q}$  untuk mendapatkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ .

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

- Menghitung  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ .

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

- Menghitung nilai  $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ .

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

- Menghitung  $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ .

$$\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] = 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2$$

- Menentukan batas kendali setiap pengamatan ke  $n$ .

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

- Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) untuk memonitoring target proses. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

- Menetapkan nilai pembobot  $\lambda$ ,  $0,1 \leq \lambda \leq 0,9$ .

- Menghitung vektor MEWMA  $\mathbf{Z}_i$ .

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

- Menghitung matriks varian kovarian  $\Sigma_{\mathbf{Z}_i}$ .

$$\Sigma_{\mathbf{Z}_i} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \Sigma$$

d. Menghitung statistik MEWMA yaitu  $T_i^2$ .

$$T_i^2 = \mathbf{z}_i^T \sum_{\mathbf{z}_i}^{-1} \mathbf{z}_i$$

e. Menentukan batas kendali setiap pengamatan, yaitu  
LCL=0 dan UCL =  $h_4$

D. Identifikasi penyebab kecacatan

Identifikasi penyebab kecacatan dilakukan dengan mendeteksi variabel utama penyebab kecacatan dan sumber utama penyebab kecacatan.

E. Menentukan kapabilitas proses pada proses *Ex-Mixer*.

4. Melakukan monitoring proses secara univariat dengan menggunakan diagram kendali EWMV dan EWMA untuk mengetahui pergeseran varians dan target proses tiap variabel

A. Membuat Diagram Kendali secara univariat dengan menggunakan diagram kendali EWMV.

a. Membuat diagram kendali EWMV lengkap dengan BKA dan BKB.

b. Jika proses tidak terkendali maka dicari sumber yang menjadi penyebabnya.

B. Membuat Diagram Kendali secara univariat dengan menggunakan diagram kendali EWMA.

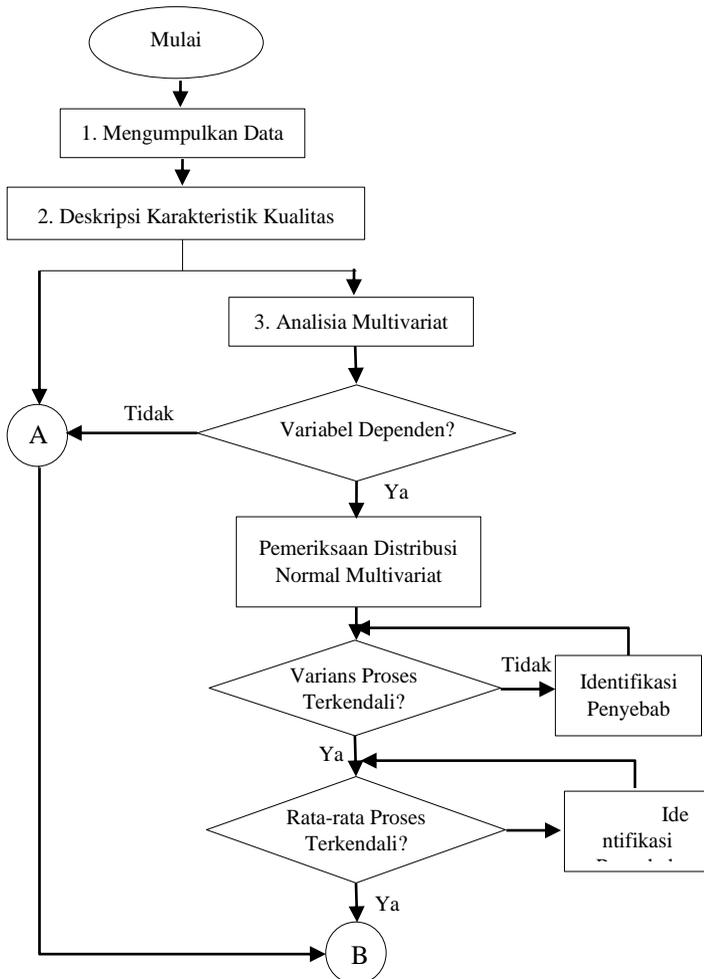
a. Membuat diagram kendali EWMA lengkap dengan BKA dan BKB.

b. Jika proses tidak terkendali maka dicari sumber yang menjadi penyebabnya.

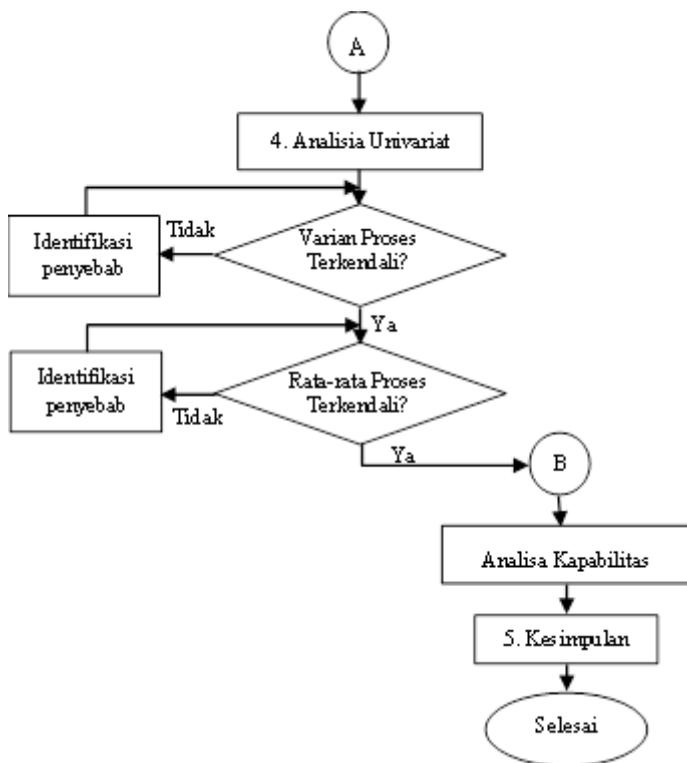
C. Menghitung indeks kapabilitas proses pada untuk mengukur kinerja proses

5. Membuat kesimpulan.

Langkah analisis di atas dapat digambarkan pada diagram alir berikut.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian Lanjutan

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

PT. Japfa Comfeed Indonesia merupakan salah satu dari tiga perusahaan pakan ternak terbesar di Indonesia. Dalam menghadapi persaingan di dunia Industri Pakan Ternak, tentunya PT. Japfa Comfeed Indonesia berusaha untuk menghasilkan pakan ternak dengan kualitas terbaik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Salah satu penilaian kualitas pada pakan ternak BR 1 SP *Crumble* adalah dengan menghitung nilai PDI. Jika nilai PDI terlalu tinggi PDI, maka *pellet* yang dihasilkan akan terlalu keras dan menyebabkan ayam susah dalam mencerna pakan tersebut. Namun apabila nilai PDI terlalu rendah, maka *pellet* akan mudah hancur dan ayam tidak akan memakan pellet tersebut. Salah satu hal yang paling memengaruhi nilai PDI adalah ketiga ukuran partikel pada proses *Ex-Mixer*, yaitu Mesh 10 (ukuran 2 mm), Mesh 18 (ukuran 1 mm), dan Fine (tepung). Semakin halus ukuran partikel maka PDI akan semakin tinggi, begitupula sebaliknya. Sehingga perlu adanya monitoring proses pada ketiga ukuran partikel di proses *Ex-Mixer* tersebut untuk meminimalisir terjadinya kecacatan.

#### **4.1 Deskripsi Kualitas Ukuran Partikel**

Produk ternak yang dapat dipasarkan adalah pakan ternak yang telah memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan. Untuk mencapai hal tersebut, tentunya setiap proses harus di kontrol, salah satunya adalah batas spesifikasi presentase di setiap ukuran partikel pada proses *Ex-Mixer*. Ukuran Mesh 10 (2mm) yang memenuhi standar adalah dengan presentase <3%, untuk ukuran Mesh 18(1 mm) dengan presentase <40%, sedangkan untuk ukuran Fine dengan presentase >70%. Untuk mengetahui gambaran umum tentang masing-masing karakteristik kualitas pada periode November hingga Desember 2016 maka diberikan deskripsi kualitas pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Deskripsi Karakteristik Kualitas

<b>Variabel</b>	<b>Rataan</b>	<b>Varians</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Target</b>	<b>CV</b>
Mesh 10	0,37622	0,00478	0,2	0,6	0,4	18,38
Mesh 18	26,558	4,755	21	31,60	25	8,18
Fine	73,057	4,705	68	78,8	71	2,97

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa rata-rata presentase ukuran partikel Mesh 10 adalah 0,37622%. Jika dilihat dari rata-rata presentase tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai ini masih berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Target merupakan nilai rata-rata yang diharapkan oleh perusahaan pada periode produksi tertentu. Berdasarkan nilai target tersebut, terlihat bahwa rata-rata ukuran partikel Mesh 10 hampir mendekati target. Nilai minimum dari presentase ukuran partikel Mesh 10 sebesar 0.2% sedangkan untuk nilai maksimum sebesar 0.6%, dimana nilai tersebut juga masih berada di dalam batas spesifikasi perusahaan. Nilai varians sebesar 0,00478, namun jika dilihat dari nilai koefisien variasi (CV) sebesar 18,38 menunjukkan bahwa Mesh 10 untuk produk BR 1 SP *Crumble* periode November-Desember 2016 memiliki variasi yang paling heterogen dibanding jenis ukuran partikel lainnya.

Nilai rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum presentase ukuran partikel Mesh 18, masing-masing sebesar 26,558%, 21%, dan 31,6%. Nilai rata-rata yang dihasilkan dapat dikatakan belum mendekati target yang ditetapkan perusahaan, namun nilai tersebut masih berada di dalam batas spesifikasi perusahaan. Nilai varians yang dihasilkan sebesar 4,755.

Rata-rata presentase ukuran partikel Fine sebesar 73,057%, dimana jika dilihat dari presentase tersebut masih berada dalam standar spesifikasi perusahaan, namun masih belum mendekati target yang ditetapkan oleh perusahaan. Untuk nilai varians yang dihasilkan sebesar 4,705 dengan nilai CV sebesar 2,97, dimana nilai CV tersebut paling kecil dibanding jenis ukuran partikel lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa Fine memiliki variasi yang paling homogen dibanding ukuran partikel lainnya. Nilai

maksimum yang dihasilkan sebesar 78,8%, sedangkan nilai minimum yang dihasilkan adalah sebesar 68%, dimana nilai tersebut di bawah standar spesifikasi perusahaan.

#### 4.2 Uji Dependensi antar Variabel

Variabel penentu karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga yaitu Mesh 10, Mesh 18, dan Fine, sehingga untuk memeriksa apakah antar variabel tersebut saling dependen digunakan uji Barlett. Berdasarkan Persamaan (2.11), didapatkan nilai  $\chi^2_{0,5,3}$  sebesar 931,929 dengan derajat bebas sebesar 3 dan  $\alpha$  5% seperti yang tertera pada Tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Uji Dependensi

<i>Chi-Square</i>	<i>Df</i>	<i>P-value</i>
931,929	3	0.000

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai *Chi-square* yang dihasilkan lebih besar dari nilai *Chi Square* tabel sebesar 7,815, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel tersebut saling dependen. Selain itu, dilihat dari *p-value* sebesar 0,000, dimana nilai tersebut kurang dari  $\alpha$ , sehingga didapatkan kesimpulan yang sama bahwa ketiga variabel tersebut saling dependen. Hal tersebut sesuai dengan konsep ukuran partikel di proses *Ex-Mixer*, dimana persentase ukuran suatu partikel berhubungan dengan persentase ukuran partikel lainnya.

#### 4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan asumsi normal multivariat dilakukan untuk ketiga variabel penentu karakteristik kualitas pada proses *Ex-Mixer* yaitu Mesh 10, Mesh 18, dan Fine. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data sesuai dengan Persamaan (2.13), didapatkan nilai  $W$  sebesar 0,2254. Nilai ini tersebut jauh dari nilai 1, selain itu dilihat dari  $p$ -value sebesar  $2,2 \times 10^{-16}$ , dimana nilai tersebut kurang dari  $\alpha$  5%, maka dapat disimpulkan bahwa data ketiga karakteristik kualitas tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Selain itu dilakukan

pengujian untuk kombinasi 2 variabel dari ketiga variabel karakteristik ukuran partikel sebagai berikut.

**Tabel 4.3.** Pengujian Shapiro Wilk untuk Kombinasi 2 Variabel

Variabel	W	P-value
Mesh 10 dan Mesh 18	0.9537	0.0001009
Mesh 10 dan Fine	0.9559	0.0001565
Mesh 18 dan Fine	0.6743	1.20E-16

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa dari tiga kombinasi 2 variabel karakteristik kualitas ukuran partikel memiliki *p-value* kurang dari *alpha* 5%, sehingga tidak ada yang mengikuti distribusi normal multivariete. Pada penelitian ini menggunakan diagram kendali MEWMV dan MEWMA, sehingga *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Pada penelitian ini menggunakan diagram kendali MEWMV dan MEWMA, sehingga *robust* terhadap data yang tidak mengikuti distribusi normal multivariat.

#### 4.4 Monitoring Variabilitas Proses *Ex-Mixer* pada Produksi BR 1 SP Crumble

Monitoring variabilitas proses dilakukan dengan menggunakan diagram kendali MEWMV, dimana titik yang diplotkan merupakan nilai yang telah dilakukan pembobotan sebelumnya. Titik pengamatan ini biasa disebut  $Tr(Vn)$ , yang didapat dari Persamaan (2.23).

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data periode November-Desember sebanyak 143 data. Pertama kali dilakukan monitoring variabilitas proses dengan menggunakan pembobot dengan nilai yang sama untuk tiap pasang  $\omega$  dan  $\lambda$ , dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  yang Sama

$\omega$	$\lambda$	L	Max $Tr(Vn)$	<i>Out of Control</i>
0,1	0,1	3,91219	4845,2	142
0,2	0,2	3,3086	3828,2	99
0,3	0,3	3,6602	2931,1	81
0,4	0,4	3,91219	2153,4	67
0,5	0,5	4,1191	1495,4	48

**Tabel 4.4** Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  yang Sama (Lanjutan)

$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr(Vn)	Out of Control
0,6	0,6	4,2715	957,082	36
0,7	0,7	4,3836	538.358	34
0,8	0,8	4,459	239.27	30
0,9	0,9	4,4984	59.817	28

Pada awal penelitian dilakukan pembobotan dengan nilai yang sama pada tiap pasang  $\omega$  dan  $\lambda$ , hal itu disebabkan karena selama ini belum pernah dilakukan pengendalian kualitas secara statistik di perusahaan tersebut. Oleh karena itu, sebagai langkah awal dilakukan pembobotan seperti percobaan pada Tabel 4.4 untuk mendapatkan pola plot Tr(Vn) pada diagram kendali MEWMV dari kombinasi pembobot tersebut. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan mengkombinasikan salah satu nilai  $\omega$  dengan salah nilai  $\lambda$  yang berbeda, dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 4.5** Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  yang Berbeda

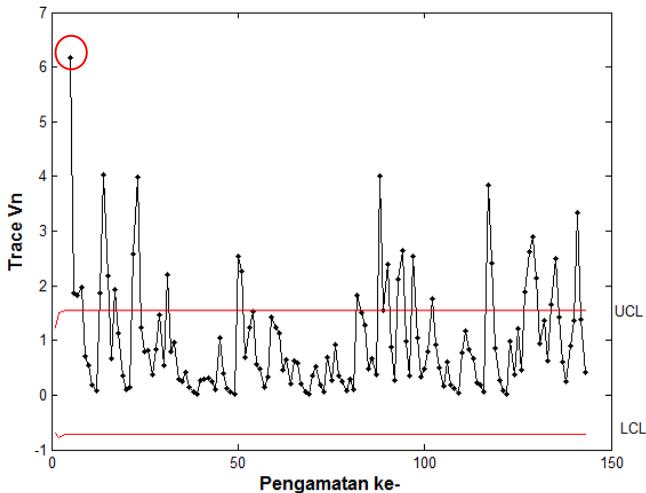
$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr(Vn)	Out of Control
0,2	0,8	3,91219	239.27	84
0,5	0,7	3,3086	538.358	47
0,9	0,3	3,6602	2931,1	32

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada data di Lampiran A, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan 4.5, dapat disimpulkan bahwa nilai  $\omega$  sangat memengaruhi banyaknya jumlah titik pengamatan yang out, sebagai contoh dengan penggunaan  $\omega=0,2$ , dapat dilihat baik pada percobaan di Tabel 4.3 ataupun 4.4, jumlah titik yang mengalami *out of control* tidak terlalu jauh berbeda walaupun dengan kombinasi  $\lambda$  yang juga bernilai 0,2 ataupun bernilai 0,8. Hal tersebut berlaku pula untuk  $\omega$  dengan nilai 0,5 dan 0,9. Sedangkan nilai  $\lambda$ , dapat dikatakan sangat memengaruhi titik Tr(Vn) maksimal pada diagram kendali. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 ataupun 4.5, dengan nilai  $\lambda=0,8$ , didapatkan nilai Tr(Vn) maksimal yang sama, yaitu sebesar 239,27, baik dengan kombinasi  $\omega$  dengan nilai yang juga 0,8

ataupun 0,2. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai  $\omega$ , maka banyaknya titik pengamatan yang mengalami *out of control* semakin sedikit, sedangkan semakin tinggi nilai  $\lambda$ , maka nilai  $Tr(V_n)$  maksimal akan semakin kecil.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dan konsultasi dengan pihak PT. Japfa Comfeed Indonesia, mengingat baru pertama kali dilakukan penerapan metode pengendalian kualitas secara statistik untuk memonitoring stabilitas varians dengan MEWMV, maka pembobot yang paling memungkinkan untuk digunakan adalah dengan kombinasi nilai  $\omega$  dengan  $\lambda$  sebesar 0,7-0,9. Hal tersebut dikarenakan atas pertimbangan jumlah titik yang *out of control* serta titik  $Tr(V_n)$  terjauh dari batas kendali atas, yang tentu berkaitan dengan resiko produsen.

Nilai pembobot paling kecil yang digunakan untuk diagram kendali MEWMV adalah  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$ . Gambar 4.1 berikut adalah hasil plot  $tr(V_n)$  untuk kedua nilai pembobot tersebut.



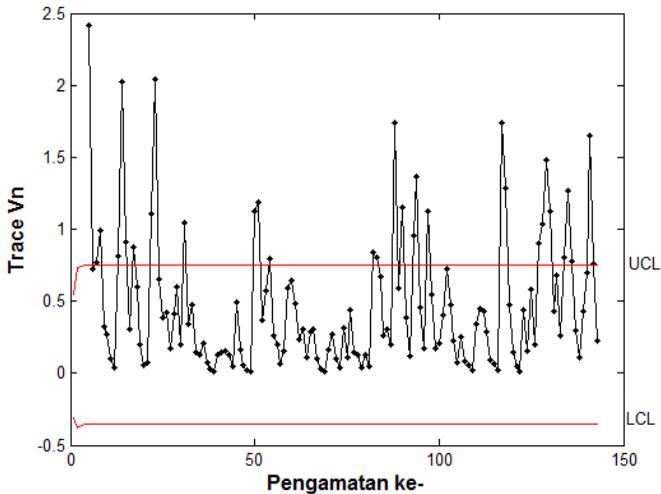
**Gambar 4.1** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$

Plot dari nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  untuk masing-masing observasi yang diperoleh menunjukkan bahwa plot  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dimulai dari observasi ke-5, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Nilai batas kendali berdasarkan Gambar 4.1, menunjukkan nilai yang berbededa-beda untuk masing-masing plot  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ .

Batas kendali pada diagram kendali MEWMV dipengaruhi oleh nilai  $L$  yang dapat dilihat pada Lampiran D1. Nilai  $L$  tersebut didapatkan dari kombinasi nilai pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$ , sehingga untuk  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$ , diperoleh nilai  $L$  sebesar 4,3836, sehingga dengan menggunakan Persamaan (2.26), didapatkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 1,5468 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar -0,7160, namun BKB dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif. Diagram kendali MEWMV pada Gambar 4.1 dimulai dari titik  $\text{Tr}(\mathbf{V}_n)$  ke-5 dengan nilai 6,179, dimana untuk diagram kendali yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Titik pengamatan  $\text{Tr}(\mathbf{V}_n)$  ke-5 yang diberi lingkaran merah, didapatkan dari Persamaan (2.23), dimana untuk mendapatkan nilai  $\text{Tr}(\mathbf{V}_n)$  perlu menghitung matriks  $\mathbf{Q}$ . Matriks  $\mathbf{Q}$  sendiri didapatkan dari perhitungan matriks  $\mathbf{I}_n$ , matriks  $\mathbf{M}$ , dan matriks seperti pada Persamaan (2.22).  $\mathbf{M}$  adalah matrik segitiga bawah berukuran  $n \times n$  dengan  $\lambda$  sebagai elemennya, dimana  $\lambda$  adalah pembobot sebesar 0,7. Sedangkan  $\mathbf{C}$  merupakan matriks diagonal berukuran  $n \times n$  dengan  $\omega$  sebagai elemennya yang merupakan nilai pembobot sebesar 0,7.

Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 34 observasi yang keluar dari nilai BKA, penilaian proses produksi dilihat ketika proses mulai stabil, namun setelah pengamatan ke-9 masih banyak pengamatan yang berada di luar batas kendali sehingga dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik.

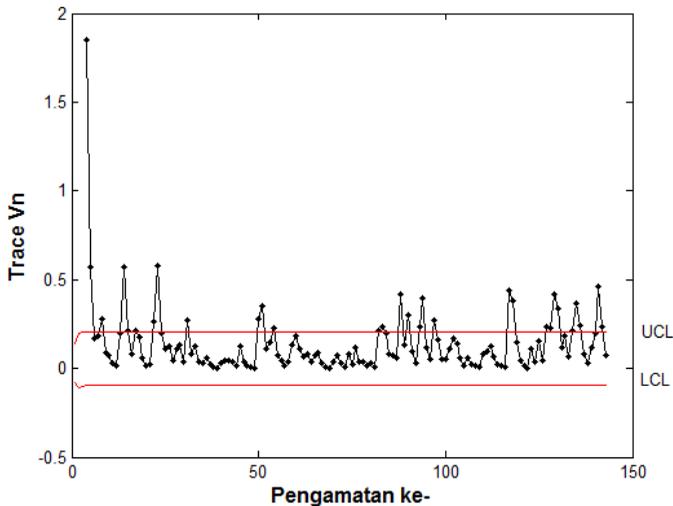
Monitoring stabilitas varians proses dengan diagram kendali MEWMV selanjutnya dilakukan pembobot sebesar  $\omega = 0,7$ ,  $\lambda = 0,8$ , dan  $L = 4,3836$ . Gambar 4.2 berikut merupakan diagram kendali MEWMV yang diperoleh.



**Gambar 4.2** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,8$

Batas kendali atas maksimum yang diperoleh pada diagram kendali yang ditampilkan pada Gambar 4.2 adalah sebesar 0,7502 sedangkan batas kendali bawah sebesar -0,3502, namun BKB dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif. Batas kendali ini lebih sempit daripada batas kendali sebelumnya dengan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang masing-masing bernilai 0,7. Plot  $\text{Tr}(V_n)$  pada Gambar 4.2 dimulai dari observasi ke-4, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Diagram kendali tersebut terdapat observasi yang keluar dari batas kendali atas sebanyak 35 observasi, hasil tersebut tidak terlalu jauh berbeda dari diagram kendali sebelumnya pada Gambar 4.1. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, namun setelah observasi ke-9 masih banyak titik yang berada di luar batas kendali atas, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik.

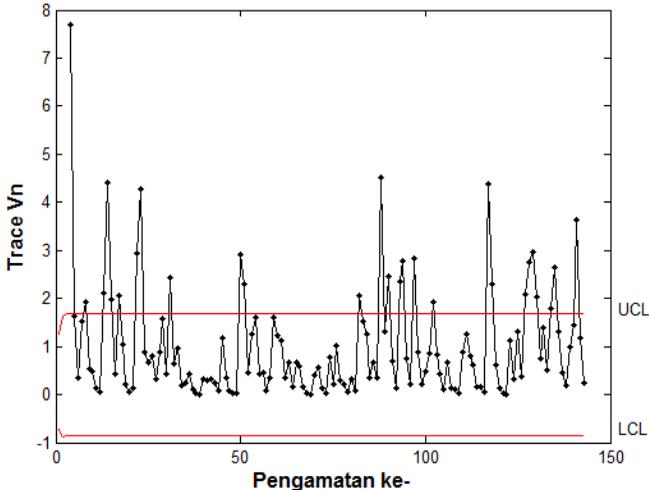
Pengendalian variabilitas proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan pembobot  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$  sebagai berikut.



**Gambar 4.3** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$

Hasil pengendalian variabilitas proses yang disajikan diagram kendali MEWMA di Gambar 4.3 dengan pembobot  $\omega = 0,7$ ,  $\lambda = 0,9$  dan  $L = 4,3758$ , diperoleh batas kendali atas maksimum dan bawah untuk pembobot ini berturut-turut sebesar 0,206 dan -0,097. Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol. Nilai BKA dan BKB tersebut menyebabkan batas kendali yang lebih sempit dari kedua diagram kendali sebelumnya. Hal tersebut menyebabkan jumlah *out of control* yang dihasilkan lebih sedikit dari diagram kendali sebelumnya, yaitu 33 observasi, walaupun tidak berbeda jauh. Gambar 4.3 menunjukkan plot  $Tr(V_n)$  yang bermula dari observasi ke-4, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, namun setelah observasi ke-9 masih banyak titik yang berada di luar batas kendali atas, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik. Pembobot ini dianggap

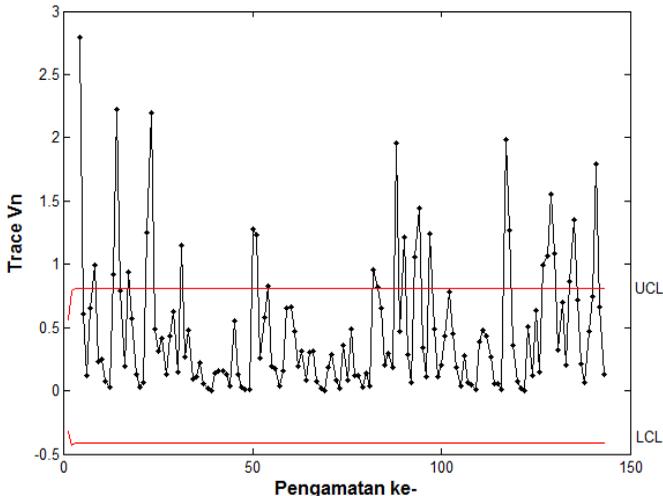
lebih baik dari dua pembobot sebelumnya, karena selisih titik maksimal  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dengan BKA paling kecil dengan lebar batas kendali yang paling sempit.



**Gambar 4.4** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,7$

Selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas untuk kombinasi nilai  $\omega = 8$  dan  $\lambda = 0,7$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Batas kendali pada diagram kendali MEWMV dipengaruhi oleh nilai  $L$  yang tergantung pada kombinasi nilai pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$ , dimana Gambar 4.4 menggunakan nilai pembobot sebesar  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,7$ , sehingga nilai  $L$  yang diperoleh sebesar 4,4629. Berdasarkan kombinasi nilai  $\omega$ ,  $\lambda$ , dan  $L$  tersebut, didapatkan nilai BKA sebesar 1,682 dan BKB sebesar -0,851. Nilai BKB tersebut dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif. Diagram kendali MEWMV pada Gambar 4.4 dimulai dari titik ke-4, dimana untuk diagram kendali yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 30 observasi yang keluar dari batas kendali atas, penilaian proses produksi dilihat ketika proses telah stabil, namun setelah pengamatan ke-9 masih banyak pengamatan yang berada di luar batas kendali sehingga

dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik.



**Gambar 4.5** Diagram Kendali MEWMAV dengan  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,8$

Monitoring stabilitas varians proses selanjutnya dengan diagram kendali MEWMAV selanjutnya dilakukan pembobot sebesar  $\omega = 0,8$ ,  $\lambda = 0,8$ , dan  $L = 4,459$  dapat dilihat pada Gambar 4.5. Batas kendali atas maksimum yang diperoleh pada diagram kendali yang ditampilkan pada Gambar 4.5 adalah sebesar 0,813 sedangkan batas kendali bawah sebesar -0,413, namun BKB dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif. Batas kendali ini lebih sempit daripada batas kendali sebelumnya dengan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang masing-masing bernilai 0,8 dan 0,7. Plot  $\text{Tr}(V_n)$  pada Gambar 4.5 dimulai dari observasi ke-4, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F1. Diagram kendali tersebut terdapat observasi yang keluar dari batas kendali atas sebanyak 29 observasi, hasil tersebut tidak terlalu jauh berbeda dari diagram kendali sebelumnya pada Gambar 4.4. Baik buruknya proses dilihat ketika proses mulai stabil, namun setelah observasi ke-9 masih banyak titik yang

berada di luar batas kendali atas, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik.

Percobaan pengendalian variabilitas proses dengan pembobot lainnya dapat dilihat pada lampiran F1. Pembobot terbaik untuk mendeteksi adanya *out of control* dapat dilihat dari nilai minimum  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$ . Nilai tersebut menunjukkan *error* paling kecil. Semakin kecil selisihnya, maka kemungkinan suatu titik jatuh berada di luar batas kendali padahal tidak ada *assignable causes* akan lebih kecil, begitu pula sebaliknya. Hal tersebut berkaitan dengan besarnya resiko produsen. Pembobot terbaik juga dapat dideteksi dari 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, sehingga dapat meminimumkan resiko konsumen, selain itu banyaknya titik *out of control* juga menjadi pertimbangan perusahaan dalam menentukan besarnya nilai pembobot optimal yang digunakan oleh perusahaan. Tabel 4.5 adalah hasil evaluasi diagram kendali MEWMV dari kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$ .

**Tabel 4.6** Hasil Evaluasi Plot Diagram Kendali MEWMV

$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr (Vn)	BKA	Max Tr (Vn)- BKA	BKB	BKA- BKB	Out of Control
0.7	0.7	4.3836	538.36	1.546	536.8	-0.71	2.263	34
0.7	0.8	4.3836	239.27	0.750	238.5	-0.35	1.100	35
0.7	0.9	4.3758	59.817	0.206	59.61	-0.097	0.303	33
0.8	0.7	4.4629	538.36	1.682	536.7	-0.851	2.533	30
0.8	0.8	4.459	239.27	0.813	238.5	-0.413	1.226	29
0.8	0.9	4.455	59.817	0.223	59.59	-0.114	0.337	31
0.9	0.7	4.509	538.36	1.816	536.5	-0.985	2.801	29
0.9	0.8	4.508	239.27	0.876	238.4	-0.476	1.352	27
0.9	0.9	4.4984	59.817	0.239	59.58	-0.13	0.369	28

Tabel 4.6 menyajikan berbagai percobaan pembobot untuk diagram kendali MEWMV yang akan digunakan. Berdasarkan gambaran plot diagram kendali MEWMV pada Tabel 4.6 tersebut, nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  yang paling minimum adalah

59,58. Nilai ini didapatkan ketika  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  dengan batas kendali atas sebesar 0,239 dan batas kendali bawah sebesar -0,13. Sehingga kemungkinan produk berada di luar batas spesifikasi perusahaan semakin kecil yang berdampak pada menurunnya resiko produsen. Titik *out of control* yang dihasilkan sebesar 28 titik, dimana jumlah tersebut tergolong kecil dibanding dengan menggunakan diagram kendali lainnya. Titik *out of control* yang paling kecil dihasilkan menggunakan diagram kendali dengan  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,8$  sebanyak 27 titik, namun nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  akan lebih besar, sehingga kemungkinan resiko produsen yang dihasilkan akan lebih tinggi.

Batas kendali yang sempit yaitu selisih BKA-BKB yang kecil menandakan tingkat sensitifitas relatif tinggi. Sensitifitas yang tinggi akan mengakibatkan resiko konsumen yang dihasilkan semakin kecil. Batas kendali tersempit didapatkan ketika  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$  yaitu sebesar 0,303. Namun nilai tersebut tidak terlalu jauh berbeda ketika menggunakan kombinasi  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,9$  serta  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ .

Selain melihat visual dari plot yang dihasilkan dari diagram kendali MEWMV, maka perlu dilakukan perhitungan resiko produsen ( $\alpha$ ) dan resiko konsumen ( $\beta$ ) sebagai berikut.

**Tabel 4.7** Hasil Perhitungan  $\alpha$  dan  $\beta$  Diagram Kendali MEWMV

$\omega$	$\lambda$	BKA	BKB	$\alpha$	$\beta$
0.7	0.7	1.546	-0.71	0.493	0.410
0.7	0.8	0.750	-0.35	0.492	0.294
0.7	0.9	0.206	-0.097	0.491	0.012
0.8	0.7	1.682	-0.851	0.491	0.408
0.8	0.8	0.813	-0.413	0.490	0.290
0.8	0.9	0.223	-0.114	0.488	0.010
0.9	0.7	1.816	-0.985	0.488	0.409
0.9	0.8	0.876	-0.476	0.487	0.288
0.9	0.9	0.239	-0.13	0.485	0.010

Resiko produsen ( $\alpha$ ) dihitung dengan Persamaan (2.34), dimana nilai tersebut menunjukkan probabilitas kemungkinan proses ditolak, padahalnya proses masih terkendali. Berdasarkan

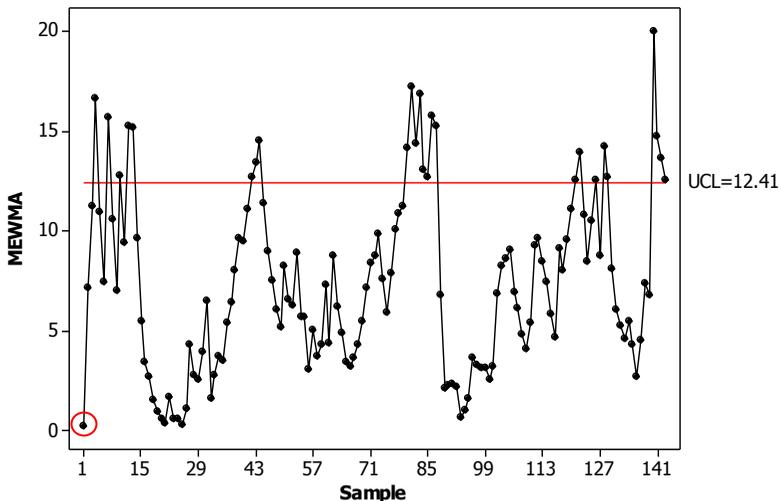
Tabel 4.7, semakin besar kombinasi  $\lambda$  dan  $\omega$ , maka  $\alpha$  yang dihasilkan cenderung semakin kecil. Resiko produsen paling kecil dihasilkan ketika menggunakan diagram kendali dengan  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  dengan resiko produsen sebesar 0,485. Kesimpulan yang didapat sama seperti hasil secara visual dengan melihat  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  minimum.

Resiko konsumen ( $\beta$ ) dihitung dengan Persamaan (2.35), dengan  $\delta$  diasumsikan 1 satuan. Nilai  $\beta$  tersebut menunjukkan probabilitas gagal menolak proses yang belum terkendali. Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa resiko konsumen terkecil menggunakan diagram kendali dengan  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,9$  serta  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ , yaitu sebesar 0,01, selain itu dengan menggunakan  $\omega = 0,7$  serta  $\lambda = 0,9$  juga didapatkan resiko konsumen yang hampir sama, sebesar 0,012. Kesimpulan yang dihasilkan tidak terlalu jauh berbeda dengan melihat secara visual lebar batas kendali atau BKA-BKB.

Berdasarkan nilai perhitungan resiko produsen dan konsumen, didapatkan hasil bahwa diagram kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,8$  dan  $\lambda = 0,9$  akan menghasilkan resiko produsen dan konsumen paling kecil dengan jumlah titik *out of control* sebanyak 28 titik pengamatan. Secara keseluruhan dengan berbagai kombinasi pembobot yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa proses belum terkendali secara statistik karena masih terdapat banyak titik *out of control*. Hasil evaluasi diagram kendali MEWMV dengan kombinasi  $\omega$  dan  $\lambda$  sebesar 0,7-0,9 tersebut akan memberikan gambaran dari resiko konsumen, resiko produsen, serta banyaknya titik *out of control* yang diterima perusahaan. Sehingga PT. Japfa Comfeed dapat melakukan *continuous improvement* dalam memperbaiki stabilitas varians dari proses *Ex-Mixer* menggunakan diagram kendali MEWMV dengan nilai pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang relevan untuk diterapkan di perusahaan

#### 4.5 Monitoring Target Proses *Ex-Mixer* pada Produksi BR 1 SP Crumble

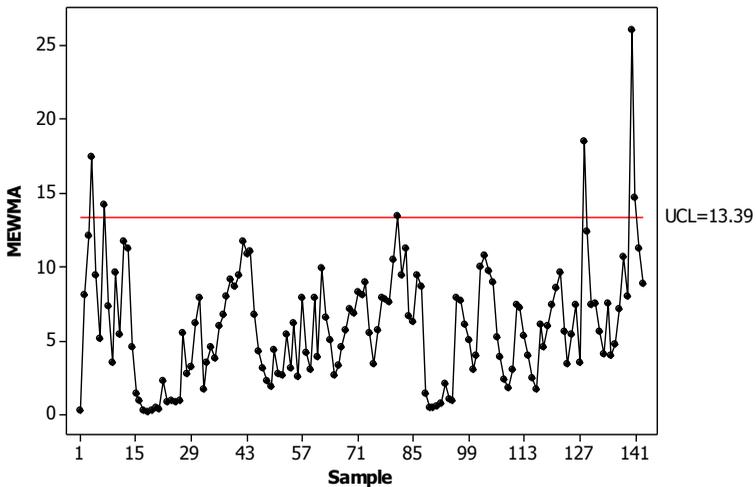
Pada penelitian ini, monitoring target proses dengan menggunakan diagram kendali MEWMA, dimana titik yang diplot merupakan nilai yang sudah diboboti dengan pembobot yang telah ditentukan sebelumnya. Titik pengamatan tersebut biasa disimbolkan dengan  $T_i^2$  yang didapatkan dari Persamaan (2.28). Pembobot 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. Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran dengan metode diagram kendali MEWMA, sehingga sebagai langkah awal dilakukan percobaan dengan nilai  $\lambda$  yang telah disebutkan sebelumnya. Sama halnya dengan diagram kendali MEWMV, data yang digunakan merupakan data periode November-Desember 2016, sebanyak 143 data.



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

Pembobot  $\lambda$  yang digunakan untuk diagram kendali MEWMA yang pertama pada Gambar 4.6 adalah 0,1. Titik  $T_i^2$  pengamatan pertama yang dilingkari merah memiliki nilai sebesar 0,24. Nilai tersebut didapatkan dari Persamaan (2.28), dimana sebelum menghitung Persamaan tersebut perlu mencari nilai  $Z_i$  dari Persamaan (2.27). Nilai  $Z_i$  ini merupakan nilai plot univariat EWMA dari tiap variabel. Pengendalian target proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,1 dengan jumlah variabel sebanyak 3, didapatkan nilai batas kendali atas (BKA) yang merupakan nilai  $h_4$  sebesar 12,41. Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa pola titik pengamatan bergerak fluktuatif, selain itu masih banyak terdapat titik  $T_i^2$  yang berada di luar batas kendali atas, yaitu sebanyak 25 titik dengan nilai titik  $T_i^2$  tertinggi sebesar 19,99. Sehingga rata-rata proses dapat dikatakan belum terkendali secara statistik.

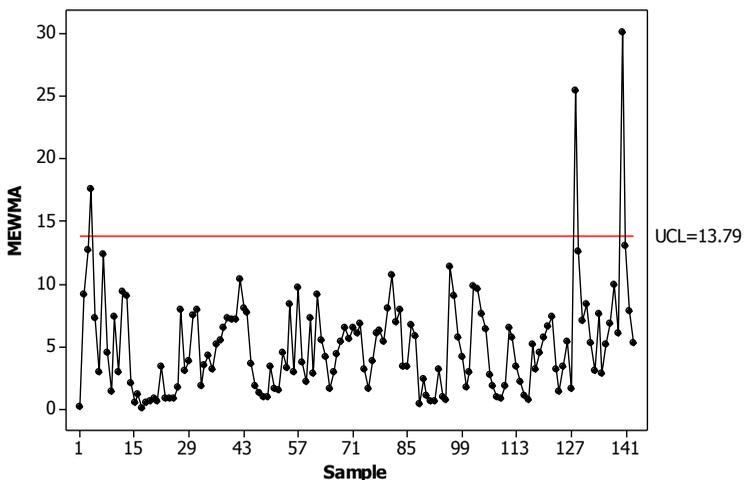
Selanjutnya dilakukan pengendalian target proses untuk  $\lambda = 0,1$  dilakukan untuk perbandingan pembobot sebelumnya. Hasil diagram kendali MEWMA untuk pembobot 0,2 disajikan pada Gambar 4.7 berikut.



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

Berdasarkan Gambar 4.7, terlihat bahwa dengan pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot ( $\lambda$ ) sebesar 0,2 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) 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. Titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum untuk pembobot ini adalah 26,04, terjadi pada pengamatan ke-140 sama seperti diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,1. Dengan menggunakan pembobot 0,2, banyaknya titik  $T_i^2$  yang mengalami *out of control* jauh lebih sedikit, yaitu sebanyak 6 pengamatan. ada 2 pengamatan yang keluar dari batas kendali atas. Proses yang ditunjukkan pada diagram kendali MEWMA di Gambar 4.7, menunjukkan proses masih belum stabil dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa target proses tidak terkendali secara statistik.

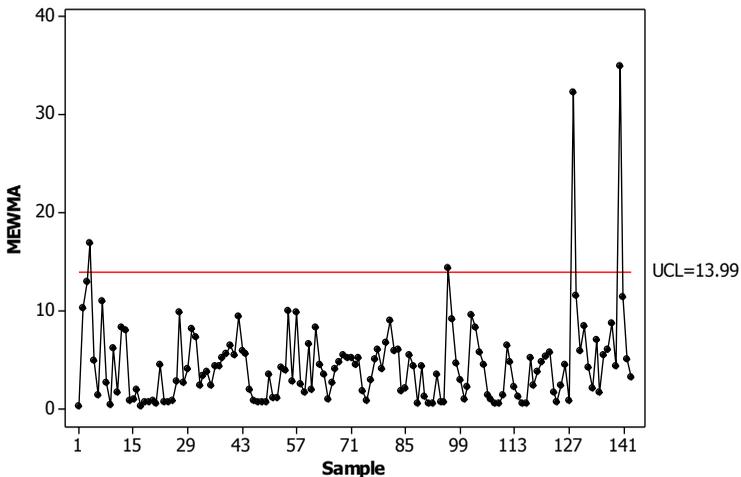
Pengendalian target proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan pembobot sebesar 0,3 yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



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

Pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA pada Gambar 4.8 menggunakan pembobot ( $\lambda$ ) sebesar 0,3 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 13,79. Nilai. Dengan menggunakan nilai  $\lambda$  tersebut, didapatkan batas kendali yang lebih lebar dibanding batas kendali dengan  $\lambda$  sebesar 0,2 pada Gambar 4.7. Titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum untuk pembobot ini adalah 30,09, terjadi pada pengamatan ke-140 sama seperti diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,2. Dengan menggunakan pembobot 0,2, banyaknya titik  $T_i^2$  yang mengalami *out of control* berkurang menjadi 3 pengamatan. Proses yang ditunjukkan pada diagram kendali MEWMA di Gambar 4.7, menunjukkan proses masih belum stabil dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa target proses tidak terkendali secara statistik, namun diagram kendali ini jauh lebih stabil dari diagram kendali dengan pembobot 0,1 dan 0,3.

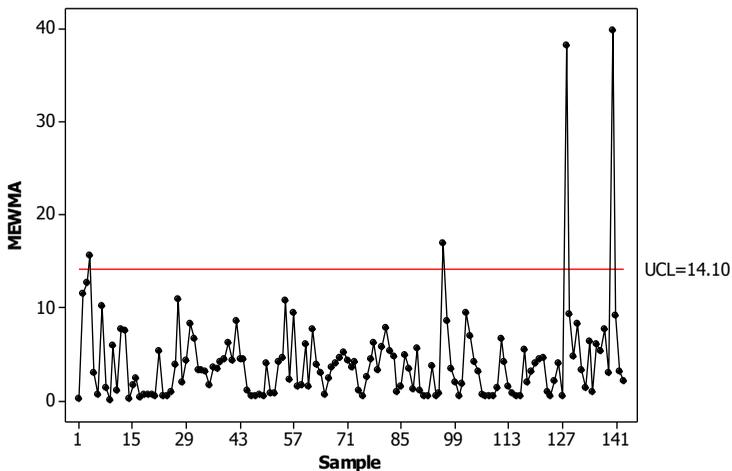
Selanjutnya dilakukan pengendalian target proses dengan pembobot yang digunakan sebesar 0,4. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



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

Pada Gambar 4.9, dapat terlihat bahwa banyaknya titik pengamatan yang keluar batas kendali atas untuk pembobot 0,4 lebih banyak daripada pembobot 0,3 pada Gambar 4.8 sebelumnya sebanyak 4 titik. Nilai batas kendali atas untuk pembobot ini sebesar 13,99, dimana nilai tersebut lebih besar dari batas kendali atas pembobot yang telah digunakan sebelumnya. Begitu pula untuk nilai pengamatan  $T_i^2$  tertinggi, dimana pembobot ini menghasilkan nilai pengamatan yang lebih tinggi daripada pembobot 0,3 yaitu sebesar 34,93 yang merupakan pengamatan ke 140. Karena pergerakan titik pengamatan  $T_i^2$  yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 masih fluktuatif dan masih terdapat titik pengamatan yang keluar batas kendali atas maka dapat disimpulkan bahwa target proses produksi BR 1 SP *Crumble* belum terkendali secara statistik. Meskipun demikian, secara visual dapat dilihat bahwa proses lebih stabil dari pembobot sebelumnya.

Pengendalian target proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan pembobot sebesar 0,5 yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



**Gambar 4.10** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,5$

Pengendalian rata-rata proses selanjutnya dilakukan untuk pembobot sebesar 0,5. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.10, dimana batas kendali atas yang dihasilkan lebih lebar dari diagram kendali sebelumnya, yaitu sebesar 14,10. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan pembobot 0,5 terdapat titik pengamatan  $T_i^2$  yang keluar dari batas kendali atas, yaitu ada sebanyak 4 titik. sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Titik pengamatan tertinggi untuk pembobot ini adalah 39,78 yang terjadi pada pengamatan ke – 140. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan titik pengamatan maksimum dengan menggunakan pembobot 0,1-0,4 sebelumnya. Hasil pengendalian menggunakan pembobot ini sama seperti diagram kendali sebelumnya, dimana target proses belum terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas dengan percobaan lainnya, yaitu menggunakan nilai pembobot sebesar 0,6-0,9 dengan beda antar pembobot sebesar 0,1 yang dapat dilihat secara rinci pada Lampiran G. Setelah dilakukan berbagai percobaan, maka dilakukan evaluasi dari kesembilan diagram kendali MEWMA yang telah dibuat.

Pemilihan pembobot terbaik diperhitungkan dengan memerhatikan resiko produsen dan resiko konsumen. Resiko produsen dihitung dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas (BKA) untuk masing-masing pembobot. Sedangkan resiko konsumen adalah dengan melihat lebarnya batas kendali, namun karena nilai batas kendali bawah selalu 0, maka lebar batas kendali merupakan nilai BKA dari diagram kendali MEWMA tersebut. Selain itu, perlu diperhatikan pula banyaknya jumlah titik pengamatan yang mengalami *out of control*, mengingat belum pernah dilakukan pengendalian proses secara statistik pada produk BR 1 SP *Cumble* di PT Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran tersebut. Hasil evaluasi dari diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,1-0,9 tersebut disajikan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.8** Hasil Evaluasi Diagram Kendali MEWMA

$\lambda$	BKA	Max $T_i^2$	Selisih	<i>Titik Out of Control</i>	$\alpha$	$\beta$
0,1	12,41	19,99	7,58	25	0.103	0.073
0,2	13,39	26,04	12,65	6	0.029	0.149
0,3	13,79	30,09	16,3	3	0.014	0.270
0,4	13,99	34,93	20,94	4	0.018	0.334
0,5	14,10	39,78	25,68	4	0.019	0.419
0,6	14,16	44,06	29,9	3	0.023	0.468
0,7	14,19	47,52	33,33	3	0.026	0.496
0,8	14,21	50,06	35,85	4	0.029	0.520
0,9	14,21	51,66	37,45	4	0.029	0.540

Berdasarkan hasil evaluasi diagram kendali MEWMA di atas pada Tabel 4.8, didapatkan hasil bahwa pengendalian target proses produksi pakan ternak dengan pembobot 0,3, 0,6, dan 0,7 menunjukkan adanya 3 titik yang berada di luar batas kendali. Sedangkan untuk pembobot 0,4, 0,5, 0,8, dan 0,9 menunjukkan adanya 4 titik yang berada di luar batas kendali. Terdapat beberapa pembobot dengan jumlah *out of control* yang sama, sehingga secara visual pemilihan pembobot terbaik dilakukan dengan memerhatikan lebar batas kendali dan selisih titik pengamatan maksimum (Max  $T_i^2$ ) dengan BKA.

Secara visual dengan melihat plot diagram kendali MEWMA, semakin kecil selisih titik pengamatan  $T_i^2$  maksimum dengan BKA menyebabkan peluang suatu titik berada di luar batas kendali padahal seharusnya proses *in control* semakin kecil. Dengan begitu, resiko produsen ( $\alpha$ ) yang dihasilkan akan semakin kecil. Dari Tabel 4.8 menunjukkan bahwa kemungkinan resiko produsen terkecil adalah dengan menggunakan pembobot 0,1, namun jika dilihat dari banyak titik *out of control* yang dihasilkan sangat tinggi dibanding dengan pembobot lain, sehingga perlu dilakukan perhitungan secara matematis dengan Persamaan (2.34) untuk memastikan. Berdasarkan Tabel 4.8 terlihat bahwa resiko produsen terkecil adalah ketika menggunakan  $\lambda=0,3$  sebesar 0,014

dengan titik *out of control* yang dihasilkan sebanyak 3 titik pengamatan. Resiko produsen paling besar ketika menggunakan  $\lambda=0,1$ , sebesar 0,103. Secara keseluruhan dari  $\lambda \geq 0,3$ , semakin besar pembobot yang digunakan, resiko produsen yang dihasilkan semakin besar.

Pertimbangan pemilihan pembobot terbaik juga didasarkan pada resiko konsumen ( $\beta$ ) yang dihasilkan. Secara visual, resiko konsumen dapat dilihat dari lebarnya batas kendali, semakin sempit batas kendali, maka diagram kendali MEWMA yang dihasilkan akan semakin sensitif sehingga probabilitas gagal menolak proses yang *out of control* akan semakin kecil. Berdasarkan Tabel 4.8, terlihat bahwa batas kendali paling sempit adalah ketika menggunakan  $\lambda=0,1$ , dan semakin besar nilai pembobot maka batas kendali akan semakin lebar. Selain itu, perlu dilakukan perhitungan matematis dengan Persamaan (2.35) dengan mengasumsikan  $\delta$  sebesar 1 satuan. untuk membuktikan besarnya resiko konsumen yang sesungguhnya. Secara visual maupun dengan perhitungan matematis, didapatkan kesimpulan yang sama, yaitu resiko konsumen terkecil ketika  $\lambda=0,1$ , namun titik *out of control* yang dihasilkan sangat tinggi, sedangkan resiko konsumen terbesar adalah dengan  $\lambda=0,9$ .

Berdasarkan evaluasi diagram kendali MEWMA dengan berbagai nilai pembobot menunjukkan  $\lambda=0,3$  memiliki resiko produsen terkecil dengan resiko konsumen yang dihasilkan tergolong kecil dibandingkan dengan menggunakan  $\lambda > 0,3$ .

Secara keseluruhan, hasil monitoring target proses menggunakan diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,1-0,9 pada data produksi pakan ternak tipe BR 1 SP *Crumble* memberikan kesimpulan bahwa target proses belum terkendali secara statistik karena masih terdapat titik-titik pengamatan yang berada di luar batas kendali. Oleh karena itu seluruh diagram kendali MEWMA dengan berbagai pembobot yang telah dilakukan akan diberikan kepada perusahaan PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Keseluruhan diagram kendali MEWMA yang telah dibuat akan memberikan gambaran kepada perusahaan

dalam menentukan pembobot terbaik yang dapat diterapkan dan sebagai *continous improvement* pada proses *Ex-Mixer* berdasarkan resiko konsumen, resiko produsen, dan banyaknya titik *out of control* yang relevan untuk diterapkan.

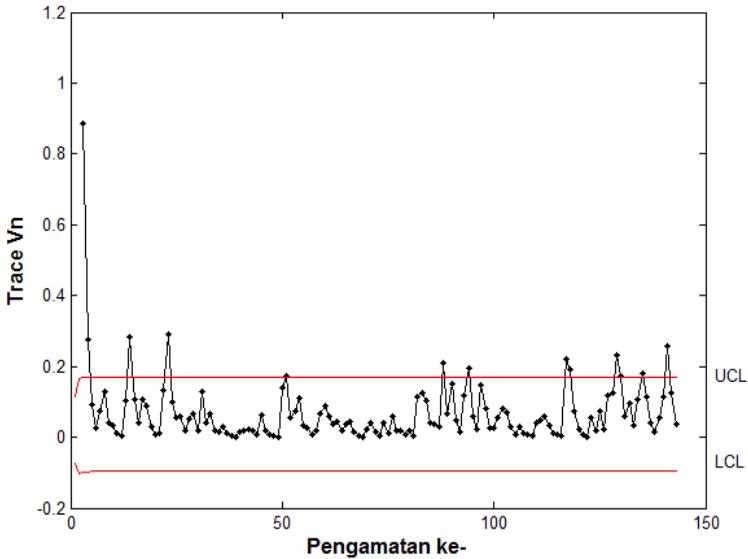
#### **4.6 Evaluasi Variabel yang Diduga Penyebab Utama *Out of Control***

Evaluasi variabel yang diduga sebagai penyebab *out of control* pada pengendalian kualitas statistik secara multivariat diperlukan agar perusahaan dapat melakukan perbaikan secara lebih sistematis dengan memerhatikan variabel apa yang memiliki kontribusi terbesar dalam menyebabkan *out of control* pada proses. Evaluasi dilakukan dengan melakukan monitoring stabilitas proses secara multivariat dengan menggunakan kombinasi 2 variabel secara bergantian dan dilanjutkan dengan monitoring stabilitas proses secara univariat. Evaluasi variabel utama penyebab *out of control* dibagi menjadi dua, yaitu untuk monitoring varians dan target proses.

##### **4.6.1 Evaluasi Variabel yang Diduga Penyebab Utama *Out of Control* pada Varians Proses *Ex-Mixer***

Evaluasi variabel yang diduga sebagai penyebab *out of control* untuk varians proses, dilakukan dengan melakukan monitoring stabilitas varians proses secara multivariat dengan diagram kendali MEWMV pada tiap kombinasi 2 variabel dari 3 variabel karakteristik kualitas yang ada. Kemudian untuk lebih mengetahui stabilitas varians dari masing-masing karakteristik variabel jenis ukuran partikel, maka dilanjutkan dengan monitoring secara univariat pada tiap variabel dengan diagram kendali EWMV.

Evaluasi pertama dilakukan dengan melakukan monitoring varians proses pada variabel Mesh 10 dan Mesh 18 secara multivariat dengan nilai pembobot yang digunakan yaitu  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ .

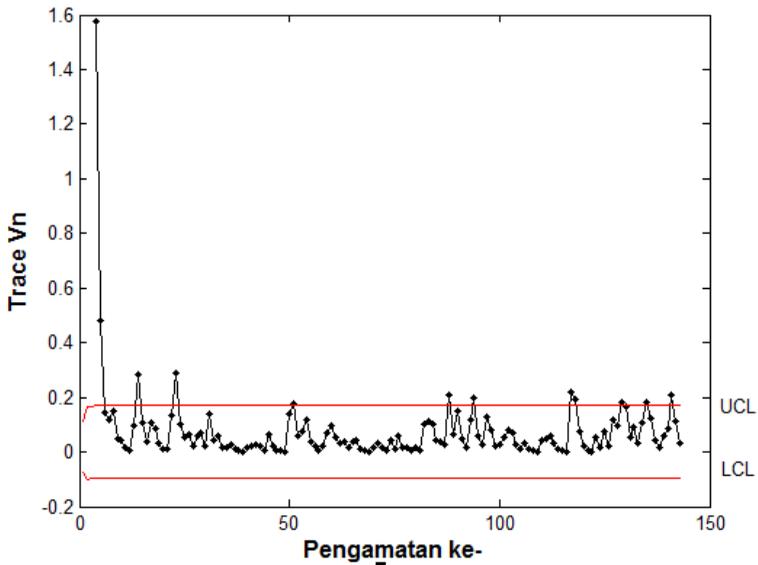


**Gambar 4.11** Diagram Kendali MEWMV Variabel Mesh 10 dan Mesh 18

Gambar 4.11 merupakan diagram kendali MEWMV untuk variabel Mesh 10 dan Mesh 18 yang dimulai pada pengamatan ke-4, untuk lebih rincinya dapat dilihat pada Lampiran F2, Berdasarkan Gambar 4.11, didapatkan nilai batas kendali atas sebesar 0,1695, batas kendali bawah sebesar -0,0968, dan titik  $Tr(Vn)$  maksimal sebesar 7,4 serta banyaknya titik yang *out of control* sebanyak 15 titik.

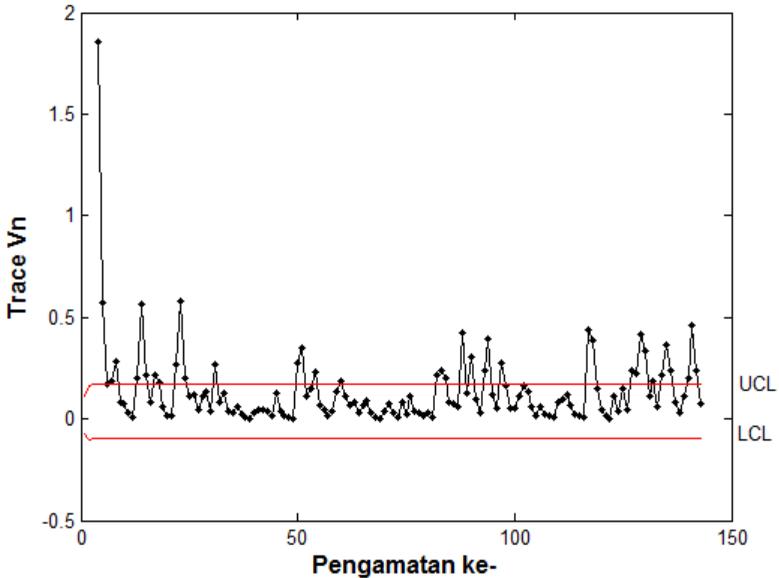
Selanjutnya dilakukan monitoring variabilitas proses pada variabel Mesh 10 dan Fine dengan nilai pembobot seperti diagram kendali sebelumnya, yaitu  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ , hasilnya seperti pada Gambar 4.12. Gambar 4.12 menunjukkan diagram kendali MEWMV mulai dari pengamatan ke-3, untuk gambar yang lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran F2. Dapat dilihat batas kendali atas dan bawah pada diagram tersebut sama seperti pada diagram kendali MEWMV pada gambar 4.12, yaitu masing-masing sebesar 0,1695 dan -0,0968. Jumlah titik *out of control* sebanyak 15 titik yang masih sama seperti pada diagram kendali

MEWMV di Gambar 4.11. Hal yang membedakan adalah plot  $Tr(V_n)$  yang dihasilkan, dimana plot maksimal  $Tr(V_n)$  yang diperoleh sebesar 52, 419



**Gambar 4.12** Diagram Kendali MEWMV Variabel Mesh 10 dan Fine

Selanjutnya dilakukan monitoring variabilitas proses pada variabel Mesh 18 dengan Fine secara multivariat dengan nilai pembobot yang digunakan seperti diagram kendali sebelumnya, yaitu  $\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,9$ . Gambar 4.13 merupakan diagram kendali MEWMV untuk variabel Mesh 18 dan Fine. Berdasarkan Gambar 4.13 tersebut terlihat bahwa batas kendali atas dan batas kendali bawah yang sama seperti diagram kendali sebelumnya pada Gambar 4.11 dan 4.12, yaitu masing-masing sebesar 0,1695 dan -0,0968. Namun, terdapat banyak titik pengamatan  $Tr(V_n)$  yang keluar dari batas kendali atas, yaitu sebanyak 42 titik pengamatan dengan nilai  $Tr(V_n)$  maksimal sebesar 59,816, dimana nilai tersebut paling tinggi dibandingkan dengan diagram kendali pada Gambar 4.11 dan 4.12.

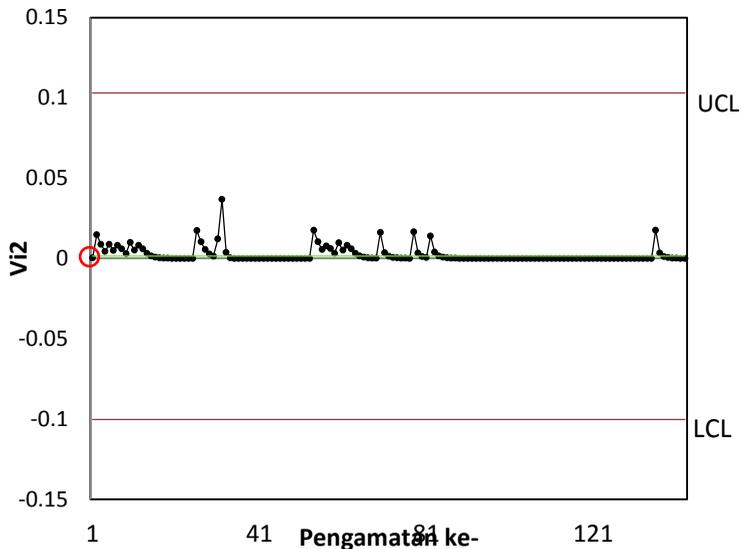


**Gambar 4.13** Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 18 dan Fine

Setelah dilakukan monitoring variabilitas pada kombinasi 2 variabel dari 3 variabel karakteristik kualitas pada BR 1 SP *Crumble*, maka dilakukan pula monitoring variabilitas secara univariat dengan menggunakan nilai pembobot  $\lambda$  yang sama seperti pada diagram kendali di Gambar 4.13 sebelumnya, yaitu  $\lambda = 0,9$  untuk mengetahui stabilitas varians pada masing-masing variabel.

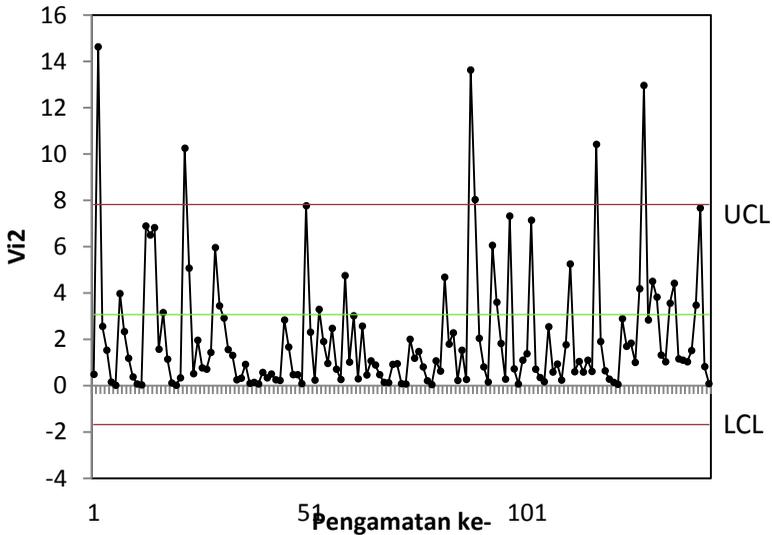
Monitoring variabilitas proses pertama dilakukan pada variabel Mesh seperti pada Gambar 4.14. Berdasarkan Gambar 4.14 tersebut terlihat bahwa batas kendali atas pada diagram tersebut sebesar 0,103. Nilai batas kendali atas tersebut didapatkan dari Persamaan (2.2), nilai tengah sebesar 0,0014 didapatkan dari Persamaan (2.3), sedangkan batas kendali bawah sebesar -0,1002 didapatkan dari Persamaan (2.4). Namun karena tidak mungkin varians bernilai negatif, maka batas kendali bawah dianggap bernilai 0. Titik yang diplotkan merupakan nilai  $V_i^2$ ,

dimana titik  $V_i^2$  pada obeservasi pertama, yang dilingkari merah merupakan titik  $V_i^2$  dengan nilai sebesar 0,00039. Nilai  $V_i^2$  yang diplotkan tersebut didapatkan dari Persamaan (2.1). Berdasarkan Gambar 4.14 tersebut terlihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas maupun bawah. Sehingga dapat dikatakan variabilitas proses untuk variabel Mesh 10 terkendali secara statistik dan merupakan variabel dengan varians proses yang paling stabil. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa variabel Mesh 10 diduga bukan merupakan variabel penyebab *out of control* pada diagram kendali MEWMV untuk proses *Ex-Mixer* dengan 3 variabel (Mesh 10, Mesh 18, dan Fine).



**Gambar 4.14** Diagram Kendali EWMV Variabel Mesh 10

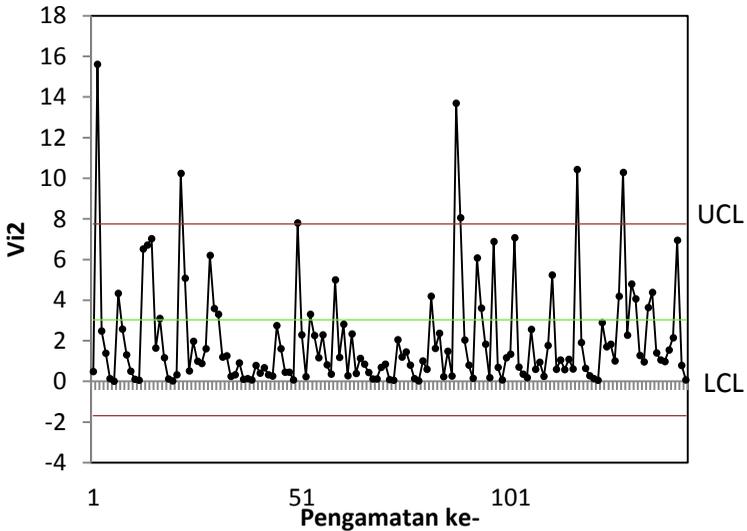
Setelah dilakukan monitoring variabilitas proses pada variabel Mesh 10, maka selanjutnya dilakukan monitoring variabilitas proses pada variabel Mesh 18 yang dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Diagram Kendali EWMV Variabel Mesh 18

Gambar 4.15 merupakan diagram kendali EWMV untuk variabel Mesh 18. Dapat dilihat jika dengan batas kendali atas sebesar 7,815 dan batas kendali bawah sebesar -1,686 yang dianggap 0, maka diperoleh 6 titik pengamatan yang mengalami *out of control*. Banyaknya titik *out of control* pada diagram kendali EWMV dengan variabel Mesh 18 dapat dikatakan cukup banyak.

Selanjutnya untuk lebih memastikan variabel mana penyebab *out of control* pada variabilitas proses *Ex-Mixer*, maka dilakukan monitoring proses selanjutnya untuk variabel Fine seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. Berdasarkan Gambar 4.16, terlihat dengan batas kendali atas sebesar 7,753, nilai tengah sebesar 3,03, dan batas kendali bawah sebesar -1,694 atau dianggap 0, maka diperoleh 7 titik pengamatan yang mengalami *out of control*. Banyaknya titik *out of control* pada diagram kendali EWMV variabel Mesh 18 dan variabel Fine tidak berbeda jauh.



**Gambar 4.16** Diagram Kendali EWMV Variabel Fine

Untuk dapat memastikan variabel mana yang menyebabkan adanya *out of control* pada diagram kendali MEWMV proses *Ex-Mixer*, maka Tabel 4.9 berikut, merupakan rangkuman dari evaluasi variabel penyebab *out of control* pada variabilitas proses.

**Tabel 4.9** Evaluasi Variabel Penyebab *Out of Control* pada Variabilitas Proses

Diagram Kendali	BKA	BKB	Titik Out of Control
Mesh 10 dan Mesh 18	0,1695	-0,0968	15
Mesh 10 dan Fine	0,1695	-0,0968	15
Mesh 18 dan Fine	0,1695	-0,0968	42
Mesh 10	0,103	-0,1002	0
Mesh 18	7,815	-1,686	6
Fine	7,753	-1,694	7

Berdasarkan Tabel 4.9 tersebut, dapat dilihat untuk monitoring variabilitas pada kombinasi 2 variabel proses *Ex-Mixer*, diagram kendali MEWMV kombinasi variabel Mesh 18 dan Fine merupakan diagram kendali dengan titik pengamatan

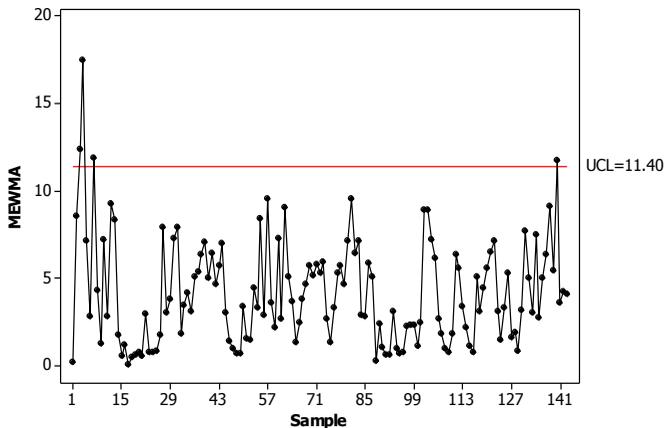
paling banyak yang mengalami *out of control*, yaitu sebanyak 42 titik pengamatan. Oleh karena itu, diduga bahwa salah satu atau kedua variabel tersebut merupakan variabel yang berkontribusi besar dalam menyebabkan adanya *out of control* pada diagram kendali MEWMV proses *Ex-Mixer* di PT. Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran.

Untuk lebih memastikan variabel mana yang diduga penyebab *out of control* pada diagram kendali MEWMV proses *Ex-Mixer*, maka dilakukan monitoring variabilitas proses secara univariat dengan diagram kendali EWMV pada masing-masing variabel, yang hasilnya tertera pada Tabel 4.9 tersebut. Dapat terlihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang mengalami *out of control* pada diagram kendali EWMV untuk variabel Mesh 10, sedangkan untuk diagram kendali EWMV pada variabel Mesh 18 dan Fine, masing-masing sebanyak 6 dan 7 titik pengamatan *out of control*. Banyaknya titik *out of control* pada diagram kendali EWMV untuk Mesh 18 dan Fine tidak terlalu jauh berbeda, sehingga dapat dikatakan bahwa variabel Mesh 10 merupakan variabel yang varians prosesnya paling stabil. Sedangkan dari jumlah titik *out of control* yang dihasilkan terlihat bahwa variabel Mesh 18 dan Fine merupakan variabel yang diduga memiliki kontribusi terbesar dalam menyebabkan *out of control* pada diagram kendali MEWMV proses *Ex-Mixer*.

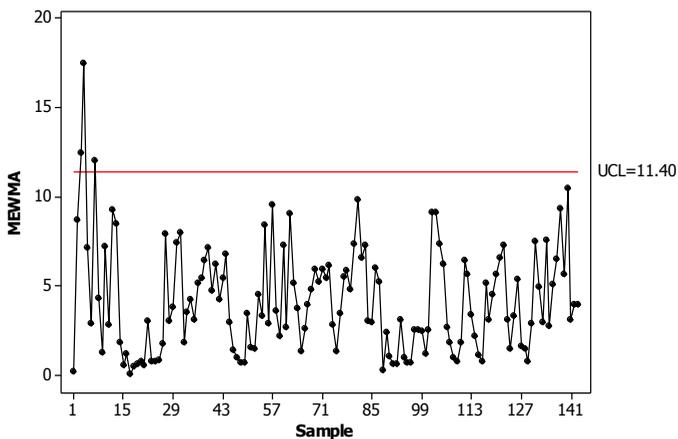
#### **4.6.2 Evaluasi Variabel yang Diduga Penyebab Utama *Out of Control* pada Rata-Rata Proses *Ex-Mixer***

Selain melakukan evaluasi variabel yang diduga sebagai penyebab utama variabilitas proses, maka perlu dilakukan pula evaluasi variabel utama penyebab *out of control* untuk target proses. Evaluasi ini dilakukan dengan memonitoring stabilitas rata-rata proses secara multivariat dengan diagram kendali MEWMA pada tiap kombinasi 2 variabel dari 3 variabel karakteristik kualitas yang ada dan dilanjutkan dengan monitoring secara univariat pada tiap variabel dengan diagram kendali EWMA. Pembobot yang digunakan pada seluruh diagram adalah  $\lambda = 0,3$

Evaluasi pertama seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.17, merupakan monitoring target proses pada variabel Mesh 10 dan Mesh 18 secara multivariat. Dari diagram kendali tersebut didapatkan batas kendali atas sebesar 11,4, dimana dengan batas kendali atas tersebut, terdapat 4 titik pengamatan  $T_1^2$  yang keluar dari batas kendali.



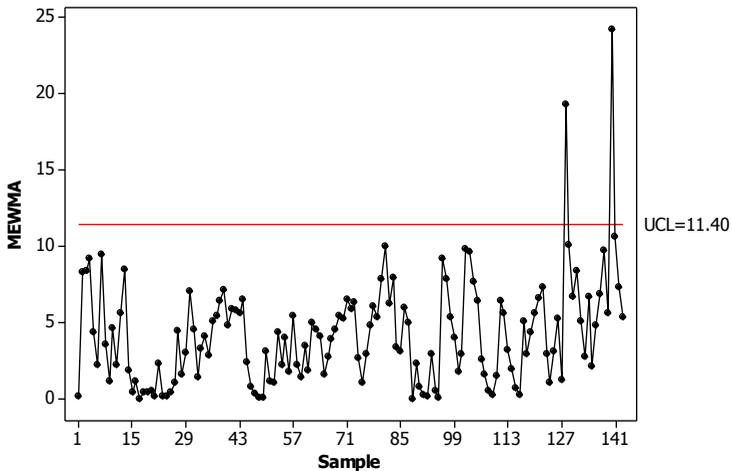
**Gambar 4.17** Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 10 dan Mesh 18



**Gambar 4.18** Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 10 dan Fine

Selanjutnya dilakukan monitoring target proses pada variabel Mesh 10 dan Fine dengan diagram kendali MEWMA menggunakan  $\lambda = 0,3$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. Batas kendali atas sebesar 11,4, yang juga sama seperti pada diagram kendali di Gambar 4.17 sebelumnya. Sedangkan nilai batas kendali bawah yang selalu bernilai 0. Berdasarkan Gambar 4.18, yang merupakan diagram kendali MEWMA dengan kombinasi variabel Mesh 18 dan Fine, terlihat bahwa terdapat 3 titik pengamatan  $T_i^2$  yang berada di luar batas kendali atas. Banyaknya titik yang *out of control* pada diagram ini lebih sedikit dibandingkan diagram kendali MEWMA yang menggunakan variabel Mesh 10 dan Mesh 18.

Gambar 4.19 merupakan evaluasi pada diagram kendali MEWMA dengan menggunakan variabel Mesh 18 dan Fine, serta  $\lambda = 0,3$

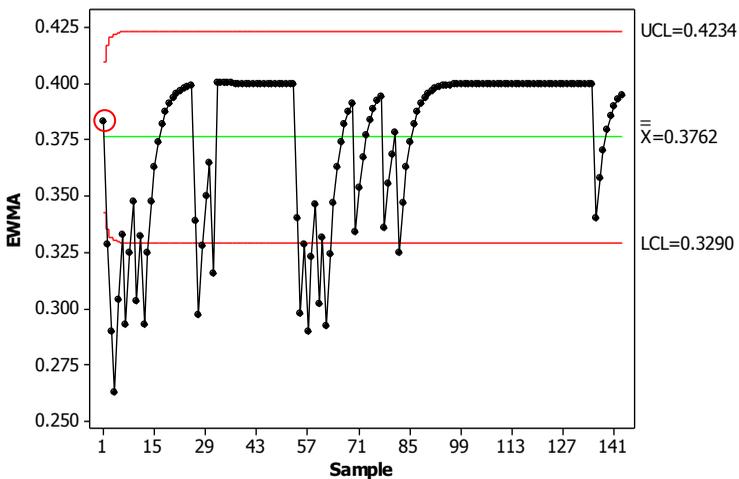


**Gambar 4.19** Diagram Kendali MEWMA Variabel Mesh 18 dan Fine

Diagram kendali MEWMA dengan mengkombinasikan 2 variabel yang terakhir adalah menggunakan variabel Mesh 18 dan Fine. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.19, dimana nilai batas atas yang dihasilkan sebesar 11,4 yang sama

seperti pada diagram kendali MEWMA di Gambar 4.18 dan 4.17. Berdasarkan Gambar 4.19 tersebut, terlihat terdapat 2 titik pengamatan  $T_i^2$  yang berada di luar batas kendali atas. Sehingga dari ketiga diagram kendali MEWMA dengan menggunakan kombinasi 2 variabel, dapat disimpulkan bahwa diagram kendali MEWMA dengan variabel Mesh 18 dan Fine memiliki jumlah titik *out of control* yang lebih sedikit dibanding kedua diagram kendali MEWMA sebelumnya. Untuk evaluasi yang lebih tepat mengenai variabel penyebab *out of control*, maka dilakukan monitoring target proses pada masing-masing variabel dengan menggunakan diagram kendali EWMA.

Evaluasi pertama pada diagram kendali EWMA, dilakukan untuk variabel Mesh 10 dengan menggunakan pembobot  $\lambda = 0,3$ , yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.



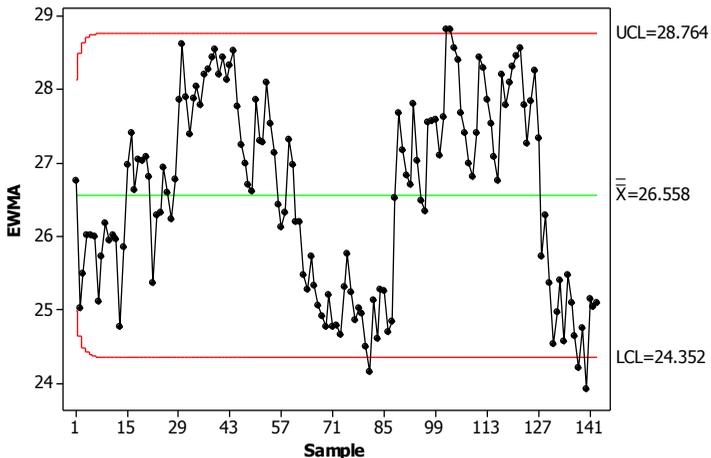
**Gambar 4.20** Diagram Kendali EWMA Variabel Mesh 10

Gambar 4.20 merupakan monitoring target proses pada variabel Mesh 10 dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,3. Titik yang diplotkan merupakan nilai  $Z_i$ . Titik  $Z_i$  pada observasi pertama yang dilingkari merah, bernilai sebesar 0,3834. Nilai dari titik

$Z_i$  tersebut diperoleh dari Persamaan (2.5). Hasil yang diperoleh merupakan diagram kendali dengan batas atas sebesar 0,4234 yang didapatkan dari Persamaan (2.7) dan batas bawah sebesar 0,329 yang didapatkan dari Persamaan (2.9), dimana hasil monitoring dari diagram EWMA tersebut, masih terdapat banyak titik yang *out of control*, yaitu terdapat 20 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali bawah.

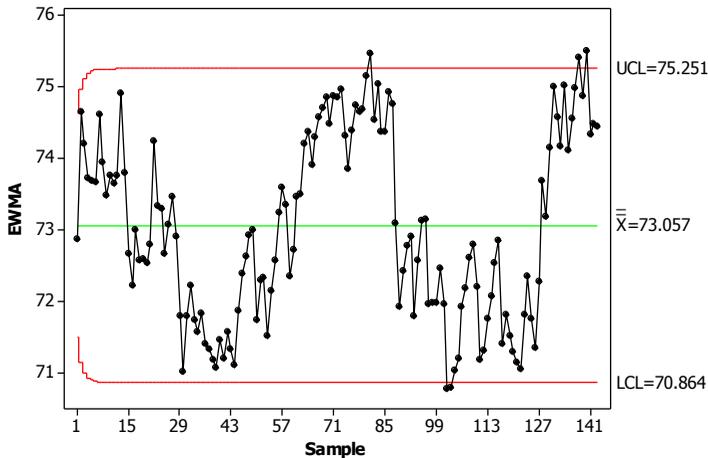
Setelah dilakukan monitoring pada variabel Mesh 10, maka perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk variabel Mesh 18 dan Fine, agar penyebab utama terjadinya *out of control* pada target proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP *Crumble* dapat diketahui secara tepat.

Selanjutnya dilakukan monitoring target proses pada variabel Mesh 18 yang disajikan pada Gambar 4.21 dengan menggunakan pembobot 0,3. Berdasarkan Gambar 4.21 tersebut, didapatkan batas kendali atas 28,764 dan batas kendali bawah sebesar 24,352 dan didapatkan kesimpulan bahwa terdapat 5 titik pengamatan yang *out of control*, dimana jumlah tersebut jauh lebih sedikit dibanding variabel Mesh 10 yang ditunjukkan pada Gambar 4.20



**Gambar 4.21** Diagram Kendali EWMA Variabel Mesh 18

Selanjutnya, untuk memastikan variabel mana penyebab *out of control* pada target proses *Ex-Mixer*, maka perlu dilakukan monitoring rata-rata proses pada variabel terakhir, yaitu variabel Fine yang ditunjukkan pada Gambar 4.22



**Gambar 4.22** Diagram Kendali EWMA Variabel Fine

Dapat terlihat, dengan pembobot yang sama, yaitu 0,3, jumlah titik yang *out of control* pada variabel Fine sama dengan variabel Mesh 18 yang ditunjukkan pada Gambar 4.21. Batas kendali atas yang didapatkan sebesar 75,251 dengan batas kendali bawah sebesar 70,864.

Setelah dilakukan monitoring rata-rata proses pada tiap variabel, maka untuk dapat mengetahui variabel mana penyebab *out of control* pada target proses *Ex-Mixer*, dilakukan ringkasan evaluasi pada masing-masing diagram seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut

**Tabel 4.10** Evaluasi Penyebab *Out of Control* pada Rata-Rata Proses *Ex-Mixer*

Diagram Kendali	BKA	BKB	Titik Out of Control
Mesh 10 dan Mesh 18	11,4	0	4
Mesh 10 dan Fine	11,4	0	3

**Tabel 4.10** Evaluasi Penyebab *Out of Control* pada Rata-Rata Proses Ex-Mixer (Lanjutan)

Diagram Kendali	BKA	BKB	Titik <i>Out of Control</i>
Mesh 18 dan Fine	11,4	0	2
Mesh 10	0,4234	0,329	20
Mesh 18	28,764	24,352	5
Fine	75,251	70,864	5

Berdasarkan Tabel 4.10, terlihat bahwa pada saat monitoring rata-rata proses dengan menggunakan kombinasi 2 dari 3 variabel yang ada pada proses *Ex-Mixer*, didapatkan bahwa diagram kendali MEWMA dengan kombinasi variabel Mesh 10 dengan Mesh 18 adalah diagram kendali dengan titik pengamatan yang paling banyak mengalami *out of control*. Namun, karena dengan menggunakan kombinasi variabel lainnya juga tidak memberikan perbedaan yang signifikan, maka untuk lebih memastikan dengan tepat dilakukan evaluasi secara univariat.

Hasil yang didapatkan seperti yang tertera pada Tabel 4.10, menunjukkan bahwa secara univariat, banyaknya jumlah titik pengamatan yang melebihi batas kendali pada Mesh 10 yaitu sebanyak 20 titik pengamatan, dan jika dibandingkan 2 variabel lain yaitu Mesh 18 dan Fine yang jumlahnya cenderung lebih sedikit yaitu 5 titik pengamatan. Sehingga Mesh 10 merupakan variabel yang target prosesnya paling tidak stabil dibandingkan variabel lainnya. Dapat dikatakan bahwa variabel Mesh 10 merupakan variabel yang diduga memiliki kontribusi terbesar terjadinya *out of control* pada target proses *Ex-Mixer*.

#### 4.7 Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Kecacatan Proses

Pengendalian kualitas pada proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP Crumble di PT. Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran dilakukan dengan melakukan monitoring varians proses dengan diagram kendali MEWMV, serta melakukan monitoring target proses dengan diagram kendali MEWMA. Nilai pembobot yang dianggap paling optimal dalam mendeteksi data yang *out of control* pada diagram kendali MEWMV adalah dengan  $\omega = 0,7$

dan  $\lambda = 0,9$ . Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa variabilitas proses masih dalam kondisi tidak terkendali karena terdapat titik-titik pengamatan yang berada di luar batas kendali. Sedangkan nilai pembobot optimal pada diagram kendali MEWMA yang digunakan adalah  $\lambda = 0,3$ . Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata proses juga masih dalam keadaan yang tidak terkendali karena terdapat 3 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP Crumble di PT. Japfa Comfeed Indonesia unit Buduran tidak terkendali secara statistik, baik dari segi variabilitas maupun rata-rata proses.

Berdasarkan hasil monitoring proses yang telah dilakukan, maka PT.Japfa Comfeed Indonesia merasa perlu untuk melakukan perbaikan khususnya pada proses *Ex-Mixer*. Untuk dapat melakukan perbaikan, tentunya pihak perusahaan perlu mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya *out of control*. Setelah melakukan *brainstorming* dengan pihak persahaan, kesalahan terbesar ialah pada faktor *material*, yaitu pasokan bahan baku. Hal tersebut disebabkan karena perusahaan mendapatkan pasokan bahan baku dari pemasok yang berbeda-beda. Sehingga terjadi perbedaan kualitas pada bahan baku tersebut, dimana hal tersebut masih tidak terlalu dihiraukan oleh perusahaan. Selanjutnya, kesalahan lainnya pada proses produksi adalah faktor mesin. Adanya scetakan berlubang yang sangat sering terjadi mengakibatkan ukuran partikel tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Oleh karena itu perlu adanya perawatan mesin secara berkala agar dapat memproduksi secara maksimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan target yang telah ditentukan perusahaan.

Operator juga merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan. Ketelitian dan kinerja pada operator menentukan kualitas produk pakan ternak yang dihasilkan. Ketidaktelitian operator dan kinerja yang buruk dapat menyebabkan adanya *over* atau *under weight* dalam melakukan penimbangan dan pencampuran dari masing-masing bahan baku,

sehingga takaran yang kurang sesuai mengakibatkan hasil akhir tidak optimal. Selain itu, ada faktor lingkungan yang juga berpengaruh terhadap kualitas pakan ternak, yaitu kebersihan dan suhu. Kebersihan *bin* harus selalu diperhatikan agar tidak terjadi kontaminasi bahan pada produk BR 1 SP *Crumble* dengan bahan lain. Suhu yang kurang terkontrol memberikan pengaruh terhadap kandungan air, yang tentunya akan memengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan pada proses *Mixer*.

Berdasarkan penelusuran penyebab adanya proses yang tidak terkendali secara keseluruhan, perusahaan perlu melakukan *controlling* dan perbaikan agar proses dapat berjalan sesuai yang diharapkan perusahaan sehingga kualitas produk dapat sesuai target dengan variabilitas yang kecil. Kontrol yang ketat terhadap pasokan bahan baku perlu diperhatikan, agar tidak terjadi penurunan kualitas pada bahan baku. Pembersihan *bin* dan *elevator* juga perlu diperhatikan untuk meminimalisir adanya kontaminasi bahan baku dengan pakan ternak tipe lain, selain itu perbaikan mesin secara berkala perlu dilakukan untuk menjaga performa mesin. Selanjutnya perlu mengadakan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kinerja dan ketelitian dalam mengoperasikan mesin, sehingga mengurangi terjadinya *over* atau *under weight* dalam pencampuran bahan.

#### **4.8 Kapabilitas Proses *Ex-Mixer* Produk BR 1 SP *Crumble***

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui kebaikan dari kinerja proses secara keseluruhan. Hal tersebut diukur dari keseragaman produk yang dihasilkan. Suatu proses dikatakan kapabel ketika produk yang dihasilkan berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan, ditunjukkan dengan nilai indeks yang lebih dari 1. Pada penelitian ini, indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses secara multivariat adalah  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$ , sedangkan secara univariat menggunakan nilai indeks  $P_p$  dan  $P_{pk}$ . Hal tersebut disebabkan oleh proses yang tidak dalam kondisi yang terkendali secara statistik.

Perhitungan kapabilitas secara univariat berarti dilakukan pengukuran kapabilitas proses untuk masing-masing ukuran

partikel Mesh 10, Mesh 18, dan Fine. Sesuai dengan Persamaan (2.37), didapatkan hasil perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat seperti yang ditampilkan Tabel 4.11

**Tabel 4.11** Kapabilitas Proses Secara Univariat

Variabel	$P_{pk}$
Mesh 10	12,65
Mesh 18	2,06
Fine	0,47

Pada penelitian ini, hanya terdapat 1 batas spesifikasi dari masing-masing variabel karakteristik kualitas, sehingga digunakan indeks kapabilitas dengan menggunakan 1 batas spesifikasi saja yang dapat diwakilkan dengan indeks  $P_{pk}$ . Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses secara univariat yang ditampilkan pada Tabel 4.11, untuk variabel karakteristik kualitas Mesh 10, didapatkan nilai  $P_{pk}$  sebesar 12,65, untuk Mesh 18 sebesar 2,06, sedangkan untuk variabel Fine diperoleh nilai  $P_{pk}$  sebesar 0,47. Nilai pada variabel Mesh 10 dan Mesh 18 ini sama-sama lebih besar dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses memiliki presisi dan akurasi yang baik. Sedangkan untuk variabel Fine, memiliki nilai  $P_{pk}$  kurang dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Fine memiliki proses yang tidak presisi dan tidak akurat.

Perhitungan nilai kapabilitas proses  $P_{pk}$  dilanjutkan secara multivariat, dimana kapabilitas dihitung bersama-sama untuk variabel Mesh 10, Mesh 18, dan Fine. Perhitungan secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.39) dengan hasil sebagai berikut.

$$MP_{pk} = \sqrt[3]{12,65 \times 2,06 \times 0,43} = 2,305$$

Berdasarkan hasil analisis secara multivariat didapatkan nilai  $MP_k$  sebesar 2,305, dimana nilai ini lebih besar dari satu. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses memiliki presisi dan akurasi yang baik pada ketiga variabel tersebut.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan berbagai pembobot, baik variabilitas ataupun target proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP *Crumble* belum terkendali secara statistik, karena masih terdapat titik yang *out of control*. Dari nilai perhitungan resiko produsen dan konsumen, didapatkan hasil bahwa diagram kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$  akan menghasilkan resiko produsen dan konsumen paling kecil dengan jumlah titik *out of control* sebanyak 28 titik pengamatan. Sedangkan untuk diagram kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,3$  memiliki resiko produsen terkecil dengan resiko konsumen yang dihasilkan tergolong kecil dibandingkan dengan menggunakan  $\lambda > 0,3$ . Hasil evaluasi variabel menunjukkan bahwa variabel yang diduga memiliki kontribusi terbesar pada kecacatan variabilitas proses adalah Mesh 18 dan Fine, sedangkan untuk target proses adalah Mesh 10. Hasil identifikasi dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, faktor *material*, yaitu pasokan bahan baku menjadi faktor utama penyebab proses tidak stabil.

Hasil perhitungan kapabilitas proses menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses *ex-mixer* produk BR 1 SP *Crumble* di PT. Japfa Comfeed Indonesia Unit Buduran terhadap ukuran partikel Mesh 10, Mesh 18, dan Fine telah kapabel karena nilai indeks kinerja proses  $MP_{pk}$  lebih dari satu, yaitu sebesar 2,305.

#### 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 diketahui ada

tidaknya perbaikan proses yang telah dilakukan oleh perusahaan.

2. Dengan memerhatikan resiko produsen, resiko konsumen, dan jumlah titik *out of control*, maka dapat disarankan bahwa pembobot yang paling optimal untuk mendeteksi adanya data *out of control* pada diagram kendali MEWMV adalah dengan pembobot  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,9$ , dimana terdapat 33 titik *out of control*. Sedangkan pembobot optimal yang disarankan untuk diagram kendali MEWMA adalah  $\lambda = 0,3$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Adekeye, K.S., & Olatunbonsu, B. (2014). Combined Control Scheme for Monitoring Quality Characteristics. *Global Journal of Science Frontier Research: E Interdisciplinary*, Vol. 14 Issue 2 version 1.0.
- Anggraini, Q. D. (2016). Pengendalian Kualitas Proses Produksi Teh Hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong. *Jurnal Online Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Populasi Ayam Ras Pedaging Menurut Provinsi 2009-2016*. Dipetik January 20, 2017, dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1031>
- Behnke, K. (1994). Factors Affecting Pellet Quality. *Maryland Nutrition Conference*. University of Maryland.
- Dozier, W. A. (2001). Pellet Quality for More Economical Poultry Meat. *J. Feed International*, 52 (2): 40-42.
- Gaspersz, V. (1998). *Total Quality Management (TQM)*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Heizer, J., & Render, B. (2006). *Operation Management Eight Edition*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Huwang, L., Arthur, & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 33. pp. 258-278.
- Johan, M., Asaduzzaman, M., & Sarkar, A. (2006). Performance of Broiler Fed on Mash, Pellet, and Crumble. *Int. Journal Poultry Sci.* 5(3), 265-270.
- 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 Control 6th Edition*. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Morrison, D. (1990). *Multivariate Statistical Methods (Third Edition)*. New York: Mc Graw Hill Publishing Comfiney.
- PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk. (2017). *Poultry*. Dipetik January 20, 2017, dari Japfa: <http://japfacomfeed.co.id/en/product-and-services/poultry/poultry-feed>
- Shantosi, A. (2015). *Pabrik Pakan Ternak Terbesar di Indonesia Desember 2015*. Dipetik January 20, 2017, dari Agrinak: <http://www.agrinak.com/2015/12/3-pabrik-pakan-ternak-terbesar-di.html>
- Shapiro, S. S.& Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52 (3-4), pp 591-611.
- Soeharsono, & Musofie, A. (2004). J. Pengembangan Peternakan Tropis. Edisi Spesial . *Substitusi Bahan Pakan Konsentrat dengan Gaplek-Urea yang Dikukus terhadap konsumsi dan pencernaan pada doba lokal*, hal. 551-5.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*, Alih Bahasa: Sumantri,B. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Wicaksono, Haris Agung. (2015). *Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Pada PT. Japfa Comfeed Indonesia (Tbk) Unit Margomulyo*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri Universitas Trunojoyo Madura.
- Werner, L. 2011. *Desempenho de Indices de Capacidade de Processos Multivariados: Uma Comparacao de Indices Via Simulacao*. Porto Alegre: Roberto de France Moreira Junior.

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Data Ukuran Partikel Proses *Ex-Mixer*

No	Mesh 10	Mesh 18	Fine
1	0.4	27.2	72.4
2	0.2	21.0	78.8
3	0.2	26.6	73.2
4	0.2	27.2	72.6
5	0.4	26.0	73.6
6	0.4	26.0	73.6
7	0.2	23.0	76.8
8	0.4	27.2	72.4
9	0.4	27.2	72.4
10	0.2	25.4	74.4
11	0.4	26.2	73.4
12	0.2	25.8	74.0
13	0.4	22.0	77.6
14	0.4	28.4	71.2
15	0.4	29.6	70.0
16	0.4	28.4	71.2
17	0.4	24.8	74.8
18	0.4	28.0	71.6
19	0.4	27.0	72.6
20	0.4	27.2	72.4
21	0.4	26.2	73.4
22	0.4	22.0	77.6
23	0.4	28.4	71.2
:	:	:	:
:	:	:	:
143	0.4	25.2	74.4

**Lampiran B. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat**

```
> X<-t(Dataset[1:143,1:3])
> mshapiro.test(X)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: Z

W = 0.2254, p-value < 2.2e-16

**Lampiran C. Pengujian Dependensi antar Variabel****KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.541
	Approx. Chi-Square	803.579
Bartlett's Test of Sphericity	df	3
	Sig.	.000

**Lampiran D.** Tabel Nilai LLampiran 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 D1. 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('E:\datafix.txt');
omega=0.8;
lamda=0.8;
p=3;
L=4.459;
[brsX,klmX]=size(X);
t=brsX;
I=eye(t);
for i=1:t
    elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(i-1);
end
for i=1:t
    for j=1:t
        if i<j
            M(i,j)=0;
        else
            for l=i:t
                M(l,j)=elemen(l-j+1);
            end
        end
    end
end
end
A=X*X';
for u=1:brsX
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    elemenC=[];
    for i=1:u
        if i>1
            elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
        else
            elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
        end
    end
end

```

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

```

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

```

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

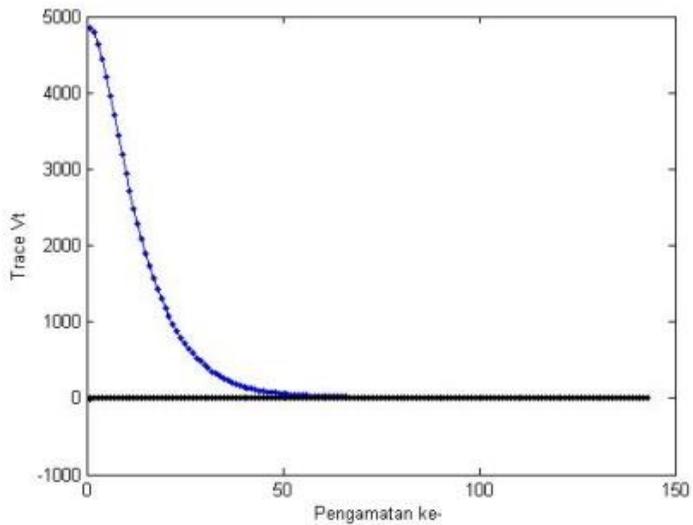
```

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

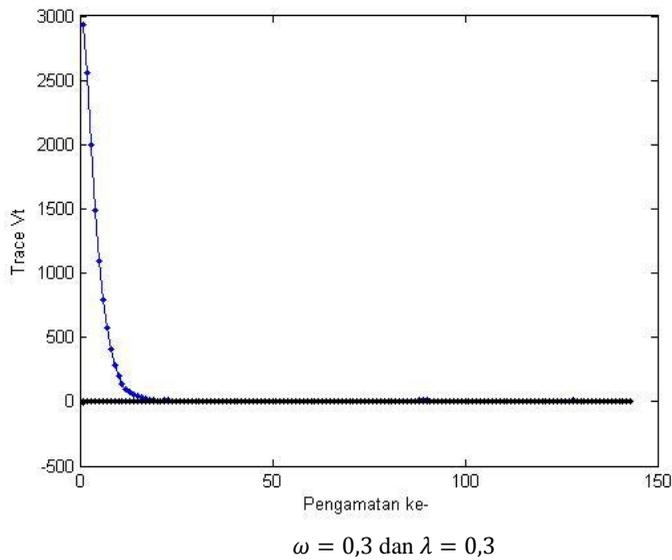
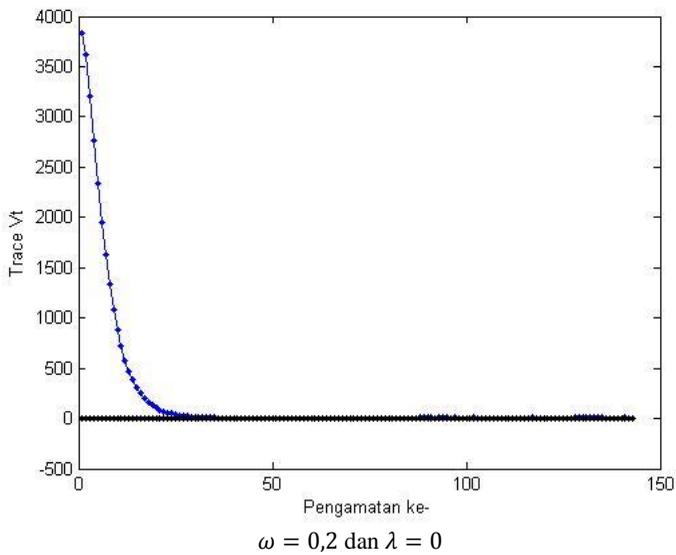
```

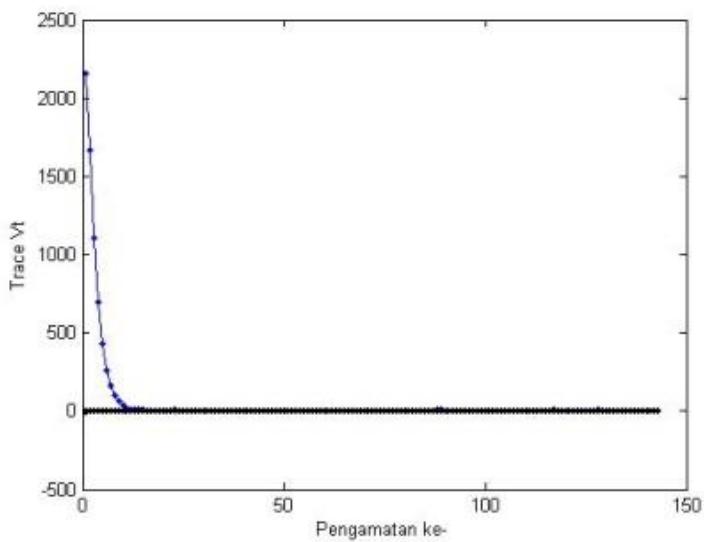
**Lampiran F.** Diagram Kendali MEWMV

Lampiran F1. Diagram kendali MEWMV untuk 3 variabel

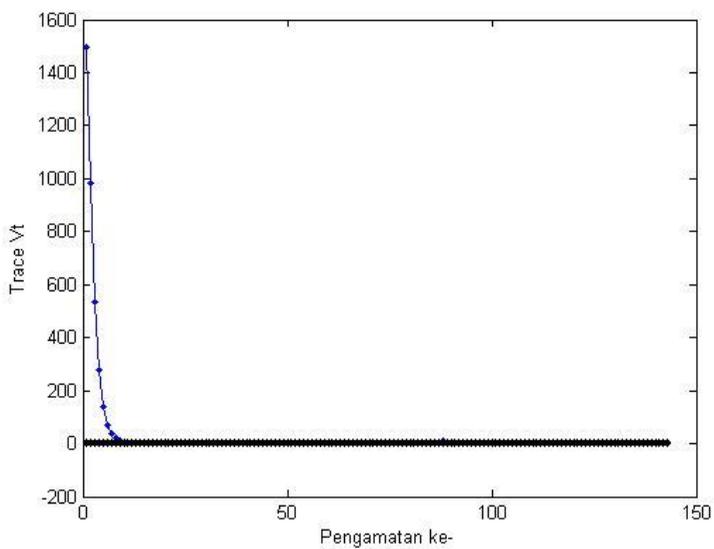


$$\omega = 0,1 \text{ dan } \lambda = 0,1$$

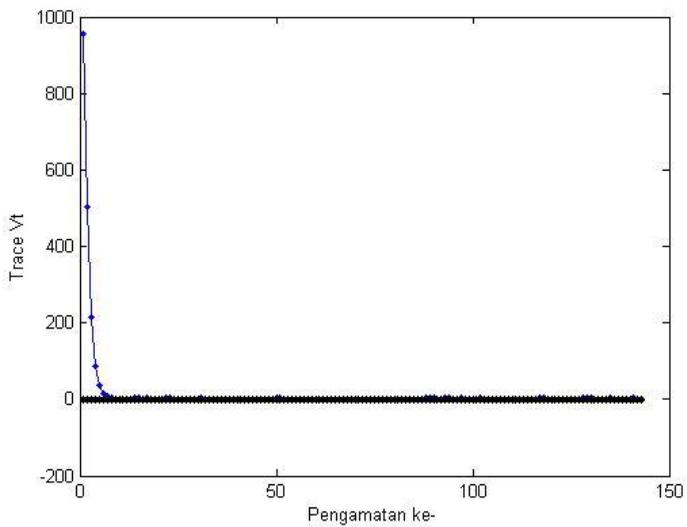




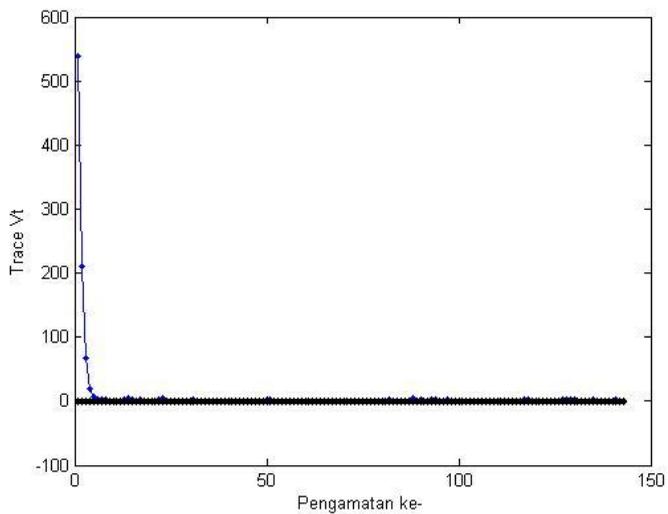
$\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$



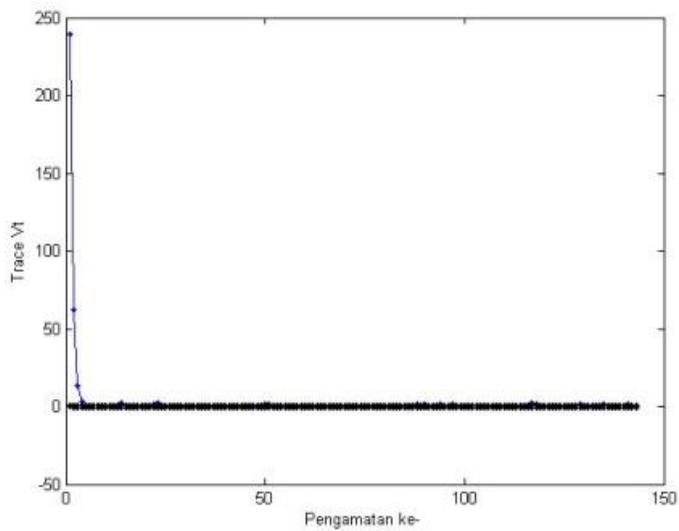
$\omega = 0,5$  dan  $\lambda = 0,5$



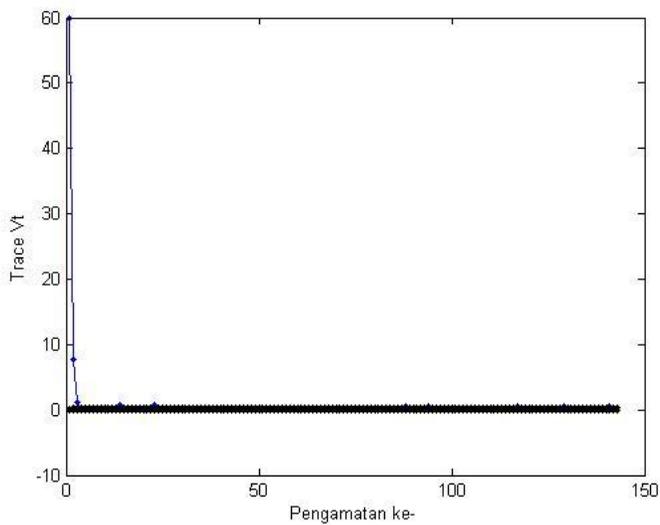
$\omega = 0,6$  dan  $\lambda = 0,6$



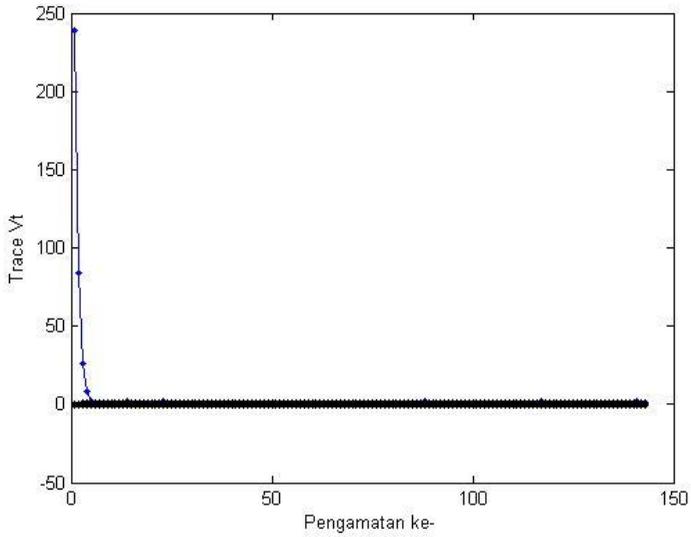
$\omega = 0,7$  dan  $\lambda = 0,7$



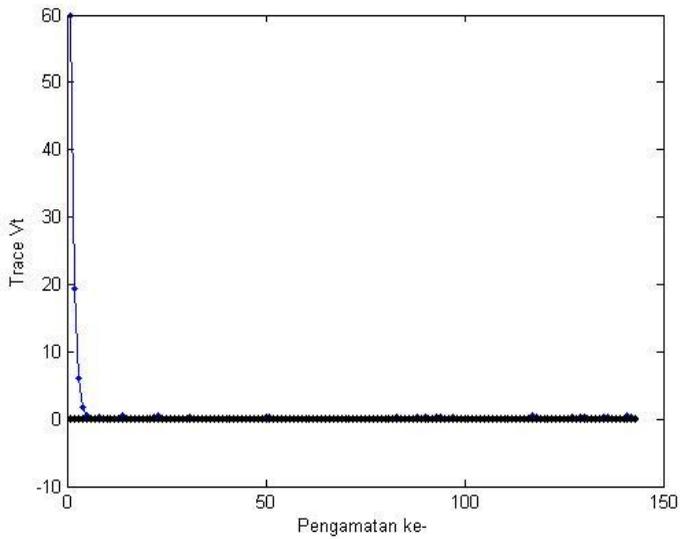
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



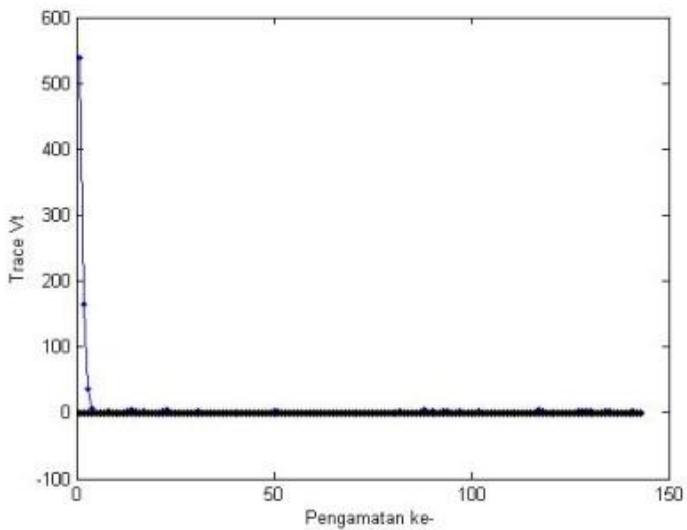
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



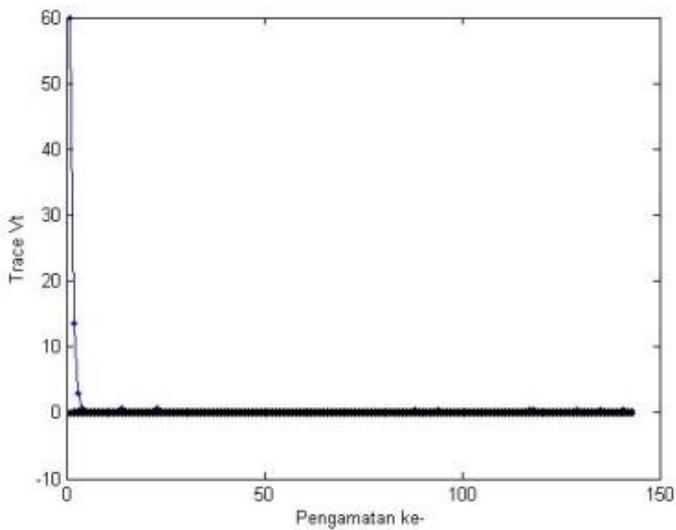
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



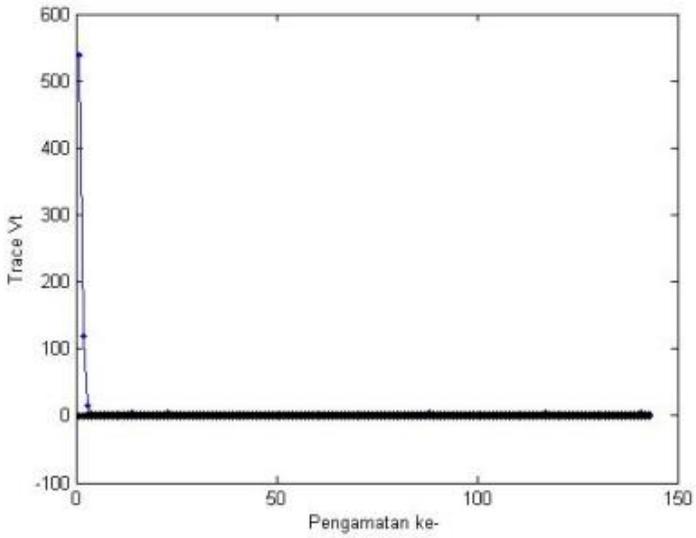
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



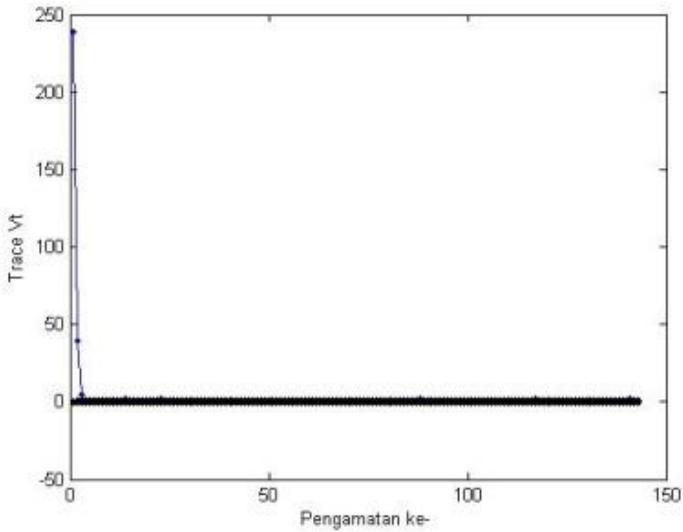
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



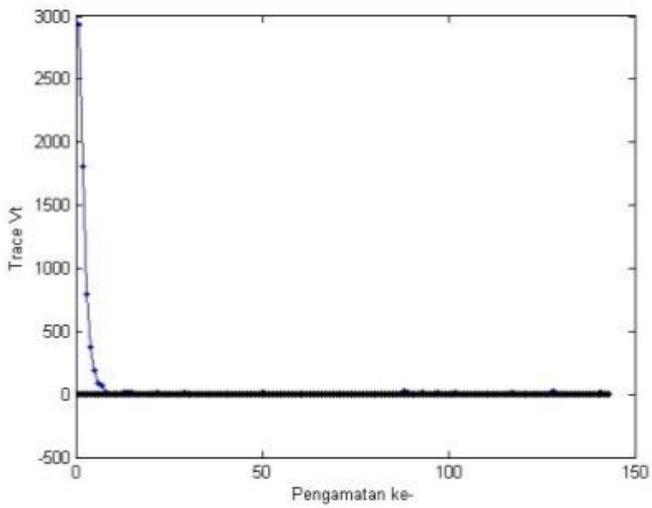
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



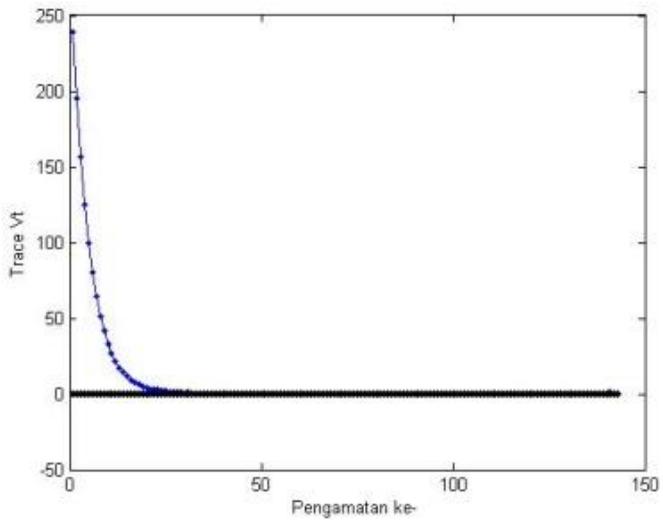
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



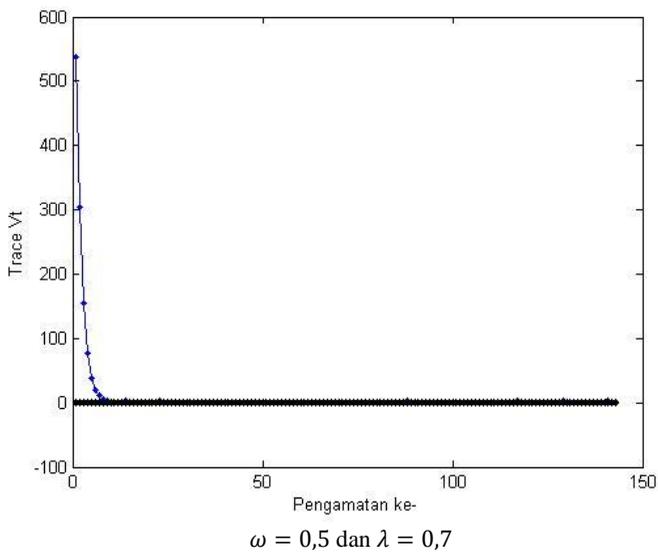
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



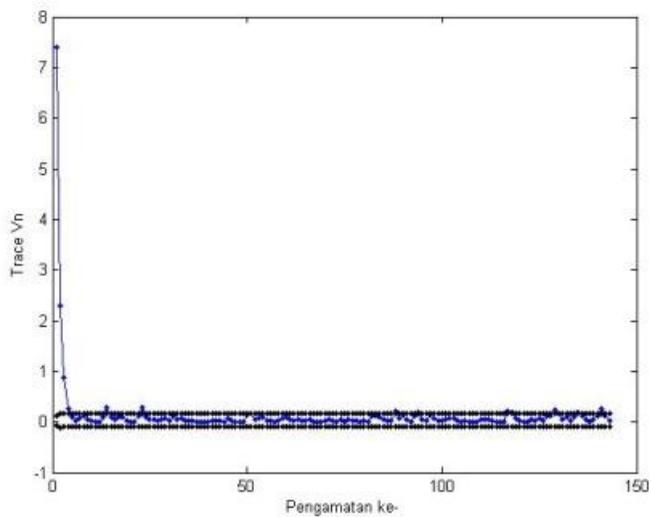
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



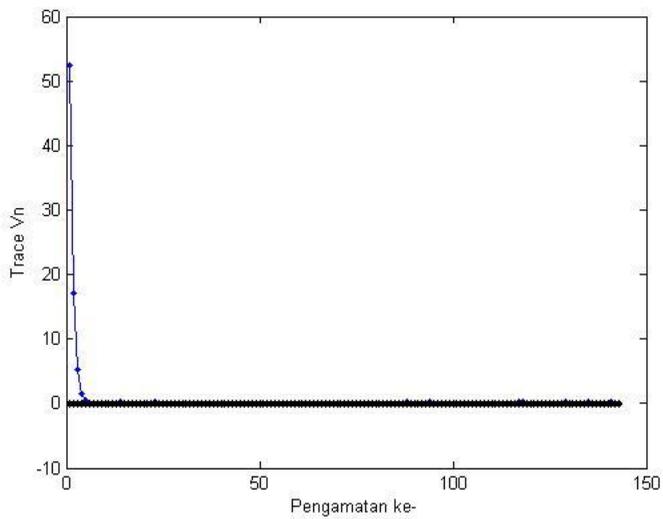
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



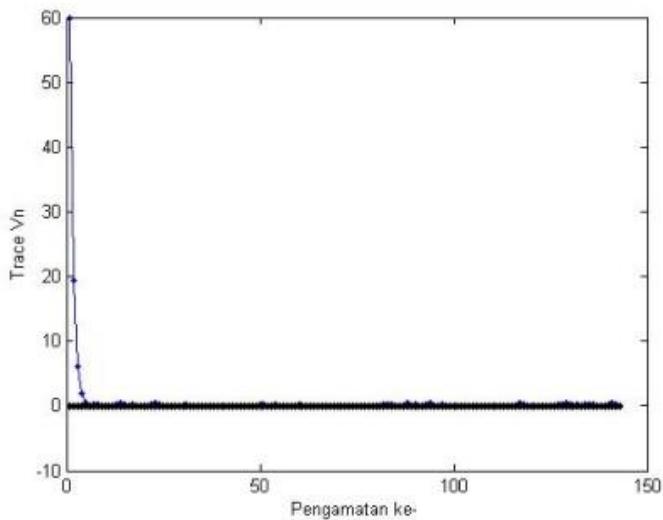
Lampiran F1. Diagram kendali MEWMV 2 variabel dengan  $\omega = 0,9$  dan  $\lambda = 0,8$



Variabel Mesh 10 dan Mesh 18

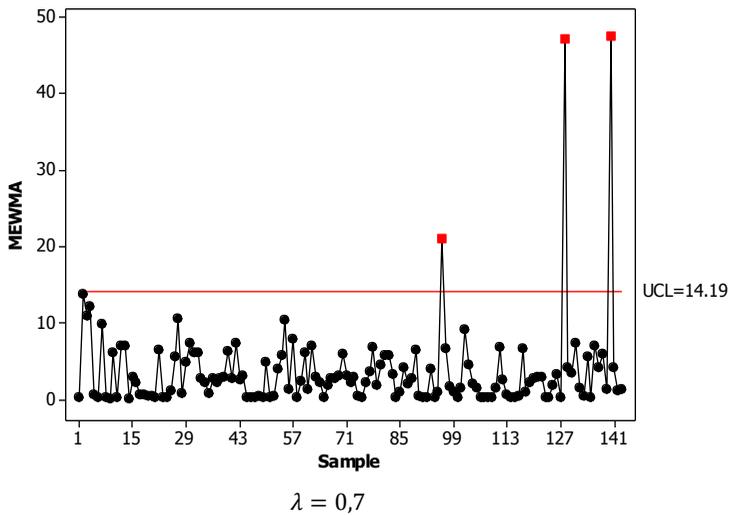
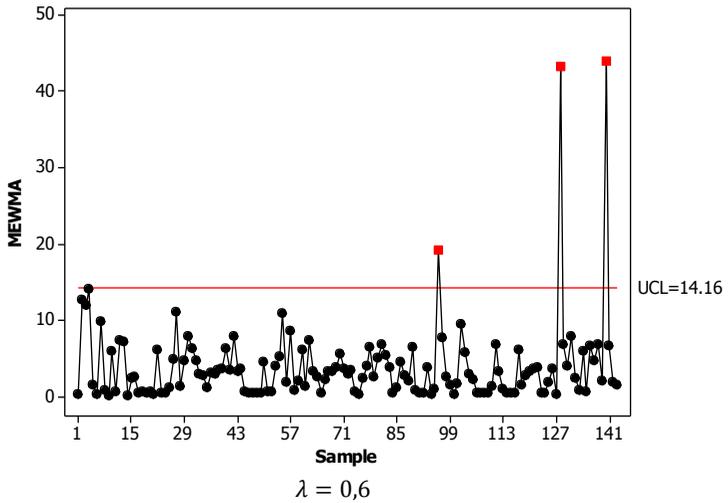


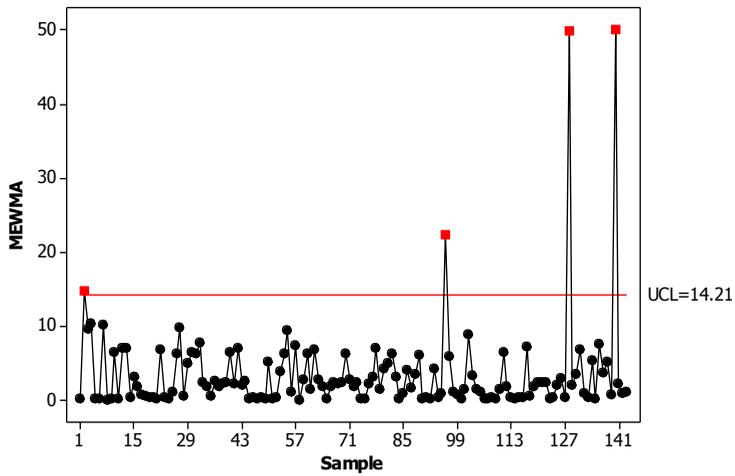
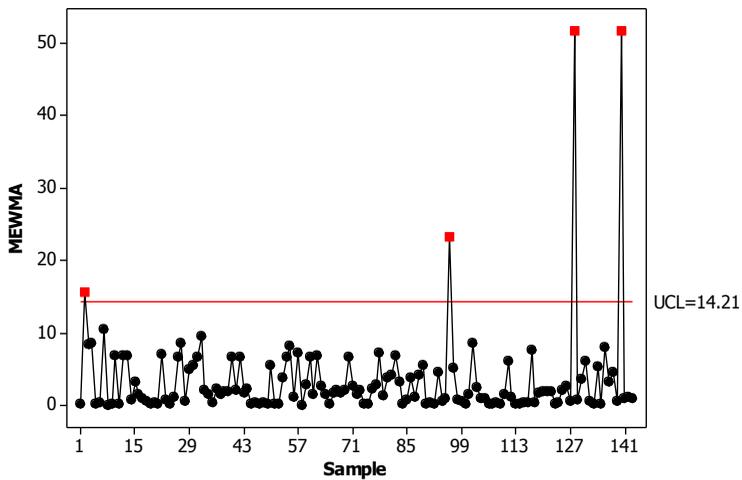
Variabel Mesh 10 dan Fine



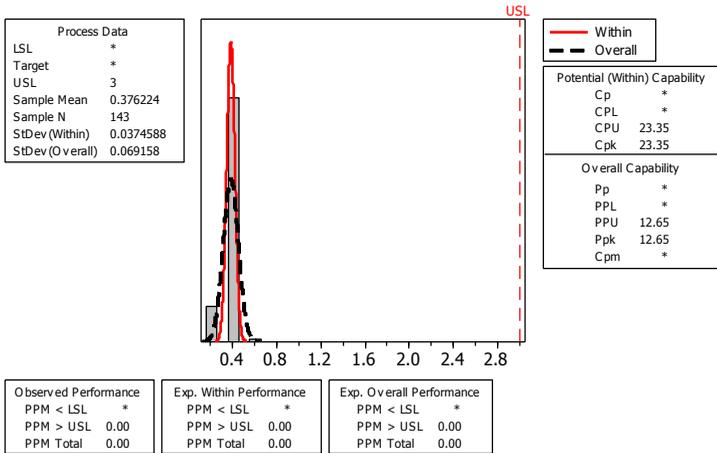
Variabel Mesh 18 dan Fine

**Lampiran G.** Diagram Kendali MEWMA untuk Nilai Pembobot  $\lambda$  sebesar 0,6-0,9

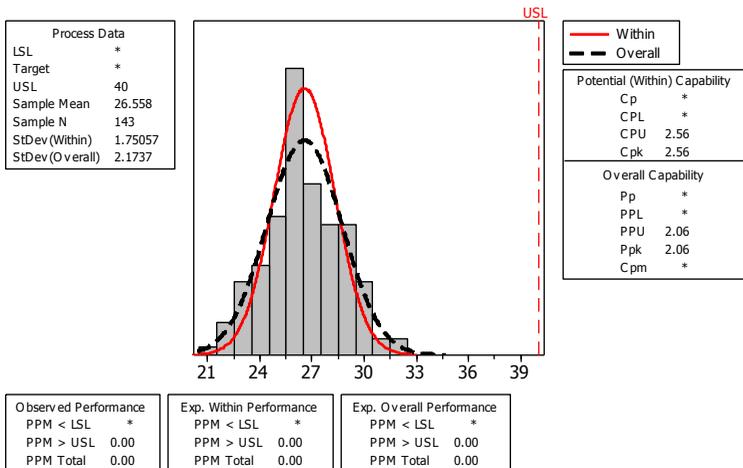


 $\lambda = 0,8$  $\lambda = 0,9$

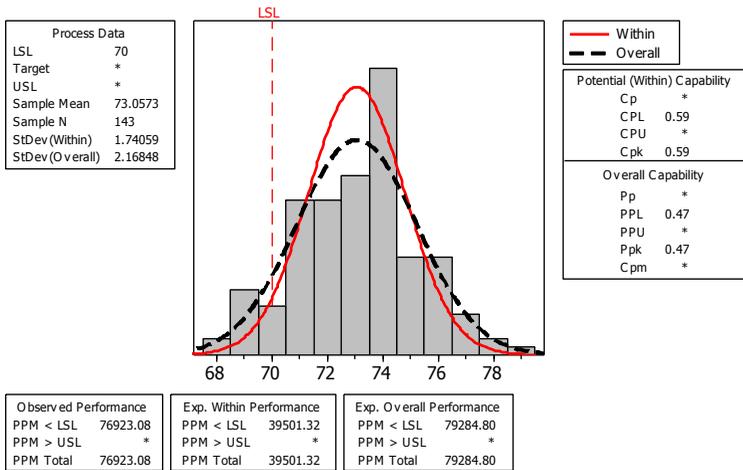
### Lampiran H. Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Mesh 10



### Lampiran I. Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Mesh 18



### Lampiran J. Kapabilitas Proses Jenis Ukuran Partikel Fine



## Lampiran K Surat Keterangan Penelitian di PT.Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Buduran



PGA-FM-04-02/00

**PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk**

Jl. HR Moch. Mangundiprojo Km 3,5 Sidoarjo 61252, Jawa Timur - Indonesia  
Telp : (62-31) 2988333 Fax : (62-31) 2988350, 2988388 Website : www.japfacomfeed.co.id

No : S/PGA-PPSDM/0004/I/2017

Kepada Yth :  
Ketua Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo  
Surabaya 60111

Up. Dr. Suhartono

**Perihal : Persetujuan memperoleh data untuk Tugas Akhir**

Dengan Hormat,

Membalas Surat Bapak No. 000814/IT2.VI.1.3/TU.00.09/2017, tanggal 05 Januari 2017,  
perihal Permohonan Ijin memperoleh data untuk Tugas Akhir atas nama :

No	Nama	NRP	Jurusan
1	Alicia Mutiara Anky	1313100065	Statistika FMIPA

dengan ini diberitahukan bahwa kami mengijinkan perolehan data tersebut pada :

Tanggal : 16 Januari s/d 28 April 2017  
Tempat : PT. Japfa Comfeed Indonesia,Tbk.  
JL. HR. Moch. Mangundiprojo Km. 3,5 Sidoarjo.  
Pembimbing : Bapak Djoni Chandramulia

Demikian pemberitahuan kami, atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Hormat Kami,

  
PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk  
CABANG SIDOARJO  
Sugerio Wahyudi  
Ka. Dep. P&GA

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Alicia Mutiara Anky yang biasa dipanggil Cia lahir di Bandar Lampung, 27 Juni 1995. Penulis adalah anak tunggal dari pasangan Suami Istri Apriadi, S.E. dan Emilia, BBA. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah pendidikan di TK Kemala Bhayangkari Madiun, SDN 01 Kartoharjo Madiun (2001-2007), SMP Negeri 1 Madiun (2007-2008), SMP Negeri 8 Kediri (2008-2010) dan SMA Negeri 2 Kediri (2010-2013). Setelah lulus dari SMA penulis diterima di Jurusan Statistika ITS dengan NRP 1313100065. Organisasi kampus yang pernah diikuti yaitu sebagai Staff *Public Relation* divisi Professional Statistics HIMASTA-ITS periode 2014-2015 dan sebagai Ketua Biro Media Informasi HIMASTA-ITS periode 2015-2016. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi di luar kampus yaitu Forum Daerah Kediri sebagai Sekretaris Departemen Media Informasi (2015-2016) dan kegiatan sosial dalam komunitas Turun Tangan Surabaya. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti Panitia Pemilihan Umum (PPU) tahun 2014, Musyawarah Tahunan Warga (MTW) yang diadakan oleh Dagri HIMASTA-ITS tahun 2014, dan Komisi Pemilihan Umum (KPU) tahun 2017. Salah satu acara besar yang dipegang oleh penulis adalah sebagai Koordinator Publikasi, Dokumentasi, dan Web Desain acara Pekan Raya Statistika dengan 3 *sub event* tingkat Nasional. Salah satu pengalaman berharga yang diraih di bangku kuliah adalah sebagai Finalis Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional yang diselenggarakan oleh DIKTI di Universitas Diponegoro tahun

2014. Pengalaman berkesan lainnya yang dialami penulis selain mengikuti kegiatan kampus dan perlombaan adalah menjalani program *internship* di PT. Rekayasa Industri serta menjadi asisten dosen pada mata kuliah Pengendalian Kualitas Statistika. Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan yang sebenarnya baik di perusahaan maupun di bidang akademik. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui email: [aliciamutiaraanky@gmail.com](mailto:aliciamutiaraanky@gmail.com).