



**FINAL PROJECT - SS 141501**

**QUALITY CONTROL OF FORAGE PRODUCT  
IN PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk.  
UNIT GEDANGAN**

**DEVI NOVITASARI**  
NRP. 1312 100 005

Supervisor  
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Undergraduate Programme  
Department Of Statistics  
Faculty Of Mathematics And Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**LEMBAR PENEKESAHAN**

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK PAKAN TERNAK  
DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA TBK UNIT  
GEDANGAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains

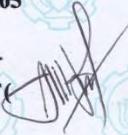
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DEVI NOVITASARI**  
**NRP 1312 100 005**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T.** (  )

**NIP : 19610311 198701 2 001**

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS



**Dr. Suhartono**

**NIP. 19710929 199512 1 001**

**SURABAYA, JULI 2016**



**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK PAKAN  
TERNAK DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk.  
UNIT GEDANGAN**

**Nama** : Devi Novitasari  
**NRP** : 1312 100 005  
**Jurusan** : Sarjana Statistika FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

**Abstrak**

*PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan merupakan perusahaan yang menduduki peringkat kedua dalam penguasaan pangsa pasar pakan ternak di Indonesia, namun pengendalian kualitas hanya dilihat secara deskriptif dimana hal tersebut tidak selalu menunjukkan kebaikan suatu proses. Hasil produksi pada bulan Mei hingga Oktober 2015 sebanyak 7,21 persen pakan ternak tipe G 11 S Crumble tidak memenuhi spesifikasi perusahaan disebabkan oleh adanya over atau under weight yang sering diabaikan oleh operator, sehingga karakteristik kualitas yaitu kandungan calcium (Ca) dan protein keluar dari batas spesifikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas secara statistik untuk mengetahui kebaikan proses secara menyeluruh yang dapat diukur dari kapabilitas proses. Pada penelitian ini digunakan diagram kendali Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses dan Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) untuk mendeteksi perubahan rata-rata proses. Hasil pengendalian menggunakan diagram kendali MEWMV didapatkan nilai pembobot yang paling optimal untuk  $\omega$  sebesar 0,3 dan  $\lambda$  sebesar 0,4 sedangkan pembobot optimal diagram kendali MEWMA adalah 0,4. Baik pada fase satu maupun fase dua, variabilitas terkendali secara statistik sedangkan rata-rata proses tidak terkendali secara statistik karena ada data yang out of control. Kapabilitas proses menggunakan MPp dan MPpk menunjukkan proses tidak kapabel baik pada fase satu maupun fase dua. Nilai MPp fase satu bernilai 0,795 dan MPpk sebesar 0,73 sedangkan MPp fase dua bernilai 0,91 dan MPpk sebesar 0,63.*

**Kata Kunci** : Calcium, Kapabilitas, MEWMA, MEWMV, Pakan Ternak, Protein

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**QUALITY CONTROL OF FORAGE PRODUCT IN  
PT. JAPFA COMFEED INDONESIA, Tbk.  
UNIT GEDANGAN**

**Name** : Devi Novitasari  
**NRP** : 1312 100 005  
**Department** : Statistics FMIPA-ITS  
**Supervisor** : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, M.T

**Abstract**

*PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan is a second rank company in forage market in Indonesia. However, the quality control is only seen by descriptive where it does not always show the goodness process. On May to October 2015 has been found 7.21% forage type G 11 S Crumble which did not qualify the specifications of the company. In fact, the over or under weight that is often overlooked by the operator causes the characteristics quality of calcium (Ca) and protein correlated out of specification limits. Therefore, it is necessary to control the quality of the statistical basis to determine the overall good of the process that can be measured from the capability process. In this study used Multivariate Control Charts Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) to detect changes in process variability and Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) to detect changes in the process average. The results by using the control chart MEWMV, weighting value obtained the most optimal for  $\omega$  and  $\lambda$  respectively by 0.3 and 0.4 while the optimal weighting MEWMA control chart is 0.4. Both the phase one and phase two, the variability are uncontrolled statistically and average processes are uncontrolled statistically because of the data is out of control. Process capability are using  $MP_p$  and  $MP_{pk}$  show that the process is not capable for each values, because its smaller than one in the phase one and phase two. The value of  $MP_p$  and  $MP_{pk}$  for phase one are 0,795 and 0,73, whereas for phase two are 0,91 and 0,63.*

**Keywords** : Calcium, Capability, Forage, MEWMA, MEWMV, Protein,

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Distribusi Normal Multivariat .....	7
2.2 Dependensi Variabel .....	8
2.3 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV)</i> .....	9
2.4 Diagram Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)</i> .....	15
2.5 Diagram Ishikawa .....	16
2.6 Analisis Kapabilitas Proses .....	17
2.7 PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Variabel Penelitian .....	21
3.2 Cara Pengambilan Sampel .....	22

3.3 Langkah Analisis .....	23
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Deskripsi Kualitas Pakan Ternak .....	27
4.2 Pemeriksaan Dependensi Kandungan Kalsium dan Protein .....	28
4.3 Pemeriksaan Normal Multivariat.....	29
4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Pakan Ternak Tipe G 11 S <i>Crumble</i> .....	29
4.5 Pengendalian Rata-rata Proses Produksi Pakan Ternak Tipe G 11 S <i>Crumble</i> .....	38
4.6 Identifikasi Penyebab Proses Tidak Terkendali .....	48
4.7 Kapabilitas Proses Kandungan Kalsium dan Protein .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	59

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Struktur Data Penelitian .....	21
<b>Tabel 3.2</b> Batas Spesifikasi Masing-masing Karakteristik Kualitas .....	22
<b>Tabel 4.1</b> Deskripsi Karakteristik Kualitas .....	28
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Perhitungan Nilai $ \max \text{tr}(V_t) - \text{BKA} $ Untuk MEWMV .....	36
<b>Tabel 4.3</b> Selisih Antara Titik Pengamatan Maksimum dan BKA .....	47
<b>Tabel 4.4</b> Kapabilitas Proses Secara Univariat .....	51

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Contoh Diagram Ishikawa .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,1$ .....	30
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,2$ dan $\lambda=0,2$ .....	31
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,3$ dan $\lambda=0,3$ .....	32
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,4$ dan $\lambda=0,4$ .....	33
<b>Gambar 4.5</b> Diagram Kendali MEWMV dengan $\omega=0,3$ dan $\lambda=0,4$ .....	34
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Kendali MEWMV Fase Dua dengan $\omega=0,3$ dan $\lambda=0,4$ .....	37
<b>Gambar 4.7</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,05$ .....	38
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,1$ .....	39
<b>Gambar 4.9</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,2$ .....	40
<b>Gambar 4.10</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,3$ .....	41
<b>Gambar 4.11</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,4$ .....	42
<b>Gambar 4.12</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,5$ .....	43
<b>Gambar 4.13</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,6$ .....	44
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,7$ .....	45
<b>Gambar 4.15</b> Diagram Kendali MEWMA dengan $\lambda=0,8$ .....	46
<b>Gambar 4.16</b> Diagram Kendali MEWMA Fase Dua dengan $\lambda=0,8$ .....	48
<b>Gambar 4.17</b> Diagram Ishikawa Proses Produksi Pakan Ternak .....	50

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A</b> Data Kualitas Pakan Ternak Tipe G 11 S <i>Crumble</i> .....	59
<b>Lampiran B</b> Pemeriksaan Asumsi Normal Multivariat .....	60
<b>Lampiran C</b> Pengujian Hubungan Variabel .....	61
<b>Lampiran D</b> Tabel Nilai L .....	62
<b>Lampiran E</b> Program Diagram Kendali MEWMV .....	63
<b>Lampiran F</b> Diagram Kendali MEWMV Untuk Masing- masing Pembobot .....	65
<b>Lampiran G</b> Kapabilitas Proses Kandungan Kalsium Fase Satu .....	69
<b>Lampiran H</b> Kapabilitas Proses Kandungan Protein Fase Satu.....	69
<b>Lampiran I</b> Kapabilitas Proses Kandungan Kalsium Fase Dua .....	70
<b>Lampiran J</b> Kapabilitas Proses Kandungan Protein Fase Dua .....	70
<b>Lampiran K</b> Surat Keterangan Penelitian di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan .....	71
<b>Lampiran L</b> Surat Keterangan Publikasi oleh PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan .....	72

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konsumsi protein hewani masyarakat Indonesia semakin hari semakin meningkat. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2012 konsumsi daging ayam ras/kampung per kapita dalam waktu seminggu sebesar 0,076 kg, pada tahun 2013 meningkat sebesar 0,002 kg menjadi 0,078 kg, dan pada tahun 2014 konsumsi ayam mencapai 0,086 kg. Adanya peningkatan konsumsi ayam oleh masyarakat Indonesia tentunya diiringi dengan meningkatnya kewaspadaan mengenai kualitas protein hewani yang dikonsumsi. Kualitas dari hewan ternak sangat ditentukan oleh pakan yang diberikan. Pakan merupakan salah satu indikator yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, daya tahan tubuh, serta kesehatan hewan ternak. Pakan juga berpengaruh terhadap produktivitas ternak, hal inilah yang mendorong masyarakat terutama pengusaha ternak untuk memilih pakan ternak dengan kualitas yang baik sehingga akan menghasilkan hewan ternak yang berkualitas.

Kualitas merupakan kemampuan sebuah produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Kualitas dapat dipandang sebagai pemenuhan standar dan pembuatan produk dengan benar sejak awal. Setiap perusahaan dituntut untuk dapat menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pelanggan agar kepuasan pelanggan dapat tercapai, sehubungan dengan hal itu, 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, 2009).

Penyebab *rework* adalah adanya produk yang tidak sesuai dengan standar yang ditentukan oleh perusahaan (produk cacat). Semakin banyak produk cacat yang dihasilkan akan diiringi dengan meningkatnya biaya produksi. Jika permasalahan seperti

ini tidak segera diperbaiki, maka perusahaan akan mengalami kerugian yang besar. Perbaikan proses produksi perlu dilakukan sehingga masing-masing perusahaan dapat berkompetisi untuk memberikan pelayanan terbaik bagi pelanggan melalui kualitas yang diberikan sehingga dapat menarik perhatian pelanggan.

Menurut data dari Gabungan Pengusaha Makanan Ternak (GPMT) di Indonesia terdapat 42 pabrik pakan ternak yang masih aktif hingga tahun 2008 (Newsletter, 2008). PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk (JCI) merupakan perusahaan pakan ternak yang menduduki peringkat kedua dalam penguasaan pangsa pasar pakan ternak di Indonesia. Perusahaan ini harus menjaga kualitas dari pakan ternak yang diproduksi disamping kuantitas permintaan pasar yang harus dipenuhi. Kandungan nutrisi pakan ternak menjadi tolok ukur dari baik tidaknya kualitas pakan yang diproduksi sehingga harus memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Baik buruknya kualitas pakan ternak di perusahaan ini hanya dilihat dari kandungan nutrisi pakan ternak yang sesuai dengan spesifikasi tanpa adanya pengendalian kualitas secara statistik.

Pengendalian kualitas secara statistik sangat diperlukan untuk membantu perusahaan mengetahui kapabilitas proses produksi pakan ternak. Hal ini dikarenakan kesalahan proses produksi seperti *over* atau *under weight* yang biasanya diabaikan oleh operator dapat menyebabkan variansi kandungan pakan ternak antar produk besar dan tidak mendekati target yang ditentukan. Disamping itu, produk yang memenuhi batas spesifikasi tidak selalu menggambarkan suatu proses berjalan baik karena variansi antar produk belum tentu kecil. Formula yang paling banyak diproduksi oleh PT. JCI Unit Gedangan adalah BR 1 SP. Formula ini menghasilkan jenis pakan ternak G 11 S yang salah satunya berbentuk *crumble*. Selama proses produksi, terdapat pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* yang tidak memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Dua karakteristik kualitas yaitu kandungan calcium dan protein saling memiliki hubungan. Ketika kandungan calcium tinggi maka kandungan

protein akan cenderung rendah. Sehubungan dengan hal itu, pengendalian kualitas secara multivariat sangat cocok digunakan untuk dua variabel yang saling berhubungan tersebut. Dengan demikian, perusahaan dapat mengetahui stabilitas dan kapabilitas hasil proses produksi.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kendali. Terdapat dua tipe diagram kendali yaitu diagram kendali univariat dan multivariat. Diagram kendali univariat digunakan untuk satu karakteristik kualitas sedangkan multivariat digunakan untuk dua atau lebih karakteristik kualitas. Sehubungan dengan adanya korelasi antara kandungan calcium dan protein yang merupakan karakteristik kualitas pakan ternak maka dalam penelitian ini digunakan diagram kendali multivariat. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) merupakan salah satu diagram kendali multivariat yang dapat secara efektif mendeteksi perubahan rata-rata proses (Lowry et al, 1992). Selain pengendalian rata-rata proses, pengendalian variabilitas proses produksi juga merupakan suatu hal yang penting untuk dilakukan. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) merupakan diagram kendali multivariat dengan pengamatan individual untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses.

M. Fendy Kussuma (2014) melakukan penelitian tentang kualitas produk pakan ternak di PT. Charoen Pokphand Indonesia (Tbk) dengan menggunakan metode *six sigma* yang menunjukkan bahwa kapabilitas proses produksi di perusahaan pada tingkat 4,664 sigma dengan kesalahan terbesar yaitu adanya pellet belang. Haris Agung Wicaksono (2015) menerapkan metode *six sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Margomulyo, hasilnya menunjukkan bahwa Area *In Process* memiliki capaian sigma tertinggi (5,56) dengan DPMO terendah (104,673).

## 1.2 Rumusan Masalah

PT. JCI Unit Gedangan yang menduduki peringkat kedua dalam penguasaan pangsa pasar pakan ternak di Indonesia belum melakukan pengendalian kualitas secara statistik. Pengendalian kualitas hanya dilihat secara deskriptif yaitu dengan melihat kandungan calcium dan protein terhadap batas spesifikasi yang ditentukan. Hal tersebut menyebabkan perusahaan tidak dapat mengetahui baik buruknya kemampuan proses produksi.

Permasalahan lain yang dialami perusahaan adalah adanya 7,21 persen pakan ternak yang diproduksi pada Mei hingga Oktober 2015 berada di luar batas spesifikasi. Pada kenyataannya, kesalahan proses produksi seperti *over* atau *under weight* yang biasanya diabaikan oleh operator dapat menyebabkan variasi kandungan pakan ternak antar produk besar dan tidak mendekati target yang ditentukan. Selain itu, pergeseran proses yang sangat kecil antara periode Mei – Juli dengan Agustus – Oktober 2015, dimana untuk variabel protein sebesar 0,67 sigma dan calcium sebesar 0,41 sigma mendasari penggunaan diagram kendali MEWMV dan MEWMA dalam penelitian ini. Ketiga permasalahan itulah yang menyebabkan perlunya dilakukan penilaian kebaikan proses produksi pakan ternak yang diukur dari indeks kapabilitas proses. Namun sebelum melakukan hal tersebut, perlu didapatkan nilai pembobot optimal terlebih dahulu dari masing-masing diagram kendali.

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan masalah di atas, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan nilai pembobot optimal dari masing-masing diagram kendali untuk mengendalikan proses produksi yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui kapabilitas proses produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* di PT. JCI Unit Gedangan periode Mei hingga Oktober 2015.

## 1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan saran bagi perusahaan untuk melakukan pengendalian kualitas secara

statistik guna mengetahui stabilitas proses produksi pakan ternak sehingga dapat diketahui ada tidaknya pergeseran proses. Pada dasarnya adanya pergeseran rata-rata atau variabilitas proses mengindikasikan bahwa mesin tidak bekerja dengan baik.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Produk yang digunakan adalah produk yang berasal dari formula BR 1 SP yaitu tipe G 11 S *Crumbler*.
2. Data yang digunakan hanya pada *shift* 1.
3. Pembobot yang digunakan untuk diagram MEWMV adalah  $0,1 \leq \omega \leq 0,4$

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Analisis multivariat merupakan analisis statistika yang berkaitan dengan lebih dari satu variabel. Dalam analisis multivariat, terdapat dua asumsi yang harus dipenuhi yaitu data berdistribusi normal multivariat dan terdapat korelasi antar variabel. Pada pengendalian kualitas statistik, diagram kendali merupakan salah satu alat yang digunakan untuk pengendalian kualitas baik untuk data variabel maupun atribut. Ketika suatu produk hanya memiliki satu variabel yang harus dikendalikan, maka diagram kendali univariat dapat digunakan untuk mengendalikan proses produksi, namun pada kenyataannya, hampir semua produk memiliki lebih dari satu variabel kualitas yang harus dikendalikan sehingga perusahaan dapat melakukan pengendalian kualitas statistika dengan menggunakan diagram kendali multivariat. Adanya korelasi antar variabel harus terpenuhi dalam melakukan pengendalian kualitas secara multivariat, sedangkan distribusi normal multivariat tidak berlaku untuk semua diagram kendali, diagram kendali MEWMA merupakan salah satu diagram kendali yang *robust* terhadap asumsi tersebut. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing asumsi tersebut.

#### 2.1 Dependensi Variabel

Variabel  $X_1, X_2$  merupakan dua variabel karakteristik kualitas yang ingin diketahui hubungan antara keduanya. Pemeriksaan kebebasan antar dua variabel ini dapat digunakan korelasi *pearson*. Dengan begitu dapat diketahui tingkat keeratan hubungan dengan suatu nilai koefisien korelasi yang dilambangkan dengan  $\rho$  untuk parameter dan  $r$  untuk statistik .

Koefisien korelasi bernilai  $-1 \leq r \leq 1$ . Tanda pada koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan dari kedua variabel. Koefisien korelasi yang bertanda positif menunjukkan bahwa ketika nilai variabel satu bertambah maka variabel dua

juga akan cenderung bertambah. Sebaliknya, untuk koefisien korelasi yang bernilai negatif menunjukkan bahwa ketika variabel satu bertambah maka variabel dua akan cenderung berkurang (Walpole, R. E, 1995). Nilai korelasi untuk dua variabel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$r_{x_1x_2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \quad (2.1)$$

$n$  merupakan banyaknya pengamatan. Nilai korelasi yang dihasilkan menunjukkan seberapa besar hubungan antara variabel  $X_1$  dan  $X_2$ .

## 2.2 Distribusi Normal Multivariat

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi untuk melakukan pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali multivariat adalah data berdistribusi normal multivariat. Variabel  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter  $\boldsymbol{\mu}$  dan  $\boldsymbol{\Sigma}$  jika mempunyai *probability density function* :

$$f(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{p/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})'\boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})} \quad (2.2)$$

Jika  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  berdistribusi normal *multivariate* maka  $(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})'\boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})$  berdistribusi  $\chi_p^2$ . Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* dari nilai  $d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})'\mathbf{S}^{-1}(\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}), i = 1, \dots, n$ .

Pembuatan  $q$ - $q$  *plot* dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Johnson, 2007).

1. Menentukan nilai vektor rata-rata :  $\bar{\mathbf{x}}$
2. Menentukan nilai matriks varians-kovarians :  $\mathbf{S}$
3. Menentukan nilai jarak Mahalanobis setiap titik pengamatan dengan vektor rata-ratanya  
 $d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}), i = 1, \dots, n$
4. Mengurutkan nilai  $d_i^2$  dari kecil ke besar :  
 $d_{(1)}^2 \leq d_{(2)}^2 \leq d_{(3)}^2 \leq \dots \leq d_{(n)}^2$
5. Menentukan nilai  $p_i = \frac{i-1/2}{n}, i = 1, \dots, n$
6. Menentukan nilai  $q_i$  sedemikian hingga  

$$\int_{-\infty}^{q_i} f(\chi^2) d\chi^2 = p_i$$
7. Membuat *scatterplot*  $d_{(i)}^2$  dengan  $q_i$

Jika *scatterplot* ini cenderung membentuk garis lurus dan berada di sekitar 50 % nilai  $d_i^2 \leq \chi_{p,0.50}^2$  maka dapat dikatakan bahwa data berdistribusi normal multivariat.

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

Menurut Huwang (2007) diagram kendali MEWMV digunakan untuk memonitor variabilitas proses tanpa adanya asumsi terjadi perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung. Diagram ini dibangun untuk mendeteksi secara sensitif terjadinya perubahan variabilitas proses tanpa dipengaruhi oleh perubahan rata-rata proses. Jika ada beberapa karakteristik kualitas yang saling berhubungan dapat dikatakan bersifat multivariat. Diagram kendali MEWMV dibentuk dari persamaan berikut.

$$= \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_{n-1} \quad (2.3)$$

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 et al, 1992).

$$\mathbf{y}_n = \lambda \mathbf{x}_n + (1 - \lambda) \mathbf{y}_{n-1} \quad (2.4)$$

dengan  $\mathbf{y}_0 = 0$  dan  $0 < \lambda < 1$ .

Untuk mendeteksi terjadinya perubahan dalam matriks kovarian harus didefinisikan :

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} \text{ dengan } \mathbf{x}_n = \begin{bmatrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \vdots \\ x_{np} \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_n \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

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 (2.3) 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  $n = 3$ ,

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

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Dengan demikian secara umum persamaan (2.3) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$= \sum_{i=1}^n \omega(1 - \omega)^{n-i} (\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)(\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)' + (1 - \omega)^n \mathbf{V}_0 \quad (2.6)$$

Persamaan (2.4) juga memiliki penjabaran yang serupa dengan persamaan (2.3). Ketika masing-masing nilai  $n$  dimasukkan ke dalam persamaan (2.4) 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 (2.4) dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$\mathbf{y}_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1 - \lambda)^{n-i} \mathbf{x}_i \quad (2.7)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.7) ke dalam  $\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i$  maka dapat dituliskan :

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i &= \mathbf{x}_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} \mathbf{x}_j \\ &= (1-\lambda)\mathbf{x}_i - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1}\mathbf{x}_1 \\ &\quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)\end{aligned}$$

Jika persamaan (2.8) dituliskan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) &= \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T \\ (\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)^T \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_2 - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_t - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{t-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{n-1}\mathbf{x}_1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \\ &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \quad (2.9)\end{aligned}$$

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

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

Persamaan (2.6) dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})' \mathbf{C} (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \quad (2.10)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.9) ke dalam persamaan (2.10) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_n &= \mathbf{X}' (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})' \mathbf{C} (\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \mathbf{X} \\ &= \mathbf{X}' \mathbf{Q} \mathbf{X} \end{aligned} \quad (2.11)$$

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

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

Dari persamaan (2.11) dapat dicari nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}' \mathbf{Q} \mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}') \end{aligned} \quad (2.12)$$

dengan,

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

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

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

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

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.

$$\begin{aligned}
\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \text{Var} \left[ \sum_{i=1}^n q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right] \\
&= \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 \text{Var} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij}^2 \text{Var} \left( \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\
&= 2p \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 + 4p \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij}^2 \\
&= 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2 \tag{2.13}
\end{aligned}$$

Persamaan (2.13) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap  $n$  dan batas diagram berdasarkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yaitu,

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L \sqrt{\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]} = \text{ptr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2} \tag{2.14}$$

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

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

Diagram kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan *mean* 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.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \tag{2.15}$$

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 :

$$\mathbf{T}_i^2 = \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{Z}_i}^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.16)$$

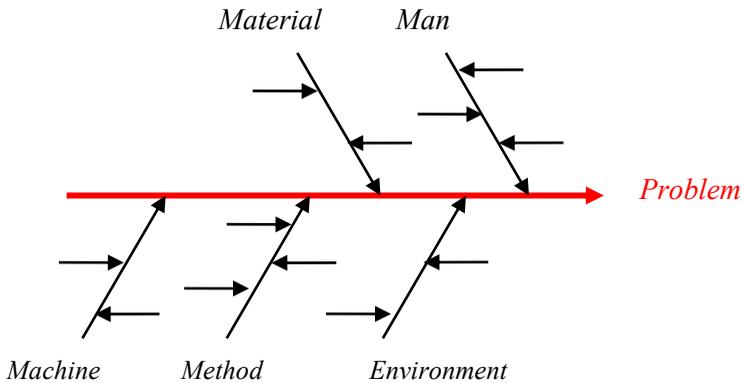
Data dikatakan *out of control* ketika nilai  $\mathbf{T}_i^2$  lebih besar dari  $h_4$ . Nilai  $h_4$  merupakan batas kendali atas, didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Matriks kovarian dari  $\mathbf{Z}_i$  adalah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

$$\boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{Z}_i} = \frac{\lambda}{2-\lambda} \left[ 1 - (1-\lambda)^{2i} \right] \boldsymbol{\Sigma} \quad (2.17)$$

Matriks kovarian ini analog dengan varians pada data univariat EWMA (Montgomery, 2009).

## 2.5 Diagram Ishikawa

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



Gambar 2.1 Contoh Diagram Ishikawa

## 2.6 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*, lebih baik digunakan indeks *performance process*  $P_p$  dan  $P_{pk}$  (Montgomery, 2009). Hal ini dikarenakan ketika proses dalam kondisi *out of control*, nilai varians tidak dapat ditaksir dari nilai sampel. Perhitungan indeks  $P_p$  dan  $P_{pk}$  untuk data univariat adalah :

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6\hat{\sigma}_{overall}} \quad (2.18)$$

$$P_{pk} = \min \left\{ \frac{BSA - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_{overall}}, \frac{\bar{x} - BSB}{3\hat{\sigma}_{overall}} \right\} \quad (2.19)$$

Keterangan :

BSA = batas spesifikasi atas

BSB = batas spesifikasi bawah

Sehubungan dengan adanya dua karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini, maka indeks *performance*

*process* secara multivariat cocok digunakan terutama dengan mempertimbangkan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Raissi, 2009).

$$M P_P = \sum_{k=1}^p W_k P_P(X_k) \quad (2.20)$$

$$M P_{PK} = \sum_{k=1}^p W_k P_{PK}(X_k) \quad (2.21)$$

Dimana  $MP_P$ ,  $MP_{PK}$  berturut-turut merupakan bentuk  $P_P$ ,  $P_{PK}$  dalam keadaan multivariat dengan  $W_i$  merupakan pembobot

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

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

## 2.7 PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk merupakan salah satu perusahaan penghasil pakan ternak terbesar di Indonesia. Visi dari perusahaan ini adalah berkembang menuju kemakmuran bersama, sedangkan misinya adalah menjadi penyedia makanan protein terjangkau di Indonesia dengan membangun kerja sama tim yang sangat baik dan terbukti dengan pengalaman dimana keuntungan untuk semua pemangku kepentingan.

Salah satu kantor cabang dari PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk berada di Jl. Raya Tebel Km. 3,8 Gedangan, Sidoarjo 61254 Jawa Timur. Penelitian ini memfokuskan pada kegiatan pembuatan pakan ternak. Perusahaan akan memproduksi pakan ternak dengan banyak tipe yang disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Salah satu produk yang paling banyak diproduksi adalah formula BR1 dengan tipe pakan ternak G 11 S yang berbentuk *crumble*. Terdapat beberapa syarat terkait *release* dari suatu produk yang diproduksi. Hal yang paling utama adalah

kandungan dari pakan ternak, ketika tidak sesuai dengan kebutuhan hewan ternak maka akan mengganggu pertumbuhan serta produktivitas hewan ternak. Oleh karena itu, kandungan pakan ternak merupakan prioritas utama untuk menentukan apakah suatu produk layak untuk dijual atau tidak. Beberapa karakteristik kualitas yang menjadi syarat suatu produk pakan ternak dapat di-*release* dijelaskan sebagai berikut.

a. Kandungan calcium (Ca)

Calcium merupakan elemen mineral yang paling banyak dibutuhkan oleh tubuh ternak. Ca memiliki peranan sebagai penyusun tulang dan gigi (Widodo, 2006). Tubuh ayam pedaging membutuhkan calcium sebanyak 0,9 persen sedangkan ayam petelur membutuhkan calcium sebanyak 0,6 – 1 persen (Ketaren, 2010).

b. Kandungan protein

Protein merupakan senyawa organik yang sebagian besar unsurnya terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan fosfor. Protein berfungsi sebagai penghasil energi bagi hewan ternak (Widodo, 2006). Tubuh hewan ternak seperti ayam pedaging dan petelur memerlukan protein sebanyak 19 – 23 persen (Ketaren, 2010).

Sampel diambil untuk produk yang berada di dalam *bagging off*. Dari beberapa sampel yang diambil dalam satu *shift* akan dicampur menjadi satu sampel dan dianggap dapat mewakili produk yang diproduksi pada *shift* tersebut. Hasil pencampuran inilah yang akan dilakukan pengujian untuk beberapa karakteristik kualitas. Kandungan protein diuji menggunakan alat yang biasa disebut NIRFOSS sedangkan kandungan calcium (Ca) dilakukan pengujian secara manual di laboratorium *Quality Control* PT. JCI Unit Gedangan. Hal ini dikarenakan alat NIRFOSS belum dianggap akurat untuk pengujian calcium, namun sudah dianggap akurat untuk protein. Dengan demikian, syarat suatu produk dapat di-*release* didasarkan pada kandungan calcium hasil pengujian lab serta kandungan protein menggunakan NIRFOSS.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu karakteristik kualitas produk pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan. Perusahaan secara rutin melakukan kalibrasi alat (mesin) setiap tiga bulan sekali, sehingga untuk membedakan sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi maka penelitian ini dibagi menjadi dua fase. Fase satu merupakan kondisi sebelum dilakukan kalibrasi mesin yaitu pada periode Mei hingga Juli 2015, sedangkan fase dua merupakan kondisi sesudah dilakukan kalibrasi mesin yaitu pada periode Agustus hingga Oktober 2015. Data yang digunakan hanya pada *shift* satu, dimana produk pakan ternak diproduksi pada pukul 07.00 hingga 15.00 WIB.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandungan calcium (Ca) dan protein. Ketika kandungan Ca tinggi akan mengakibatkan kandungan protein yang rendah. Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1** Struktur Data Penelitian

Observasi ke-	Karakteristik Kualitas (k)	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
1	$x_{(1)1}$	$x_{(1)2}$
2	$x_{(2)1}$	$x_{(2)2}$
⋮	⋮	⋮
111	$x_{(111)1}$	$x_{(111)2}$

Keterangan :h

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

X<sub>1</sub> dapat didefinisikan sebagai kandungan calcium, sedangkan X<sub>2</sub> sebagai kandungan protein. Satuan dari kedua variabel tersebut adalah persen (%). Data merupakan data

individual sebanyak 111 observasi karena ukuran dari setiap subgrup adalah 1, dimana subgrupnya adalah *shift*. Batas spesifikasi dari masing-masing karakteristik kualitas yang masih dapat diterima oleh perusahaan disajikan pada Tabel 3.2 berikut.

**Tabel 3.2** Batas Spesifikasi Masing-masing Karakteristik Kualitas

<b>Karakteristik Kualitas</b>	<b>Batas Spesifikasi (%)</b>
Kandungan Calcium (Ca)	0,675 – 0,885
Kandungan Protein	19,64 – 21,17

### 3.2 Cara Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan banyaknya *batch* yang diproduksi per jenis - per produk - per shift - per hari. Sampel yang terambil per *shift* akan dikomposit menjadi satu dan dianggap dapat mewakili produksi per *shift*. Satu *batch* produksi berisi 3 ton pakan ternak yang nantinya akan dimasukkan ke dalam 60 karung, dimana masing-masing karung berisi 50 kg pakan ternak. Kriteria pengambilan sampelnya adalah sebagai berikut.

- a. Untuk jumlah produksi  $\leq 5$  *batch*, diambil minimal 2 sampel secara random untuk dikomposit menjadi 1 sampel.
- b. Untuk jumlah produksi 6 - 10 *batch*, diambil minimal 4 sampel secara random untuk dikomposit menjadi 1 sampel.
- c. Untuk jumlah produksi 11 - 20 *batch*, diambil minimal 6 sampel secara random untuk dikomposit menjadi 1 sampel.
- d. Untuk jumlah produksi  $> 21$  *batch*, diambil minimal 10 sampel secara random untuk dikomposit menjadi 1 sampel.

Cara pengambilan sampel yang digunakan adalah :

1. Pada produksi *batch* pertama diambil sampel pada karung 15 – 20
2. Pada *batch* kedua diambil sampel pada karung 61 – 120

3. Sampel selanjutnya diambil secara sistematis dengan  $k = 100$  untuk nilai awal karung yang terambil pada *batch* kedua.

### 3.3 Langkah Analisis

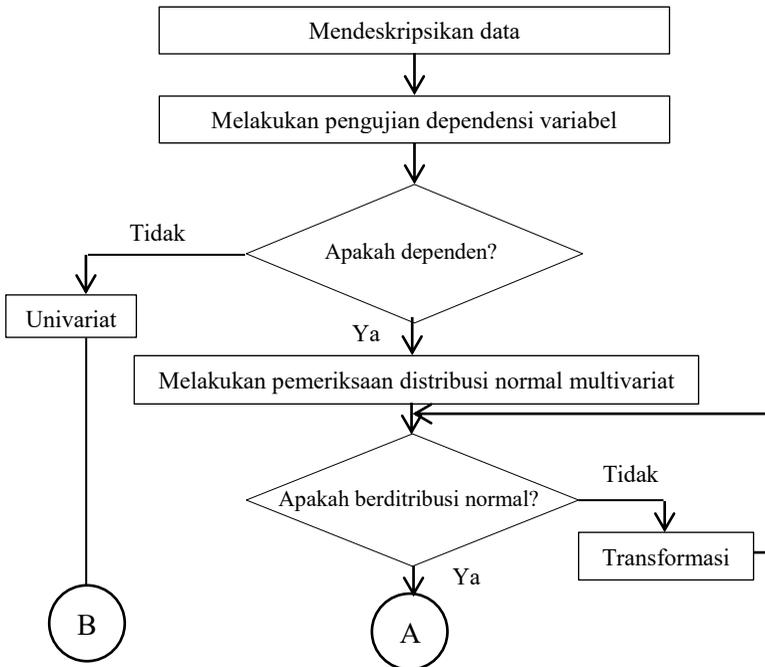
Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

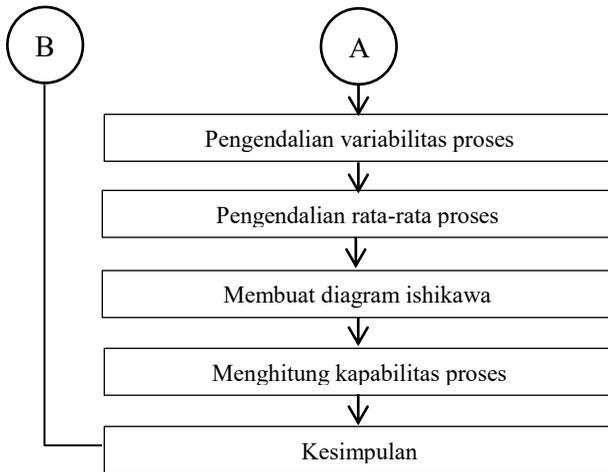
1. Mendeskripsikan karakteristik masing-masing variabel dengan statistika deskriptif
2. Melakukan pengujian asumsi  
Asumsi yang diperlukan untuk melakukan pengendalian kualitas secara multivariat adalah data berdistribusi normal multivariat dan adanya korelasi antara satu karakteristik kualitas dengan karakteristik kualitas yang lain.
3. Melakukan pengendalian proses produksi yang terdiri dari dua diagram kendali yaitu pengendalian variabilitas dan rata-rata proses
  - a. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) digunakan untuk pengendalian variabilitas proses. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut.
    1. Membuat matriks  $C$  yang berukuran  $n \times n$  dimana  $\omega$  adalah diagonal utama dan merupakan nilai pembobot yang ditentukan sebelumnya.
    2. Membuat matriks  $M$  yaitu matrik segitiga bawah dengan elemen  $\lambda$ .
    3. Membuat matrik  $I_n$  merupakan matrik identitas berukuran  $n \times n$
    4. Menghitung nilai  $Q$  untuk mendapatkan  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ .
    5. Menghitung  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  sesuai dengan persamaan (2.12).
    6. Menghitung nilai  $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$  yaitu  $p \text{tr}(\mathbf{Q})$  dan  $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$  sesuai dengan persamaan (2.13).
    7. Menentukan batas kendali setiap pengamatan ke  $n$   
$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L\sqrt{\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]}$$

b. Diagram kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average*) untuk pengendalian rata-rata proses. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai pembobot  $\lambda$ ,  $0,1 \leq \lambda \leq 0,8$ , dengan  $h_4$  yang sebelumnya telah ditentukan pada diagram kendali MEWMA.
2. Menghitung matriks varian kovarian  $\Sigma$ .
3. Menghitung vektor MEWMA  $Z_i$
4. Menghitung statistik MEWMA yaitu  $T_i^2$
4. Membuat diagram ishikawa
5. Menentukan kapabilitas proses
6. Membuat kesimpulan

Langkah analisis di atas dapat digambarkan pada diagram alir berikut.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Kandungan calcium dan protein di PT. JCI Unit Gedangan merupakan dua dari beberapa karakteristik kualitas yang menjadi pertimbangan suatu produk dapat di-*release*. Kandungan protein paling banyak dibutuhkan oleh tubuh hewan ternak sebagai penghasil energi, sedangkan kandungan calcium berfungsi untuk pembentukan cangkang telur bagi ayam petelur. Jika kandungan calcium dan protein pada pakan ternak tidak sesuai dengan kebutuhan hewan ternak tentunya akan berdampak pada kesehatan hewan ternak baik itu kandungan yang melebihi takaran maupun kurang dari takaran yang seharusnya.

PT. JCI Unit Gedangan yang merupakan salah satu perusahaan pakan ternak terbesar di Indonesia berusaha untuk menghasilkan pakan ternak dengan kualitas terbaik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Hal ini dilakukan dengan meminimalisir suatu kesalahan yang terjadi selama proses produksi, namun adanya kesalahan proses masih mungkin terjadi mengingat adanya beberapa faktor yang mendukung lancarnya proses produksi berlangsung baik faktor internal maupun eksternal.

Oleh karena itu, untuk mengetahui kestabilan proses produksi pakan ternak khususnya tipe G 11 S *Cumble* akan dilakukan monitoring proses produksi pakan ternak G 11 S *Crumble*.

#### **4.1 Deskripsi Kualitas Pakan Ternak**

Produk pakan ternak dapat di-*release* jika memenuhi syarat yaitu kandungan calcium sebesar 0,675 – 0,885 % dan kandungan protein adalah 19,64 – 21,17 %. Kedua kandungan tersebut saling berkorelasi, dimana ketika kandungan calcium tinggi maka kandungan protein akan cenderung rendah. Untuk mengetahui gambaran umum tentang masing-masing karakteristik kualitas pada periode Mei hingga Oktober 2015 maka diberikan deskripsi kualitas pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Deskripsi Karakteristik Kualitas

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maximum
Kandungan Calcium	0,788	0,002	0,692	0,901
Kandungan Protein	20,611	0,083	19,8	21,280

Rata-rata kandungan Ca yang ada di dalam pakan ternak untuk produksi Mei hingga Oktober 2015 sebesar 0,788% ditunjukkan pada Tabel 4.1. Nilai ini masih berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Nilai minimum dari calcium sebesar 0,692% yang lebih rendah dari 0,788%. Nilai maksimum Ca telah melebihi batas atas dari perusahaan. Nilai varians 0,002 dapat dikatakan cukup besar, yang menunjukkan bahwa antara nilai data satu dengan lainnya cukup jauh.

Rata-rata dan nilai minimum protein masih berada di dalam batas spesifikasi perusahaan, namun hal ini tidak berlaku untuk nilai maksimum protein yang bernilai 21,280%, dimana nilai ini melebihi batas atas yang ditentukan perusahaan yaitu 21,17%. Dengan demikian, adanya produk cacat ditunjukkan dengan adanya kandungan yang melebihi batas atas perusahaan.

#### **4.2 Pemeriksaan Dependensi Kandungan Calcium dan Protein**

Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu kandungan calcium dan protein, sehingga untuk memeriksa apakah dua variabel tersebut saling dependen digunakan korelasi *Pearson*. Berdasarkan persamaan 2.1 dari data pada Lampiran A, didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,177. Nilai tersebut menunjukkan korelasi antara calcium dan protein rendah karena korelasinya mendekati 0. Selain itu, nilai korelasi yang bertanda positif berarti bahwa ketika kandungan protein tinggi maka kandungan calcium cenderung rendah.

Hubungan antara kandungan protein dan calcium secara statistik berbeda dengan hubungan secara konsep. Secara konsep, kandungan calcium (Ca) yang tinggi akan mengakibatkan kandungan protein yang cenderung rendah. Perbedaan kesimpulan yang didapat secara empiris dan konsep tersebut

disebabkan karena sampel yang digunakan untuk mengetahui kandungan calcium dan protein berbeda. Kandungan protein diteliti menggunakan alat NIRFOSS dan kandungan calcium diuji di laboratorium *quality control* PT. JCI Unit Gedangan, sehingga sampel yang digunakan di laboratorium tidak dapat digunakan di NIRFOSS, begitu pula sebaliknya. Meskipun demikian, analisis pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali multivariat dapat dilakukan, didasarkan pada konsepnya, maka secara statistik antar kualitas memiliki hubungan yang rendah.

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

Pemeriksaan asumsi normal multivariat dilakukan untuk kedua karakteristik kualitas yaitu kandungan calcium dan protein. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data di Lampiran A sesuai dengan langkah-langkah pada subbab 2.2, didapatkan jarak  $d_i^2$  yang lebih kecil dari  $\chi_{0,5,2}^2$  sebesar 0,4865. Nilai ini berada di sekitar 50% sehingga dapat disimpulkan bahwa karakteristik kualitas berdistribusi normal multivariat. Selain itu, untuk meyakinkan bahwa data berdistribusi normal multivariat dapat dilihat pada Lampiran B2. Titik-titik pada diagram pencar tersebar mendekati garis lurus, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa secara visual, data karakteristik kualitas pakan ternak G 11 S *Crumble* mengikuti pola persebaran normal multivariat.

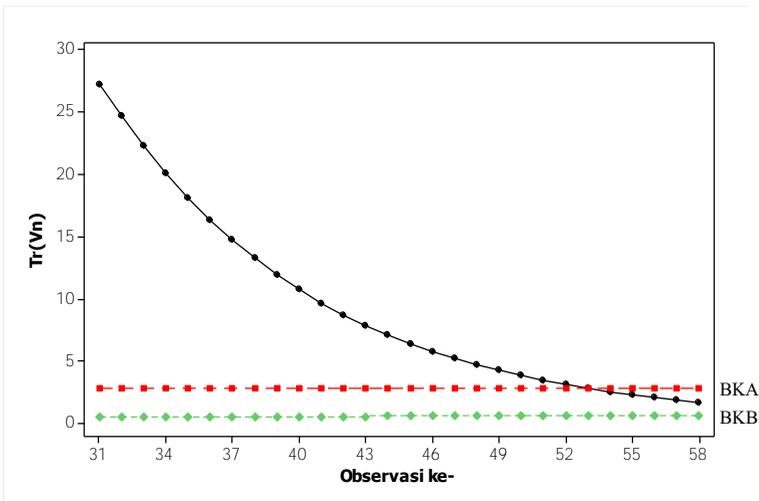
### **4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Produksi Pakan Ternak Tipe G 11 S *Crumble***

Diagram kendali MEWMV digunakan untuk memonitoring variabilitas proses. Pada penelitian ini, dibagi menjadi dua fase, dimana 3 bulan pertama yaitu periode Mei hingga Juli 2015 digunakan untuk fase pertama dan 3 bulan selanjutnya yaitu periode Agustus hingga Oktober 2015 digunakan untuk fase dua. Fase satu adalah kondisi sebelum dilakukan kalibrasi mesin sedangkan fase dua adalah kondisi setelah dilakukan kalibrasi mesin. Pengendalian kualitas pada fase satu dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai pembobot yang optimal.

Pembobot optimal yang didapatkan pada fase satu tersebut kemudian digunakan untuk monitoring proses pada fase dua.

Penelitian ini menggunakan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  masing-masing kurang dari 0,4 karena menurut Huwang (2007) nilai pembobot tersebut memberikan kinerja yang lebih baik untuk memonitoring variabilitas proses.

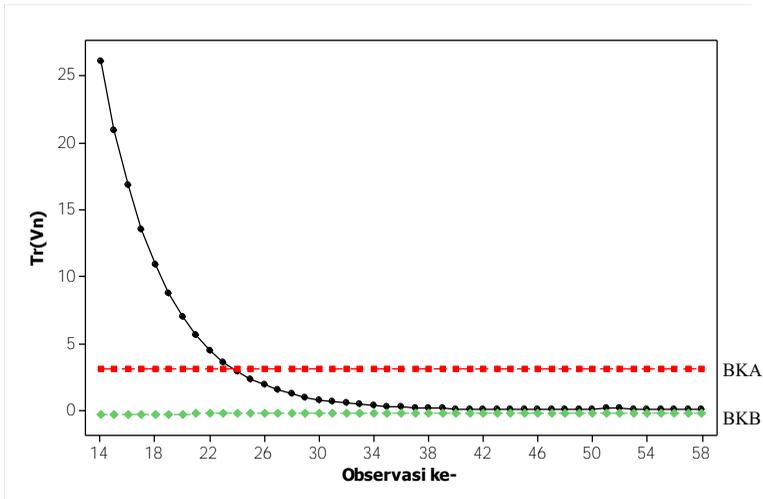
Nilai pembobot paling kecil yang disarankan untuk diagram kendali MEWMV adalah  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,1$ . Gambar 4.1 adalah hasil plot  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  untuk kedua nilai pembobot tersebut.



**Gambar 4.1** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,1$

Plot dari nilai  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  untuk masing-masing observasi yang didapatkan dari persamaan (2.12). Gambar 4.1 menunjukkan plot  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yang bermula dari observasi ke-31, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali untuk masing-masing observasi berbeda-beda. Batas kendali dipengaruhi oleh nilai  $L$  yang tergantung pada pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang digunakan, dapat dilihat pada Lampiran D. Nilai  $L$  untuk  $\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,1$  sebesar 2,8725, sehingga dengan menggunakan persamaan (2.14) didapatkan nilai batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar

6,237 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar -3,033. Nilai BKB yang bernilai negatif dianggap bernilai nol karena merupakan nilai positif yang paling minimum. Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 52 observasi yang keluar dari batas kendali atas dan bawah, namun penilaian proses produksi dilihat ketika proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-53. Setelah pengamatan ke-53 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali sehingga dapat disimpulkan bahwa proses terkendali secara statistik.

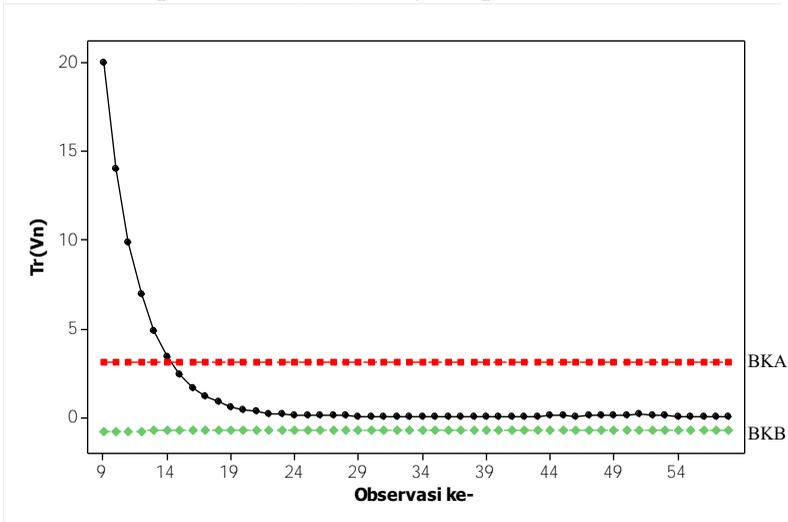


**Gambar 4.2** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,2$  dan  $\lambda = 0,2$

Batas kendali atas maksimum yang dihasilkan adalah 5,7312 sedangkan batas kendali bawah sebesar -3,1712, namun BKB dianggap bernilai nol karena tidak mungkin bernilai negatif dan nol merupakan nilai positif paling minimum. Batas kendali ini lebih sempit daripada batas kendali yang dihasilkan oleh pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  yang masing-masing bernilai 0,1. Gambar 4.2 menunjukkan plot  $Tr(V_n)$  yang bermulai dari observasi ke-14, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Diagram kendali dengan pembobot  $\omega$  dan  $\lambda$  sebesar 0,2, terdapat 23 observasi yang keluar dari batas kendali atas. Baik buruknya proses dilihat ketika

proses mulai stabil, setelah observasi ke-23 tidak ada titik yang berada di luar batas kendali atas maupun bawah, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses terkendali secara statistik. Pembobot ini lebih baik dari sebelumnya karena menyebabkan kestabilan proses lebih cepat.

Pengendalian variabilitas proses juga dilakukan untuk pembobot  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,3$ . Plot dari  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  yang didapatkan berdasarkan persamaan (2.12) disajikan pada Gambar 4.3 berikut.

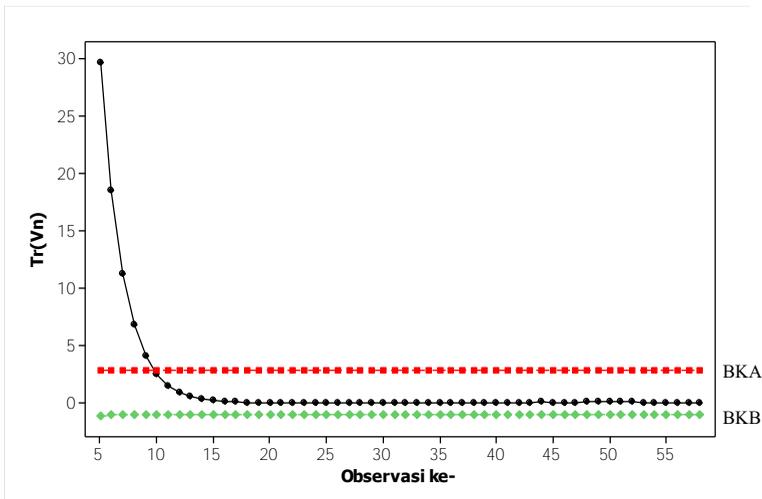


**Gambar 4.3** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,3$

Hasil pengendalian variabilitas dengan pembobot  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,3$  memperoleh batas kendali yang lebih sempit dari pembobot yang telah dicobakan sebelumnya dimana batas kendali atas maksimum dan bawah untuk pembobot ini berturut-turut sebesar 4,782 dan -2,822. Nilai batas kendali bawah yang bernilai negatif dianggap bernilai nol. Banyaknya observasi yang keluar ketika menggunakan pembobot tersebut sebanyak 14 observasi. Gambar 4.3 menunjukkan plot  $\text{Tr}(\mathbf{V}_n)$  yang bermula dari observasi ke-9, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Proses mulai stabil setelah pengamatan ke-14, ketika proses telah

stabil tidak ada titik yang berada di luar batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses terkendali secara statistik. Pembobot ini dianggap lebih baik dari dua pembobot sebelumnya, karena kestabilan prosesnya lebih cepat.

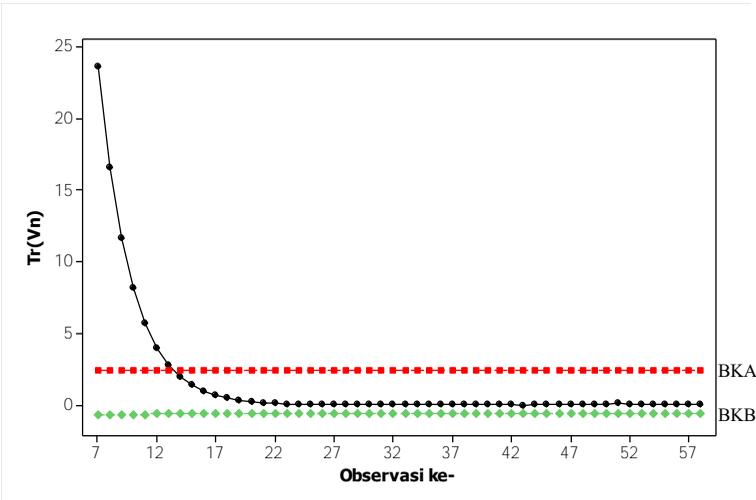
Selain ketiga nilai pembobot yang telah diuraikan sebelumnya, pengendalian kualitas juga dilakukan untuk semua kombinasi nilai  $\omega$  dan  $\lambda \leq 0,4$ . Untuk plot  $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$  dengan nilai  $\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$  dapat dilihat pada Gambar 4.4 sedangkan diagram kendali MEWMV untuk pembobot yang tidak disajikan dalam subbab ini dapat dilihat pada Lampiran F.



**Gambar 4.4** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$

Pada pengendalian variabilitas dengan pembobot ini mengakibatkan adanya 9 observasi yang keluar dari batas kendali atas dengan batas kendali yang lebih sempit dibandingkan batas kendali dengan ketiga nilai pembobot yang telah dicobakan sebelumnya. Plot  $\text{Tr}(\mathbf{V}_n)$  yang bermula dari observasi ke-5 disajikan pada Gambar 4.4, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali atas sebesar 3,735 sedangkan batas kendali bawah sebesar -2,295. Nilai batas

kendali bawah tersebut dianggap bernilai nol karena merupakan nilai positif paling minimum dan BKB tidak mungkin bernilai negatif. Proses mulai stabil setelah pengamatan ke-9, dengan demikian baik buruknya proses dapat dilihat mulai observasi ke-10. Variabilitas proses produksi pakan ternak dengan pembobot ini lebih baik dibandingkan dengan pembobot sebelumnya. Adanya nilai observasi yang keluar pada awal proses masih dapat dianggap wajar karena nilai tersebut merupakan keadaan dimana mesin menstabilkan proses yang terjadi setelah digunakan untuk memproduksi pakan ternak tipe lain. Proses dapat dikatakan terkendali karena tidak ada titik yang berada di luar batas kendali ketika proses mulai stabil.



**Gambar 4.5** Diagram Kendali MEWMV dengan  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$

Kombinasi dari nilai  $\omega$  dan  $\lambda$  yang juga digunakan dalam diagram kendali MEWMV adalah  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$ . Gambar 4.5 menunjukkan plot  $\text{Tr}(V_n)$  yang bermula dari observasi ke-7, lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran F. Nilai batas kendali atas yang diperoleh sebesar 3,517 sedangkan batas kendali bawah maksimum sebesar -2,077 yang dianggap bernilai nol. Hasil analisis yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.5, dimana

berdasarkan nilai pembobot tersebut terdapat 13 observasi yang berada di luar batas kendali. Meskipun data yang *out of control* dari pembobot ini lebih banyak dari pembobot  $\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$ , namun batas kendalinya lebih sempit. Dengan demikian pembobot ini dianggap sensitif dibandingkan pembobot yang lainnya. Sama halnya dengan pembobot sebelumnya, ketika proses mulai stabil yaitu pada pengamatan ke-14, tidak ada yang data yang *out of control*, sehingga proses dapat dinyatakan terkendali secara statistik.

Selisih yang paling minimum dari  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  merupakan pembobot terbaik untuk mendeteksi adanya data *out of control* yang 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. Selain itu, pemilihan pembobot juga didasarkan pada nilai batas kendali yang semakin sempit. Hal ini dikarenakan semakin sempit batas kendali, kemungkinan suatu proses yang seharusnya tidak terkendali namun diidentifikasi sebagai proses yang terkendali akan semakin kecil. Berikut adalah hasil perhitungan untuk menentukan pembobot yang paling optimum.

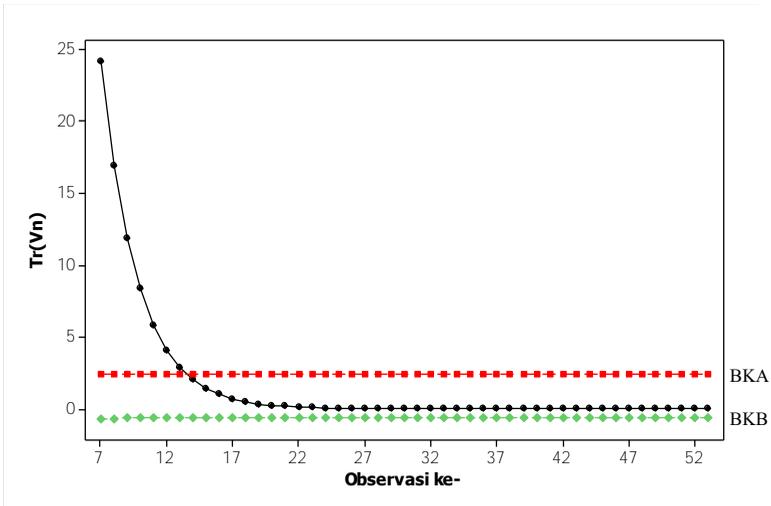
Pemilihan pembobot optimum disajikan pada Tabel 4.2 yang menunjukkan bahwa nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  yang paling minimum adalah 149,559. Nilai ini didapatkan ketika  $\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$  dengan batas kendali atas sebesar 3,735 dan batas kendali bawah sebesar -2,295. Namun, selisih batas kendali atas dan batas kendali bawah terkecil yaitu sebesar 5,594 yang diperoleh ketika menggunakan  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$  dengan nilai  $|\max \text{tr}(\mathbf{V}_n) - \text{BKA}|$  sebesar 149,787. Nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai yang dihasilkan oleh pembobot  $\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,4$ . Sehubungan dengan hal itu, dapat disimpulkan bahwa pembobot yang paling sensitif untuk mendeteksi adanya data *out of control* dengan lebih cepat adalah pembobot  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$ .

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

$\omega$	$\lambda$	L	Max Tr( $\mathbf{V}_n$ )	BKA	Selisih	BKB	BKA-BKB
0,1	0,1	2,8725	344,933	6,273	338,660	-3,033	9,307
0,4	0,2	4,1675	272,540	6,614	265,926	-4,054	10,669
0,3	0,3	3,8800	208,663	4,782	203,881	-2,822	7,605
0,4	0,3	4,1788	208,663	5,075	203,588	-3,115	8,190
0,2	0,1	3,4725	344,933	7,245	337,688	-4,005	11,251
0,4	0,1	4,1625	344,933	8,363	336,570	-5,123	13,487
0,3	0,2	3,8725	272,540	6,237	266,303	-3,677	9,914
0,2	0,3	3,4850	208,663	4,395	204,268	-2,435	6,831
<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>3,8850</b>	<b>153,304</b>	<b>3,517</b>	<b>149,787</b>	<b>-2,077</b>	<b>5,594</b>
0,1	0,2	2,8738	272,540	4,958	267,582	-2,398	7,357
0,3	0,1	3,8675	344,933	7,885	337,048	-4,645	12,531
0,4	0,4	4,1875	153,304	3,735	149,569	-2,295	6,030

Pada pengendalian variabilitas proses menggunakan pembobot  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$  yang ditunjukkan oleh Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa proses terkendali secara statistik. Meskipun ada 13 titik awal yang berada di luar batas kendali, namun titik tersebut merupakan keadaan mesin sedang menstabilkan proses, sehingga kebaikan proses produksi dapat dinilai ketika proses mulai stabil.

Pembobot paling optimum yang dihasilkan pada fase satu kemudian digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses pada fase dua yang berlangsung pada bulan Agustus hingga Oktober 2015. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbaikan yang dilakukan oleh perusahaan sehingga dianggap tidak ada pergeseran proses dari fase satu ke fase dua. Dengan menggunakan pembobot  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$ , didapatkan hasil pengendalian untuk fase dua sebagai berikut.

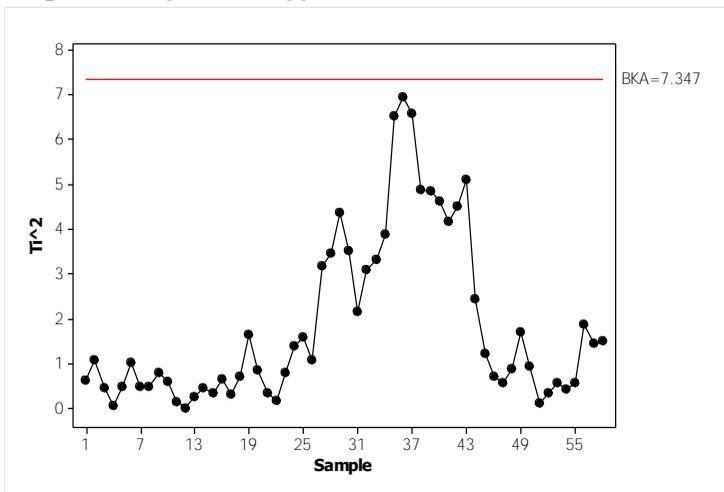


**Gambar 4.6** Diagram MEWMV Fase Dua dengan  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pengendalian variabilitas proses untuk fase dua terkendali secara statistik, plot  $Tr(V_n)$  bermula dari observasi ke-7 dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran F. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya titik yang berada di luar batas kendali ketika proses sudah stabil yaitu setelah observasi ke-14. Meskipun demikian, pada awal observasi masih terdapat 13 titik yang berada di luar batas kendali, namun hal ini tidak dapat dijadikan penilaian untuk menilai terkendali atau tidaknya proses karena dalam kondisi tersebut proses belum stabil. Adanya titik yang keluar batas kendali pada awal observasi tersebut merupakan keadaan dimana mesin sedang menstabilkan proses produksi. Penilaian kebaikan proses menggunakan diagram kendali MEWMV dapat dimulai ketika proses sudah stabil.

#### 4.5 Pengendalian Rata-rata Proses Produksi Pakan Ternak Tipe G 11 S Crumble

Pengendalian rata-rata proses dilakukan dengan menggunakan diagram kendali MEWMA. Pada penelitian ini titik yang akan di plot adalah nilai yang sudah diboboti dengan pembobot yang telah ditentukan sebelumnya, biasa disimbolkan dengan  $T_i^2$  didapatkan dari persamaan (2.16). Pembobot disimbolkan dengan  $\lambda$ , dimana nilai  $\lambda$  untuk masing-masing karakteristik kualitas diasumsikan sama karena tidak adanya pembobotan dari perusahaan. Nilai pembobot yang digunakan sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu 0,05 serta 0,1 hingga 0,8 dengan beda 0,1. Sama halnya dengan diagram kendali MEWMV, pembobot paling optimal yang diperoleh berdasarkan hasil analisis fase satu yaitu periode Mei hingga Juli 2015 akan digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses pada fase dua yaitu periode Agustus hingga Oktober 2015.

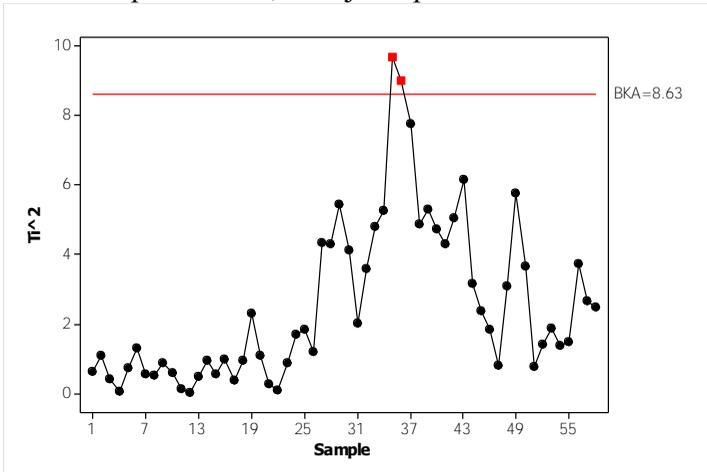


**Gambar 4.7** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,05$

Titik yang diplotkan ke dalam diagram kendali adalah titik pengamatan yang didapatkan dari persamaan (2.16). Pembobot yang digunakan untuk diagram kendali MEWMA yang pertama

adalah 0,05. Hasil analisis pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan  $\lambda$  sebesar 0,05 didapatkan nilai batas kendali atas ( $h_4$ ) sebesar 7,35. Pada Gambar 4.7 terlihat tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali atas, namun ada titik yang mendekati batas kendali atas, hal ini menyebabkan rata-rata proses dapat dikatakan tidak terkendali secara statistik menurut aturan Shewhart. Selain itu, grafik bergerak secara fluktuatif yang menandakan bahwa proses tidak stabil dengan nilai titik pengamatan tertinggi ( $T_i^2$ ) sebesar 6,951.

Pengendalian rata-rata proses untuk  $\lambda = 0,1$  dilakukan untuk perbandingan pembobot sebelumnya. Hasil diagram kendali untuk pembobot 0,1 disajikan pada Gambar 4.8.

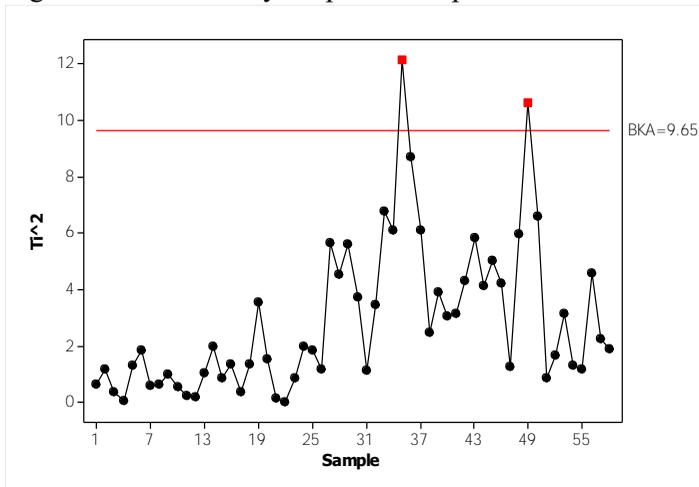


**Gambar 4.8** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,1$

Pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot ( $\lambda$ ) sebesar 0,1 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 8,63, dimana nilai ini lebih besar dari pembobot sebelumnya. Titik pengamatan ( $T_i^2$ ) maksimum untuk pembobot ini yang didapatkan dari persamaan (2.16) adalah 9,680, terjadi pada pengamatan ke – 35. Dengan menggunakan pembobot 0,1 ada 2 pengamatan yang keluar dari batas kendali atas. Jika

dibandingkan dengan pembobot sebelumnya, hasil pengendalian dengan pembobot ini menghasilkan rentang batas kendali yang lebih lebar, namun titik pengamatan maksimumnya juga semakin tinggi. Berhubung ada data yang keluar dari batas kendali, dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik. Selain itu, proses juga terlihat tidak stabil karena grafik bergerak secara fluktuatif.

Hasil pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot sebesar 0,2 sebagai pembandingan dengan pengendalian sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.

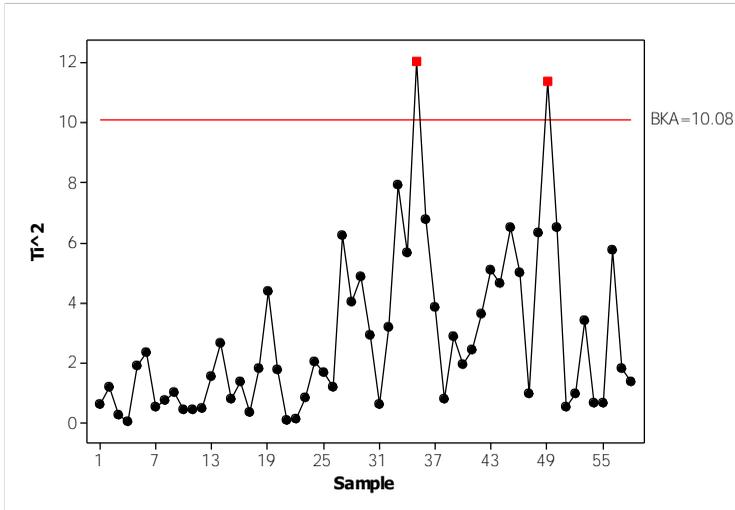


**Gambar 4.9** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,2$

Grafik bergerak secara fluktuatif yang menunjukkan bahwa pengendalian rata-rata proses dengan pembobot ini terlihat lebih stabil dibandingkan dengan kedua pembobot yang digunakan sebelumnya. Namun, masih ada pengamatan yang keluar dari batas kendali atas ( $h_4$ ) yaitu sebanyak 2 pengamatan. Hal ini berarti bahwa rata-rata proses produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* tidak terkendali secara statistik dengan nilai batas kendali atas ( $h_4$ ) yang dihasilkan sebesar 9,65 dan titik pengamatan tertinggi sebesar 12,145. Jika dibandingkan dengan

dua diagram kendali sebelumnya, batas kendali untuk pembobot ini lebih lebar.

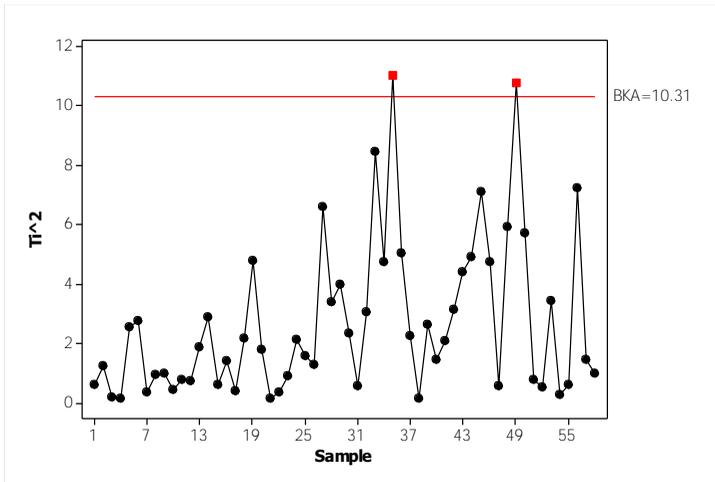
Pengendalian kualitas juga dilakukan untuk pembobot sebesar 0,3. Berikut adalah hasil pengendalian rata-rata proses untuk pembobot tersebut.



**Gambar 4.10** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,3$

Banyaknya data yang keluar batas kendali atas untuk pembobot 0,3 sama dengan banyaknya data yang keluar ketika digunakan pembobot sebesar 0,2 dan 0,1 . Nilai batas kendali atas untuk pembobot ini sebesar 10,08, dimana nilai tersebut lebih besar dari batas kendali atas pembobot yang telah digunakan sebelumnya. Namun, hal sebaliknya berlaku untuk nilai pengamatan tertinggi, dimana pembobot ini menghasilkan nilai pengamatan yang lebih rendah daripada pembobot 0,2 yaitu sebesar 12,033. Karena masih ada data yang keluar batas kendali atas maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses produksi pakan ternak di PT. JCI Unit Gedangan tidak terkendali secara statistik. Meskipun demikian, secara visual dapat dilihat bahwa proses lebih stabil dari pembobot sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses produksi pakan ternak dengan pembobot yang digunakan sebesar 0,4. Hasilnya adalah sebagai berikut.

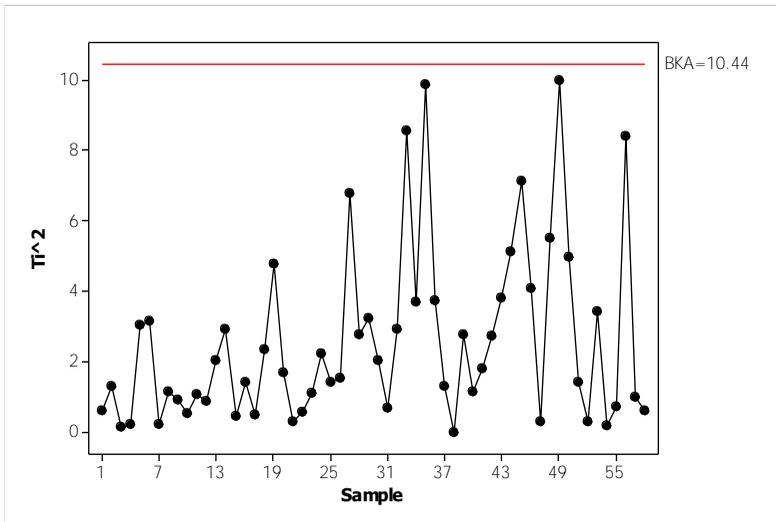


**Gambar 4.11** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,4$

Nilai batas atas dan titik pengamatan tertinggi yang dihasilkan ketika menggunakan pembobot sebesar 0,4 adalah 11,047. Nilai batas atas untuk pembobot ini lebih besar dari keempat pembobot sebelumnya. Dengan adanya 2 pengamatan yang berada di luar batas kendali atas, dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses produksi pakan ternak tidak terkendali secara statistik. Jika dilihat secara visual, proses juga terlihat lebih stabil dari keempat pembobot yang telah digunakan sebelumnya.

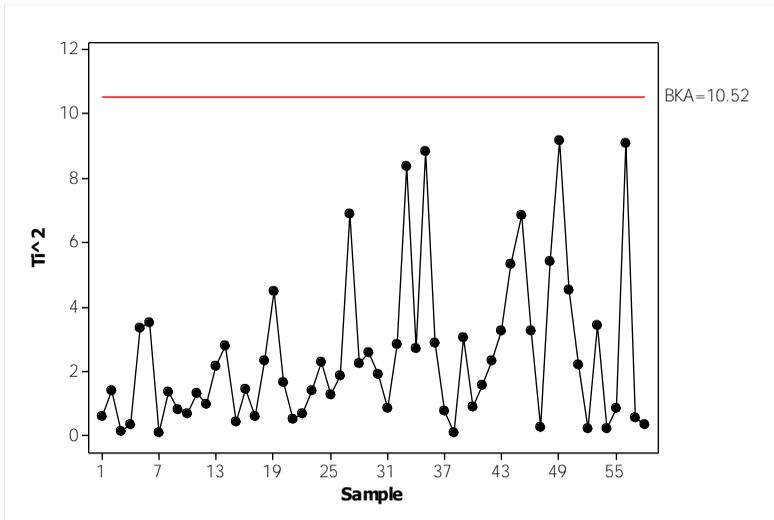
Pengendalian rata-rata proses selanjutnya dilakukan untuk pembobot sebesar 0,5. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.12. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan pembobot 0,5 tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali atas, namun ada 2 titik yang mendekati batas kendali atas sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Titik pengamatan tertinggi untuk pembobot ini adalah 9,886 yang terjadi pada pengamatan ke - 35. Nilai ini jauh lebih kecil

dibandingkan titik pengamatan maksimum dengan menggunakan pembobot 0,2, 0,3, dan 0,4. Meskipun hasil pengendalian menggunakan pembobot ini tidak terkendali, namun jika dilihat secara visual proses lebih stabil karena fluktuasi data tidak terlalu terlihat.



**Gambar 4.12** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,5$

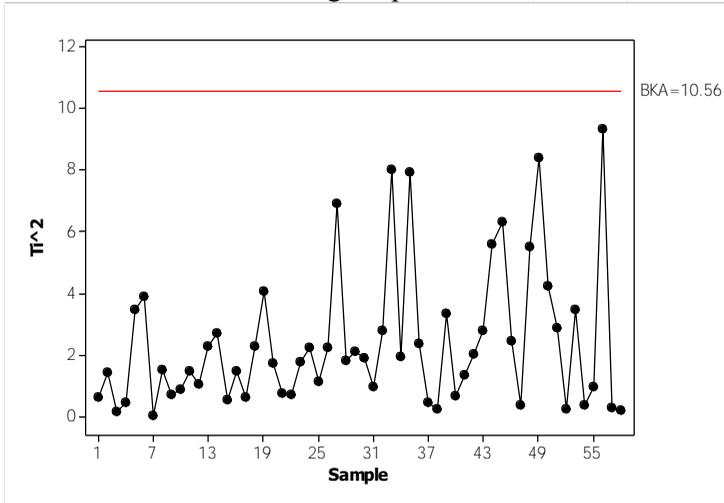
Pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA juga dilakukan untuk nilai pembobot 0,6. Diagram kendali untuk pembobot ini disajikan pada Gambar 4.13. hasil pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot sebesar 0,6 adalah tidak terdapat titik yang berada di luar batas kendali. Meskipun demikian, terdapat titik yang hampir mendekati batas kendali atas dengan jarak 1,337 sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik sesuai dengan aturan Shewhart. Nilai batas kendali atas untuk pembobot ini yaitu 10,52, dimana nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan 6 pembobot yang sudah digunakan sebelumnya.



Gambar 4.13 Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,6$

Pengendalian menggunakan diagram kendali MEWMA terhadap rata-rata proses dengan nilai pembobot sebesar 0,7 disajikan pada Gambar 4.14. Pada Gambar 4.14 yang menunjukkan hasil pengendalian rata-rata proses dengan pembobot 0,7, terlihat tidak ada data yang berada di luar batas kendali atas. Nilai batas kendali atas untuk pembobot 0,7 adalah 10,56. Jika melihat nilai batas kendali atas untuk masing-masing pembobot sebelumnya, pembobot yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai batas kendali atas yang juga semakin tinggi. Namun belum tentu titik pengamatan tertinggi juga akan semakin tinggi atau sebaliknya semakin rendah. Meskipun hasil pengendalian rata-rata proses dengan menggunakan pembobot 0,7 menunjukkan tidak adanya titik yang berada di luar batas kendali namun ada titik yang hampir mendekati batas kendali atas. Selisih titik pengamatan yang paling tinggi dengan batas kendali atas sebesar 1,246, dimana selisih ini lebih kecil dari selisih untuk pembobot 0,8. Dengan mempertimbangkan lebih lebarnya batas kendali untuk pembobot ini yang menyebabkan semakin besarnya kesalahan untuk mengidentifikasi proses yang *out of control*

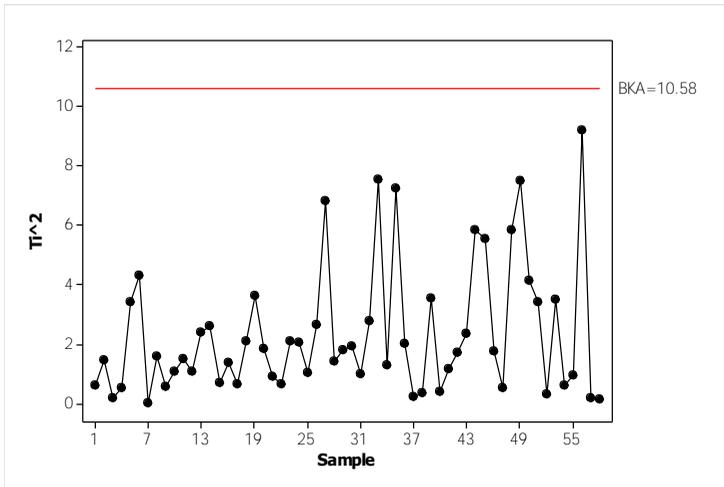
menjadi *in control*, maka meskipun proses terkendali, pembobot ini tidak lebih baik dibandingkan pembobot 0,5 dan 0,6.



**Gambar 4.14** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,7$

Pengendalian rata-rata proses terakhir dilakukan untuk pembobot 0,8. Setelah dilakukan pengendalian ini akan dilanjutkan pada pemilihan nilai pembobot yang dianggap paling baik dibandingkan dengan yang lainnya. Hasil pengendalian dengan pembobot tersebut disajikan pada Gambar 4.15. Berdasarkan hasil analisis pengendalian proses dengan menggunakan pembobot sebesar 0,8 didapatkan nilai batas kendali atas sebesar 10,58 dengan titik pengamatan maksimum bernilai 9,211 dimana titik tersebut masih berada di dalam batas kendali. Jika dibandingkan dengan pembobot lainnya, pengendalian rata-rata proses dengan pembobot inilah yang memiliki nilai titik maksimum tergolong kecil ketiga setelah pembobot 0,05 dan 0,6, sedangkan nilai batas kendali atasnya adalah yang paling tinggi. Semakin lebar batas kendali untuk pembobot ini menyebabkan peluang suatu titik jatuh di luar batas kendali semakin kecil sehingga untuk pembobot 0,8 tidak terdapat titik yang berada di luar batas kendali. Meskipun demikian,

terdapat titik yang mendekati nilai batas atas dengan selisih 1,369 yang tidak jauh berbeda dengan yang terjadi pada pembobot 0,6.



**Gambar 4.15** Diagram Kendali MEWMA dengan  $\lambda = 0,8$

Pemilihan pembobot terbaik diperhitungkan dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas (BKA) untuk masing-masing pembobot. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.3. Berdasarkan hasil perhitungan selisih nilai titik maksimum dan batas kendali atas, didapatkan hasil bahwa pengendalian rata-rata proses produksi pakan ternak dengan pembobot 0,05, 0,5, 0,6, 0,7 dan 0,8 menunjukkan tidak ada titik yang berada di luar batas kendali sehingga selisih titik pengamatan maksimum yang berada di luar batas kendali dengan batas kendali atas bernilai nol. Hal ini disebabkan oleh lebarnya batas kendali, sehingga peluang suatu titik berada di luar batas kendali padahal seharusnya proses *out of control* semakin kecil. Dengan begitu, titik yang seharusnya di luar batas kendali memiliki nilai yang hampir mendekati batas atas. Pertimbangan pemilihan pembobot terbaik juga didasarkan pada lebarnya batas kendali. Semakin lebar batas kendali maka akan memperbesar resiko yang diperoleh oleh konsumen.

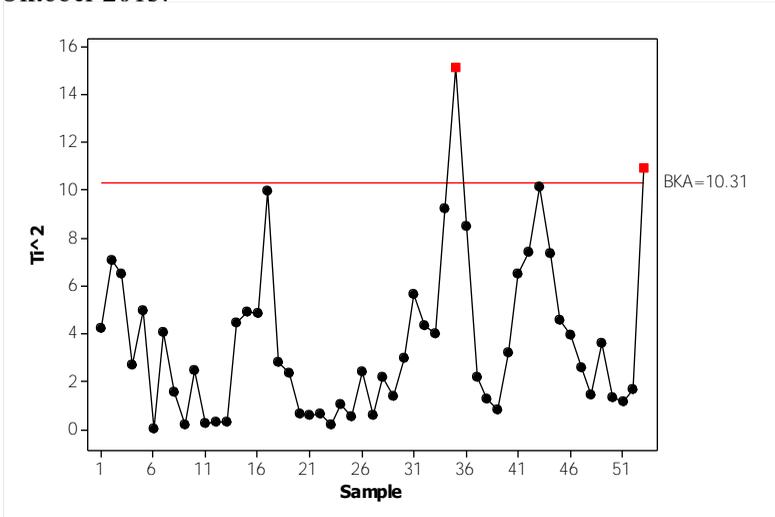
Berdasarkan pertimbangan dari resiko produsen dan konsumen, pembobot optimal yang dianggap paling sensitif untuk pengendalian rata-rata proses dengan diagram kendali MEWMA adalah 0,4. Nilai batas kendali atas sebesar 10,31 yang dihasilkan oleh pembobot ini merupakan nilai batas kendali yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan pembobot lainnya. Selain itu, meskipun selisih antara titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas yang menunjukkan resiko produsen bukan merupakan selisih yang paling kecil yaitu 0,737, namun pembobot ini mampu mendeteksi adanya data *out of control* dengan baik karena titik yang berada di dalam batas kendali pun tidak ada yang mendekati batas kendali atas. Hasil pengendalian menggunakan diagram kendali MEWMA dengan pembobot 0,4 pada data produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* memberikan kesimpulan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik karena terdapat dua titik yang berada di luar batas kendali.

**Tabel 4.3** Selisih Antara Titik Pengamatan Maksium dan BKA

$\lambda$	BKA	Titik Maksimum	Selisih
0,05	7,35	-	-
0,1	8,63	9,680	1,050
0,2	9,65	12,145	2,495
0,3	10,08	12,033	1,953
<b>0,4</b>	<b>10,31</b>	<b>11,047</b>	<b>0,737</b>
0,5	10,44	9,987	0,453
0,6	10,51	-	-
0,7	10,56	-	-
0,8	10,58	-	-

Pembobot optimal yang dihasilkan pada pengendalian rata-rata proses yaitu sebesar 0,4 menggunakan diagram kendali MEWMA dapat digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses pada fase dua. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbaikan proses yang dilakukan perusahaan sehingga pergeseran proses dianggap

tidak ada. Berikut adalah hasil pengendalian rata-rata proses untuk fase dua yang berlangsung pada periode Agustus hingga Oktober 2015.



**Gambar 4.16** Diagram Kendali MEWMA Fase Dua dengan  $\lambda = 0,4$

Pengendalian rata-rata proses pada fase dua menggunakan diagram kendali MEWMA yang disajikan pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa proses tidak terkendali secara statistik karena terdapat 2 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali dan 2 pengamatan yang berada di dalam batas kendali namun sangat mendekati batas kendali atas. Hasil pada fase dua sama tidak baiknya dengan hasil pada fase satu, hal ini disebabkan karena tidak adanya perbaikan proses yang dilakukan oleh perusahaan sehingga terdapat kemungkinan terjadi kesalahan yang lebih banyak pada fase dua.

#### 4.6 Identifikasi Penyebab Proses Tidak Terkendali

Nilai pembobot yang dianggap paling optimum untuk mendeteksi dengan lebih cepat data *out of control* pada diagram kendali MEWMA yaitu sebesar 0,4. Hasilnya menunjukkan bahwa proses masih dalam kondisi tidak terkendali baik pada fase

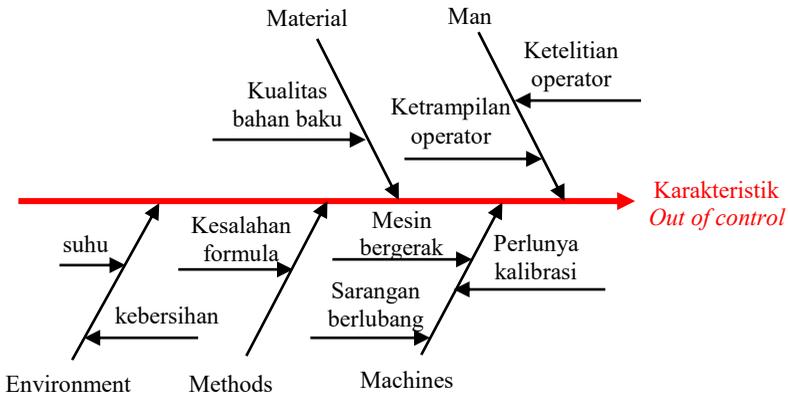
satu maupun fase dua karena terdapat 1 pengamatan yang berada di luar batas kendali untuk fase satu dan 4 pengamatan yang berada di luar batas kendali untuk fase dua. Penyebab dari adanya karakteristik kualitas yang berada di luar batas kendali ditunjukkan pada Gambar 4.17.

Berdasarkan *brainstorming* yang telah dilakukan dengan pihak produksi, kesalahan terbesar selama proses produksi terletak pada faktor mesin. Adanya sarangan berlubang yang sangat sering terjadi mengakibatkan ukuran partikel tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan sehingga mempengaruhi kandungan calcium dan protein dari pakan ternak. Begitu juga dengan adanya mesin yang bergerak pada saat proses *grinding* yang mengakibatkan hasil pengukuran tidak akurat. Oleh karena itu perawatan mesin sangat diperlukan agar dapat memproduksi secara maksimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan target yang telah ditentukan perusahaan.

Mesin dapat bekerja berkat adanya operator yang mengoperasikan. Ketrampilan dan ketelitian seorang operator sangat dibutuhkan untuk menunjang kebaikan kinerja mesin. Operator yang sering mengabaikan *over* atau *under weight* merupakan salah satu penyebab dari adanya kualitas yang tidak terkendali. Hal tersebut menunjukkan bahwa operator tidak teliti dalam melakukan penimbangan dari masing-masing bahan baku sehingga hasil akhir tidak optimal. Selain kedua elemen tersebut, ada faktor lingkungan yang juga berpengaruh terhadap kualitas pakan ternak diantaranya suhu dan kebersihan. Kebersihan erat kaitannya dengan terjadinya kontaminasi. Adanya kontaminasi produk satu dengan yang lainnya mengakibatkan produk tidak dapat di-*release* karena kandungan dari pakan ternak yang dihasilkan akan berbeda.

Kesalahan pemasukan formula merupakan faktor dari elemen *methode*. Kesalahan pemasukan formula akan berdampak pada kandungan pakan ternak karena campuran dari bahan baku tidak sesuai dengan takaran yang seharusnya. Kualitas bahan baku yang merupakan elemen dari *material* dan biasanya mengandung

logam, aluminium atau material lainnya akan menyebabkan pakan ternak terkontaminasi dengan bahan yang tak seharusnya dan berakibat pada kandungan pakan ternak. Dengan demikian, ketika kandungan pakan ternak tidak terpenuhi akibat adanya faktor-faktor tersebut, maka pakan ternak tidak dapat di-*release*.



**Gambar 4.17** Diagram Ishikawa Proses Produksi Pakan Ternak

Setelah dilakukan penelusuran penyebab adanya karakteristik kualitas yang *out of control*, perusahaan perlu melakukan perbaikan agar proses yang berjalan menjadi lebih baik sehingga kualitas pakan ternak mendekati nilai target yang diharapkan dengan variansi yang kecil dan dapat dikendalikan. Perbaikan yang perlu dilakukan adalah pembersihan bin, *elevator* dan atau *conveyor* untuk meminimalisir adanya kontaminasi dengan pakan ternak tipe lain, pemeriksaan bahan baku yang lebih ketat agar tidak mengandung aluminium atau logam lainnya yang akan menyebabkan sarangan sering berlubang, mengadakan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan ketrampilannya dalam mengoperasikan mesin dan mengurangi adanya kesalahan yang sering diabaikan, melakukan kalibrasi untuk menjaga keakuratan kinerja mesin.

#### 4.7 Kapabilitas Proses Kandungan Calcium dan Protein

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui kinerja proses secara keseluruhan yang diukur dari keseragaman produk yang dihasilkan. Suatu proses dikatakan kapabel ketika produk yang dihasilkan berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses dalam penelitian ini adalah  $P_p$  dan  $P_{pk}$ . Hal ini dikarenakan proses dalam kondisi tidak terkendali secara statistik. Ketika masing-masing nilai tersebut lebih besar dari satu maka dapat dikatakan bahwa proses kapabel.

Perhitungan kapabilitas dilakukan secara univariat dan multivariat. Secara univariat berarti pengukuran kapabilitas proses untuk masing-masing kandungan calcium dan protein. Sesuai dengan persamaan (2.18) dan (2.19) didapatkan hasil perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat.

**Tabel 4.4** Kapabilitas Proses Secara Univariat

Fase	Variabel	$P_p$	$P_{pk}$
Satu	Kandungan calcium	0,74	0,73
	Kandungan protein	0,85	0,73
Dua	Kandungan calcium	0,73	0,61
	Kandungan protein	1,09	0,65

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses secara univariat untuk fase satu dengan karakteristik kualitas kandungan calcium, didapatkan nilai  $P_p$  sebesar 0,74 sedangkan fase dua diperoleh nilai  $P_p$  sebesar 0,73. Nilai pada fase satu dan dua ini sama-sama lebih kecil dari satu sehingga dapat disimpulkan bahwa proses tidak memiliki presisi yang baik. Jika dilihat dari nilai  $P_{pk}$  fase satu yaitu sebesar 0,73, nilai ini lebih kecil dari satu yang menunjukkan kinerja proses tidak baik. Pada fase dua nilai  $P_{pk}$  untuk kandungan calcium sebesar 0,61. Sama halnya dengan fase satu, kinerja proses untuk fase dua khususnya kandungan calcium tidak baik. Hal ini berarti tingkat presisi dan akurasi proses belum baik dan variasi proses belum berada di dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan.

Nilai  $P_p$  pada fase satu untuk kandungan protein sebesar 0,85, karena nilai  $P_p$  lebih kecil dari satu maka dapat disimpulkan bahwa kinerja proses tidak memiliki presisi yang baik. Sebaliknya, pada fase dua, kinerja proses terhadap kandungan protein dapat dikatakan memiliki presisi yang baik karena nilai  $P_p$  yang dihasilkan sebesar 1,09, dimana nilai ini lebih besar dari satu. Namun, kinerja proses akan lebih baik jika dilihat berdasarkan nilai  $P_{pk}$  yang mempertimbangkan tingkat presisi dan akurasi. Nilai  $P_{pk}$  untuk kandungan protein pada fase satu sebesar 0,73, sedangkan pada fase dua dihasilkan nilai  $P_{pk}$  sebesar 0,65. Jika melihat masing-masing nilai  $P_{pk}$  pada fase satu dan dua yang lebih kecil dari satu maka dapat disimpulkan bahwa kinerja proses kandungan protein memiliki tingkat akurasi dan presisi dan variasi belum berada dalam batas spesifikasi yang ditentukan.

Perhitungan  $P_p$  dan  $P_{pk}$  dilanjutkan secara multivariat, dimana kapabilitas dihitung bersama-sama untuk kandungan calcium dan protein. Perhitungan secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (2.20) untuk  $P_p$  dan persamaan (2.21) untuk  $P_{pk}$  dengan hasil sebagai berikut.

- Fase Satu

$$MP_p = (0,5 \times 0,74) + (0,5 \times 0,85) = 0,795$$

$$MP_{pk} = (0,5 \times 0,73) + (0,5 \times 0,73) = 0,73$$

- Fase Dua

$$MP_p = (0,5 \times 0,73) + (0,5 \times 1,09) = 0,91$$

$$MP_{pk} = (0,5 \times 0,61) + (0,5 \times 0,65) = 0,63$$

Berdasarkan hasil analisis secara multivariat didapatkan nilai  $MP_p$  untuk fase satu dan dua berturut-turut sebesar 0,795 dan 0,91, dimana nilai ini lebih kecil dari satu yang menandakan bahwa secara multivariat kinerja proses tidak memiliki presisi yang baik pada kedua variabel tersebut, sedangkan jika dilihat dari nilai  $MP_{pk}$  berturut-turut sebesar 0,73 dan 0,63, nilai ini juga lebih kecil dari satu bahkan lebih kecil dari  $MP_p$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kinerja proses secara

multivariat memiliki tingkat presisi dan akurasi proses tidak baik dan variasi proses tidak berada dalam batas yang ditentukan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

**Lampiran A.** Data Kualitas Pakan Ternak Tipe G 11 S *Crumble*

<b>Observasi ke-</b>	<b>Protein</b>	<b>Ca</b>
1	20,62	0,812
2	20,81	0,758
3	20,41	0,798
4	20,37	0,749
5	20,06	0,739
6	20,98	0,723
7	20,45	0,797
8	20,83	0,812
9	20,64	0,760
10	20,24	0,747
11	20,27	0,808
12	20,67	0,821
13	20,06	0,750
14	20,47	0,850
15	20,44	0,728
16	20,33	0,738
17	20,74	0,770
18	20,58	0,720
19	20,63	0,710
20	20,84	0,828
21	20,34	0,809
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
109	20,8	0,837
110	21,06	0,772
111	21,28	0,85

## Lampiran B. Pemeriksaan Asumsi Normal Multivariat

### Lampiran B1. Program Macro Minitab Pemeriksaan Normal Multivariat

```

macro
qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt y.1-y.p
mmatrix s sinv ma mb mc md kore
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
  let y.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
  copy y.1-y.p ma;
  use i.
  transpose ma mb
  multiply ma sinv mc
  multiply mc mb md
  copy md tt
  let t=tt(1)
  let d(i)=t
enddo
set pi
  1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n
print t
endmacro

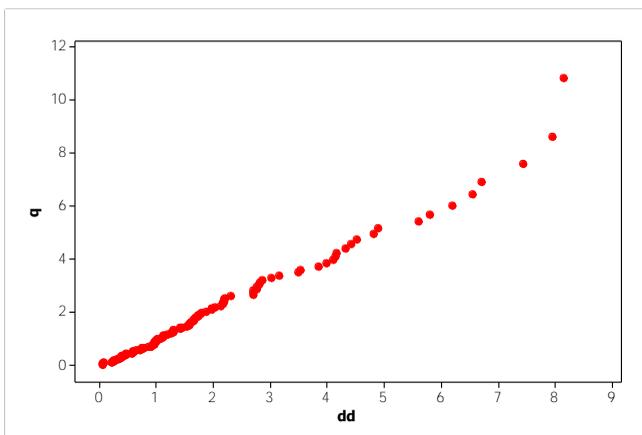
```

Lampiran B2. *Output* Pemeriksaan Normal Multivariat

```
MTB > %E:\validasi\multnorm.txt c1 c2  
Executing from file: E:\validasi\multnorm.txt
```

**Data Display**

```
t      0,486486
```



## Lampiran C. Pengujian Hubungan Variabel

**Correlations: protein; ca**

```
Pearson correlation of protein and ca = 0,177  
P-Value = 0,063
```

**Lampiran D. Tabel Nilai L**

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

### Lampiran E. Program Diagram Kendali MEWMV

```

omega=0.1;
lamda=0.1;
p=2;
L=2.8725;
A=X*X';
[brsA,klmA]=size(A);
t=brsA;
% mendapatkan matriks It
I=eye(t);
% mendapatkan matrik M, berdimensi txt
% nilai lamda sebagai elemennya
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
for u=1:brsA
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    %mendapatkan matriks diagonal C berdimensi txt

```

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

```

%dengan nilai omega sebagai elemennya
elemenC=[];
for i=1:u
    if i>1
        elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
    else
        elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
    end
end
C=diag(elemenC);
%mendapatkan nilai Q berdimensi txt
Q=(Ipartu-Mpartu)'*C*(Ipartu-Mpartu);
% mendapatkan tr(Vt)
trv(u)=trace(Q*Apartu);
%mendapatkan E(tr(Vt))
ekpektasi(u)=p*trace(Q);
%mendapatkan Var(tr(Vt))
Q2=Q.^2;
sumQ2=sum(sum(Q2));
var(u)=2*p*sumQ2;
%BKA dan BKB
ba=ekpektasi+(L*sqrt(var));
bb=ekpektasi-(L*sqrt(var));
end
%plot diagram kontrol MEWMV
trvpartial=trv(:,1:t);
ekspekparial=ekpektasi(:,1:t);
varpartial=var(:,1:t);
bapartial=ba(:,1:t);
bbpartial=bb(:,1:t);

```

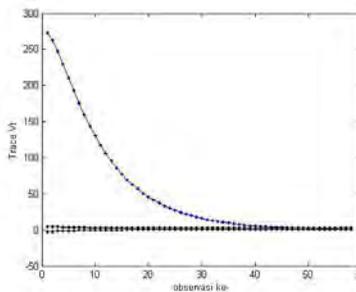
### Lampiran E. Program Diagram Kendali MEWMV (Lanjutan)

```

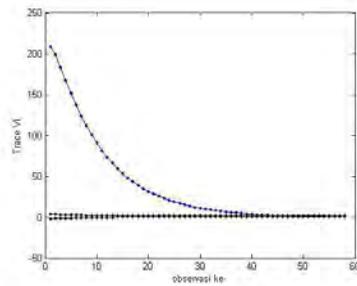
keluar=0;
d=0;
for i=1:t-1
    if trvpartial(i)<bbpartial(i)
        keluar=keluar+1
        d=d+1
        yangkeluar(d)=i;
    end
    if trvpartial(i)>bapartial(i)
        keluar=keluar+1
        d=d+1;
        yangkeluar(d)=i;
    end
end
x=1:t;
plot(x, trvpartial, 'b.-', x, bapartial, 'k.-', x, bbpartial, 'k.-');
xlabel('observasi ke-');
ylabel('Trace Vt');
save('E:\hasilmewmvgab\hasil1.xls', 'trvpartial',
    'bapartial', 'bbpartial', 'keluar', '-ASCII')

```

### Lampiran F. Diagram Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot

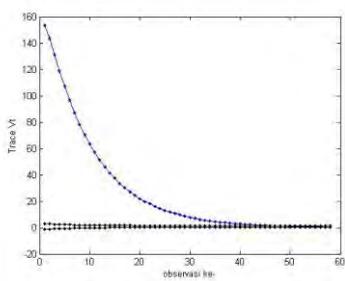


$\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,2$

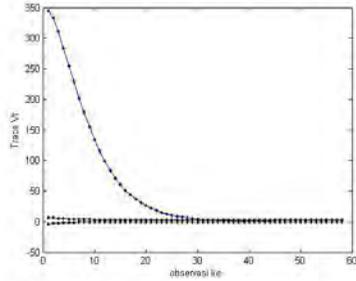


$\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,3$

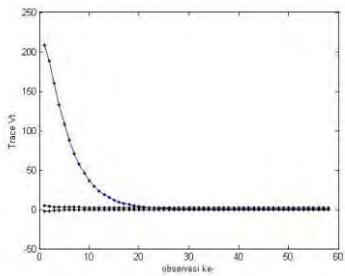
## Lampiran F. Diagram Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot (Lanjutan)



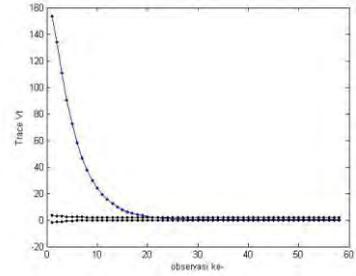
$\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,4$



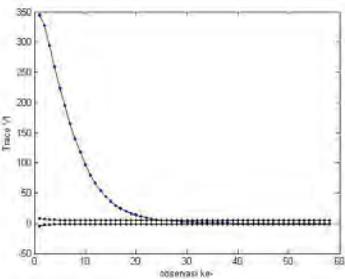
$\omega = 0,2$  dan  $\lambda = 0,1$



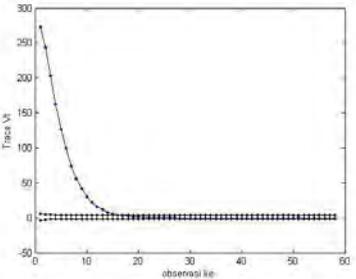
$\omega = 0,2$  dan  $\lambda = 0,3$



$\omega = 0,2$  dan  $\lambda = 0,4$

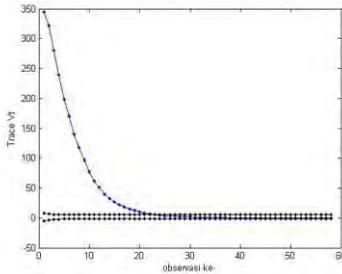


$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,1$

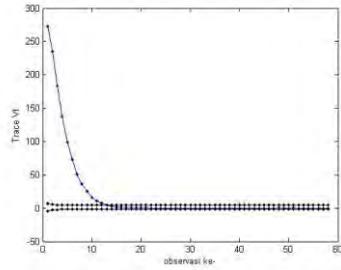


$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,2$

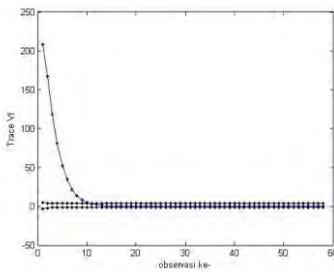
## Lampiran F. Diagram Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot (Lanjutan)



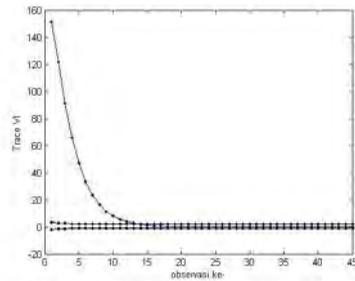
$\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,1$



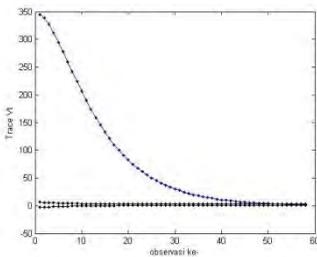
$\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,2$



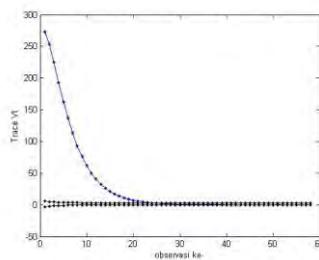
$\omega = 0,4$  dan  $\lambda = 0,3$



$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$  (revisi)

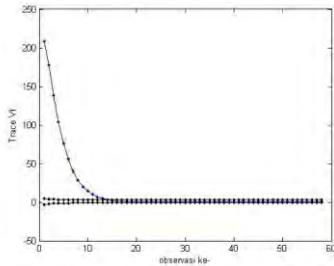


$\omega = 0,1$  dan  $\lambda = 0,1$

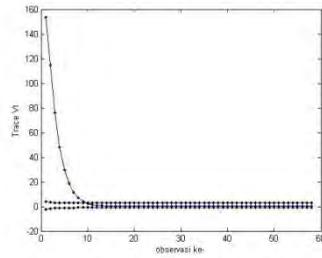


$\omega = 0,2$  dan  $\lambda = 0,2$

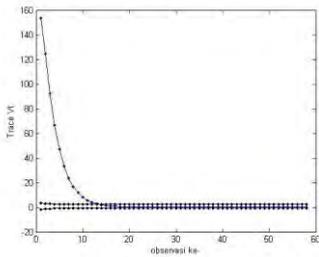
## Lampiran F. Diagram Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot (Lanjutan)



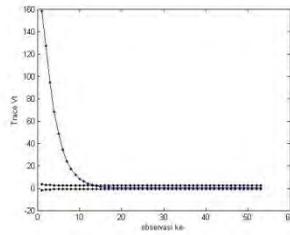
$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,3$



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

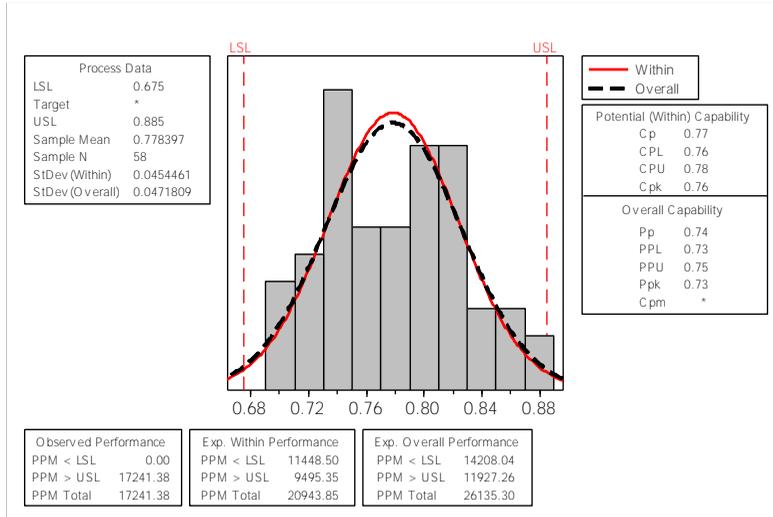


$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$

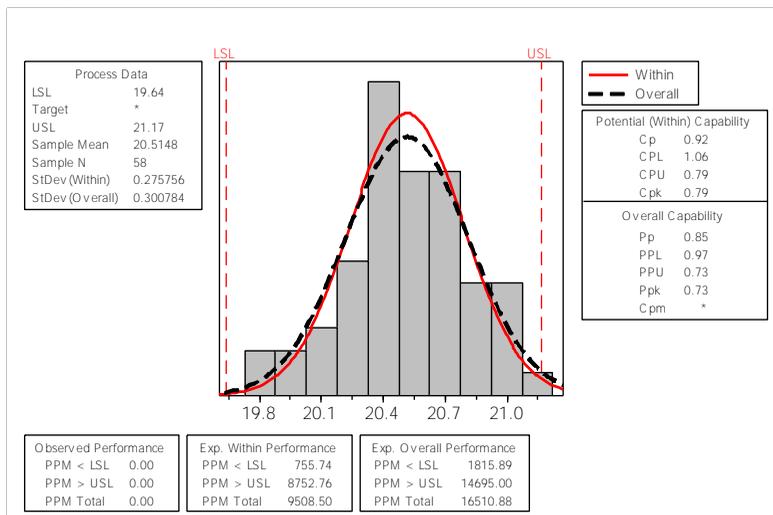


$\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$  (fase dua)

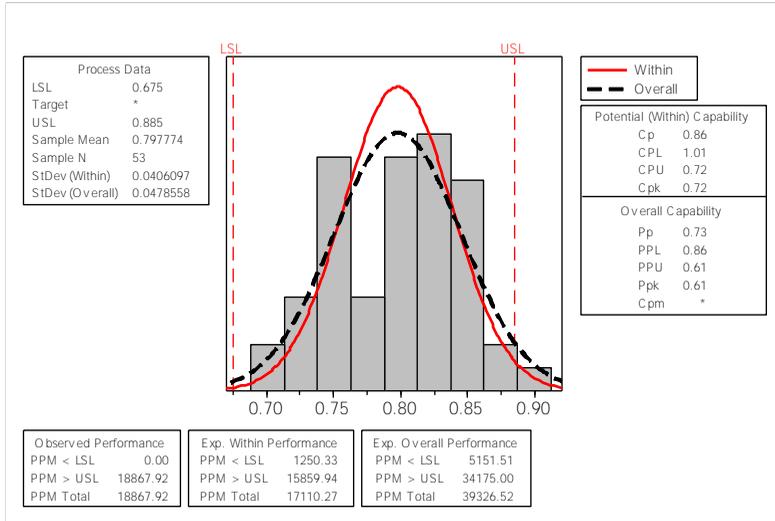
## Lampiran G. Kapabilitas Proses Kandungan Kalsium Fase Satu



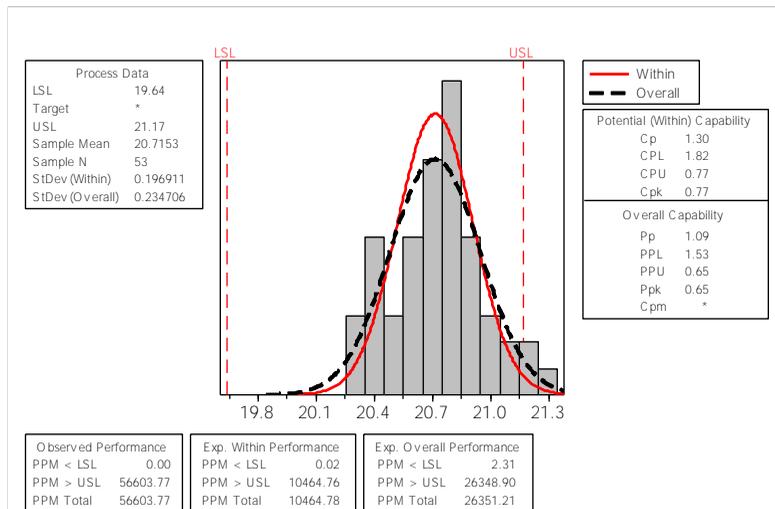
## Lampiran H. Kapabilitas Proses Kandungan Protein Fase Satu



### Lampiran I. Kapabilitas Proses Kandungan Kalsium Fase Dua



### Lampiran J. Kapabilitas Proses Kandungan Protein Fase Dua



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



**PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk.**  
 Jl. Raya Tebel Km 3,8, Gedangan Sidoarjo 61254, Indonesia  
 Tel : (62-31) 89 13612 (Hunting - 5 Line) Fax : 89 18438 Website : www.japfacomfeed.co.id

No. 380/PGA/S/XI/2015 Sidoarjo, 02 Nopember 2015

Kepada

Up : Yth, Kepala Program Studi  
Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
 Ditempat

**Perihal : Surat Balasan Penelitian Mahasiswa**

Dengan Hormat,

Membalas proposal mahasiswa tanggal 20 Oktober 2015 perihal permohonan mahasiswa penelitian atas nama :

No	Nama	Nim/Kelas	Jurusan
1	Devi Novitasari	1312100005	Statistika FMIPA

Dengan ini diberitahukan bahwa kami mengijinkan Mahasiswa untuk melakukan kegiatan tersebut pada :

Tanggal : 03 Nopember 2015 s/d 10 Januari 2016  
 Tempat : PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk. - Unit Gedangan  
 JL. Raya Tebel Km. 3,8 Gedangan - Sidoarjo

Pembimbing : 1. Bp. Verdiokta ST., M.M - Deputy Ka.Dept. Plant

Demikian pembertitahuan kami, atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Hormat Kami,



**JAPFA**  
 PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk.

Sugeng Wahyudi  
 Ka. Dep. P&GA

**Lampiran L. Surat Keterangan Publikasi oleh PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan**

**SURAT KETERANGAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMIPA-ITS dengan identitas berikut :
  - Nama : Devi Novitasari
  - NRP : 1312100005

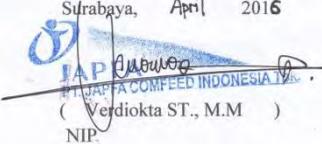
Telah mengambil data di instansi kami :

- Nama Instansi : PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk  
Unit Gedangan
- Divisi/bagian : Quality Control

sejak tanggal 3 November 2015 sampai dengan 10 Januari 2016 untuk keperluan Tugas Akhir Semester Gasal/Genap\* 2015/2016.

2. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~\* nama instansi dicantumkan dalam Tugas Akhir mahasiswa Statistika yang akan disimpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~\* bahwa hasil analisis data dari instansi dipublikasikan dalam *E Journal ITS* yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Surabaya, April 2016

  
~~PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk.~~  
 ( Verdiokta ST., M.M )  
 NIP.

\* (coret yang tidak perlu)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa baik pada fase satu maupun fase dua, variabilitas proses produksi terkendali secara statistik sedangkan rata-rata proses produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* tidak terkendali secara statistik. Hal ini dikarenakan pada diagram kendali MEWMA masih terdapat titik yang *out of control*. Pembobot optimum untuk diagram MEWMV adalah  $\omega = 0,3$  dan  $\lambda = 0,4$ , sedangkan MEWMA dengan  $\lambda = 0,4$ . Hasil perhitungan kapabilitas proses menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses pada fase satu maupun fase dua terhadap kandungan kalsium dan protein tidak kapabel karena nilai masing-masing indeks kinerja proses baik  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$  kurang dari satu. Nilai  $MP_p$  dan  $MP_{pk}$  untuk fase satu sebesar 0,795 dan 0,73 sedangkan untuk fase dua berturut-turut sebesar 0,91 dan 0,63.

#### 5.2 Saran

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

1. Pada penelitian selanjutnya pembagian fase sebaiknya didasarkan pada perbaikan yang sudah dilakukan oleh perusahaan.
2. Pengujian kandungan kalsium dan protein sebaiknya dilakukan dengan menggunakan sampel yang sama (secara bersama-sama) agar tidak terjadi perbedaan hasil secara empiris dan konsep mengenai ada tidaknya hubungan dari kedua karakteristik kualitas tersebut.
3. Penerapan diagram kendali MEWMV dan MEWMA diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk pengendalian proses produksi secara statistik selain hanya memperhatikan produk yang memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2014). Konsumsi Rata-rata per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 207-2014. Dipetik pada 11 Oktober 2015 dari website : <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/950>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Operations Management* (ed.9). (Terj. C. Sungkono) Jakarta : Salemba Empat.
- Huwang, L., Arthur, & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 39. pp .258-278.
- Jhonson, W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. USA : Prentice Hall.
- Ketaren, P. (2010). Kebutuhan Gizi Ternak Unggas di Indonesia. *WARTAZOA*, 20. pp. 172-180.
- Kussuma, M. Fendy. (2014). Analisis Kualitas Produk Pakan Ternak Dengan Metode Six Sigma Di PT. Charoen Pokphand Indonesia (Tbk). *Jurnal Online Universitas Negeri Surabaya*.
- Lowry, C.A et al. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometrics*, 34. pp. 46-53.
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control* (ed.6). United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Newsletter, I. C. (2008). Market Intelligence Report On Perkembangan Industri Pakan Ternak di Indonesia Mei 2008. Dipetik pada 23 Oktober 2015 dari website : <http://www.datacon.co.id/MakananTernak2008.html>
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 5, No. 9, 27-36.

- Walpole, R. E. 1995. *Introduction to Statistics (3rd Ed.)*. US : Prentice Hall PTR.
- 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.
- Widodo, Wahyu. (2006). *Pengantar Ilmu Nutrisi Ternak*. Fakultas Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang (UMM).



perlombaan analisis data adalah menjalani program *internship* di Pertamina Marketing Operation Region (MOR) V serta menjadi asisten dosen pada mata kuliah Pengantar Metode Statistika dan Komputasi 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 [devinovitasari32@gmail.com](mailto:devinovitasari32@gmail.com).