



TUGAS AKHIR -SS141501

**PENGONTROLAN PROSES PRODUKSI *SPRITE* 425 ML
DI PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL EWMV DAN
*MODIFIED EWMA***

YUSUF BAHARUDIN
NRP 1311 100 010

Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT

Program Studi S-1 Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT- SS141501

**CONTROLLING PROCESS PRODUCTION OF SPRITE
425ML IN PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
USING EWMV AND MODIFIED EWMA CONTROL
CHART**

YUSUF BAHARUDIN
NRP 1311 100 010

Supervisor
Dra. Lucia Aridinanti, MT

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGONTROLAN PROSES PRODUKSI *SPRITE*
425ML DI PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL EWMV
DAN *MODIFIED EWMA***

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 :

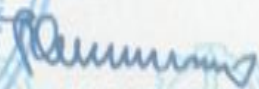
**YUSUF BAHARUDIN
NRP. 1311 100 010**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dra. Lucia Aridinanti, MT
NIP. 19610131 198701 2 001**

()

**Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**


**Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001**

SURABAYA, JULI 2015

**PENGONTROLAN PROSES PRODUKSI SPRITE 425ML DI
PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL EWMV DAN
MODIFIED EWMA**

Nama : Yusuf Baharudin
NRP : 1311100010
Jurusan : Statistika FMIPA – ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, MT

ABSTRAK

Kualitas dalam dunia industri merupakan hal yang sangat penting sebab kualitas dapat menentukan kepuasan konsumen dan dapat menunjukkan keistimewaan suatu produk. Pengendalian kualitas di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dilakukan pada beberapa tahapan proses untuk menjaga kualitas produk dan kepercayaan konsumen. Selama ini pengendalian proses produksi yang dilakukan oleh PT. Coca-cola Bottling Indonesia menggunakan diagram kontrol I – MR pada variabel kualitas gas volume dan brix (derajat kemanisan). Pada kedua variabel kualitas tersebut sering terjadi pergeseran proses yang kecil baik dalam hal mean proses maupun variabilitas proses sehingga diagram kontrol I – MR kurang cocok jika digunakan dalam pengontrolan proses produksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka pada penelitian ini menggunakan diagram kontrol Modified EWMA dan EWMV dengan karakteristik kualitas yang diamati adalah gas volume dan brix (derajat kemanisan) karena kedua variabel ini merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap kualitas produk. Terjadi pergeseran proses untuk variabel gas volume dari periode 1 ke periode 2 sebesar $-1,5\sigma$ sedangkan untuk variabel brix tidak terjadi pergeseran proses. Didapatkan hasil bahwa mean proses masih belum terkontrol sedangkan variabilitas proses sudah terkontrol. Diagram kontrol Modified EWMA lebih sensitif daripada diagram kontrol EWMA. Nilai indeks kapabilitas proses pada periode 1 lebih kecil daripada periode 2.

Kata Kunci : brix, diagram kontrol EWMV, diagram kontrol Modified EWMA, gas volume, indeks kapabilitas

Halaman ini sengaja dikosongkan.

**CONTROLLING PROCESS PRODUCTION OF SPRITE
425ML IN PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
USING EWMV AND MODIFIED EWMA
CONTROL CHART**

Name : Yusuf Baharudin
NRP : 1311100010
Department : Statistics FMIPA – ITS
Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, MT

ABSTRACT

In industry, quality is very important because it can determine customer satisfaction and distinguish product from other products. Quality control in PT. Coca Cola Bottling Indonesia has many stages. All this time, process of quality control in PT. Coca Cola Bottling Indonesia only use $I - MR$ control chart to control gas volume and brix (degree of sweetness). In both variables, there are many small shifts happen within process in mean and variance process. It means that the control chart is not appropriate to control the processes of production. Therefore, in this research will use modified EWMA and EWMV control chart to solve the problem of process production. The quality characteristics that used in this research are gas volume and brix (degree of sweetness) because both quality characteristics are the main variables that affect to product quality. The result of analysis shows that there is small shift happened in gas volume on first and second period for $-1,5\sigma$ while in brix, there is no shift in the process. It also known that mean process is not controlled at all but for variance process has been controlled. Modified EWMA control chart is more sensitive than EWMA control chart. Index for process capability on first period is smaller than on second period.

Keywords : *brix, capability index, EWMV control chart, gas volume, Modified EWMA control chart*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

**PENGONTROLAN PROSES PRODUKSI *SPRITE* 425 ML
DI PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL EWMV DAN
*MODIFIED EWMA***

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan pada penulis. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Ayah Salam Hariyanto dan Ibu Sutiya atas segala doa, pengorbanan, dan motivasi, yang telah diberikan selama ini.
2. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku dosen pembimbing yang selalu sabar membimbing dari awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini dan selalu memberi masukan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT dan Bapak Drs. Haryono, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberi saran sehingga menjadikan tugas akhir ini lebih baik.
4. Dr. Muhammad Mashuri, MT. Selaku Ketua Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT. selaku Kaprodi S1 Jurusan Statistika ITS yang juga telah memberikan fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Bapak Drs. Haryono, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahan akademik selama perkuliahan.
7. Bapak Fariz Mazaya selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan pengarahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Teman-teman “5 Sekawan” : Lely, Giriesa, Aul, dan Nunun yang selalu ada dalam susah dan duka selama perkuliahan.
9. Teman-teman “CT” : Due, Windy, Alfani, Diah, dan Adika yang selalu berbuat gaduh dan menjadi penghibur di kala sedih, penat, serta banyak masalah.

10. Teman seperjuangan Lab. Industri dan Pejuang 112 yang telah membantu dan memberikan motivasi agar segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman terdekat : Cicik, Lia, Indry, Ani, Ecy, Fika, Wiwik, Wahendra, Dhila, dll yang telah memberikan semangat.
12. Seluruh keluarga Σ22 atas kebersamaan dan kehangatannya.
13. Seluruh *civitas* akademika Jurusan Statistika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
14. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis menerima apabila ada saran dan kritik yang sifatnya membangun guna perbaikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Uji Korelasi.....	5
2.2 Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA.....	5
2.3 Diagram Kontrol EWMV.....	8
2.4 Pergeseran Proses Produksi.....	9
2.5 Diagram Sebab Akibat.....	10
2.6 Analisis Kapabilitas Proses.....	11
2.7 Proses Produksi.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Teknik Pengambilan Data.....	15
3.2 Variabel Penelitian.....	15
3.3 Langkah Analisis.....	16
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas Produk.....	19
4.2 Pergeseran Proses Produksi.....	20

4.3 Uji Korelasi Antar Variabel.....	21
4.4 Diagram Kontrol EWMV	21
4.5 Diagram Kontrol EWMA dan <i>Modified</i> EWMA	25
4.6 Diagram Sebab Akibat.....	39
4.7 Analisis Kapabilitas Proses.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47
BIODATA PENULIS.....	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Periode Pengamatan	15
Tabel 3.2 Struktur Data Pengamatan.....	16
Tabel 4.1 Karakteristik Variabel Gas Volume	19
Tabel 4.2 Karakteristik Variabel Brix	20
Tabel 4.3 Hasil Uji t 2 Sampel	20
Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Variabel Gas Volume dan <i>Brix</i>	21
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel Gas Volume Periode 1.....	26
Tabel 4.6 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1.....	26
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel Gas Volume Periode 2.....	27
Tabel 4.8 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2.....	27
Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Antara Diagram Kontrol EWMA dan <i>Modified</i> EWMA	39
Tabel 4.10 Nilai Indeks Kapabilitas	41

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat	10
Gambar 2.2 Aliran Proses Produksi <i>Sprite</i> 425ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Analisis	18
Gambar 4.1 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel Gas Volume Periode 1	22
Gambar 4.2 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	23
Gambar 4.3 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel Gas Volume Periode 2	24
Gambar 4.4 Diagram Kontrol EWMV Variabel untuk <i>Brix</i> Periode 2	25
Gambar 4.5a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 1	28
Gambar 4.5b Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 1	29
Gambar 4.5c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 1	29
Gambar 4.5d Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 1	30
Gambar 4.6a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	31
Gambar 4.6b Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	31
Gambar 4.6c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	32
Gambar 4.6d Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA yang Baru untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	33
Gambar 4.7a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 2	33
Gambar 4.7b Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 2	34

Gambar 4.7c	Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 2.....	35
Gambar 4.7d	Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 2.....	36
Gambar 4.8a	Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2.....	36
Gambar 4.8b	Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2.....	37
Gambar 4.8c	Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2.....	38
Gambar 4.8d	Diagram Kontrol <i>Modified</i> EWMA yang Baru untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2.....	38
Gambar 4.9	Diagram Sebab Akibat Gas Volume Tidak Terkontrol ..	40
Gambar 4.10	Diagram Sebab Akibat <i>Brix</i> Tidak Terkontrol	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 1	47
Lampiran 2a Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1	47
Lampiran 2b Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 1 (lanjutan)	48
Lampiran 3a Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 2	48
Lampiran 3b Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 2 (lanjutan)	49
Lampiran 4a Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2	50
Lampiran 4b Titik Pengamatan EWMA dan <i>Modified</i> EWMA untuk Variabel <i>Brix</i> Periode 2 (lanjutan)	51
Lampiran 5 Titik Pengamatan EWMV Periode 1	51
Lampiran 6a Titik Pengamatan EWMV Periode 2	52
Lampiran 6b Titik Pengamatan EWMV Periode 2 (lanjutan)	53

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas dalam dunia industri merupakan hal yang sangat penting sebab kualitas dapat menentukan kepuasan konsumen dan dapat menunjukkan keistimewaan suatu produk. Dalam hal persaingan industri, suatu perusahaan harus mampu bersaing dengan perusahaan yang lain dengan cara mengembangkan produk serta meningkatkan kemampuan produksinya. Selain itu, perusahaan harus melakukan pengontrolan produk untuk menghasilkan produk yang berkualitas melalui pengendalian kualitas secara statistik. Pengendalian kualitas merupakan suatu kegiatan membandingkan kualitas produk yang dihasilkan dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk kemudian diambil sebuah tindakan apabila terdapat ketidaksesuaian antara kualitas produk dengan standar atau spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan (Montgomery, 2009). Pengendalian kualitas tidak dapat dilepaskan dari pengendalian produksi karena pengendalian kualitas merupakan bagian dari pengendalian produksi. Pengendalian produksi baik secara kualitas maupun kuantitas merupakan kegiatan yang sangat penting dalam suatu perusahaan. Hal ini disebabkan karena semua kegiatan produksi yang dilaksanakan akan dikendalikan supaya barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, dimana penyimpangan-penyimpangan yang terjadi diusahakan serendah-rendahnya.

Diagram kontrol merupakan salah satu alat yang digunakan dalam proses pengendalian kualitas produk. Diagram kontrol yang efektif adalah diagram kontrol yang dapat mendeteksi pergeseran yang kecil dari proses produksi. Diagram kontrol yang umum digunakan adalah diagram kontrol *Shewhart*. Asumsi dasar diagram kontrol *Shewhart* adalah karakteristik kualitas berdistribusi normal. Faktanya banyak proses produksi yang tidak mengikuti distribusi normal. Salah satu diagram kontrol yang mampu mendeteksi adanya pergeseran proses yang kecil adalah diagram

kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Menurut Ferdinand (2013) penggunaan diagram kontrol EWMA dapat mengatasi kelemahan dari diagram kontrol *Shewhart* untuk mengidentifikasi adanya pergeseran yang kecil pada proses. Patel dan Divecha (2011) memperkenalkan diagram kontrol *Modified EWMA* yang merupakan pengembangan dari diagram kontrol EWMA, dimana diagram kontrol ini sangat sensitif untuk mendeteksi pergeseran dan menangkap sinyal perubahan secara tiba-tiba dalam *mean* proses. Sementara itu, pengontrolan variabilitas produk bisa menggunakan diagram kontrol *Exponentially Weighted Moving Variance* (EWMV). Samuel dan Olatunbosun (2014) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa diagram kontrol EWMA dan EWMV sangat sensitif untuk mendeteksi pergeseran proses yang kecil dalam hal *mean* dan variabilitas proses.

PT. Coca-cola Bottling Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi beragam jenis minuman berkarbonasi yang menjangkau segala macam lapisan konsumen baik kalangan atas, menengah, maupun bawah. Pengendalian kualitas di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dilakukan pada beberapa tahapan proses untuk menjaga kualitas produk dan kepercayaan konsumen. Pada penelitian ini akan diteliti di bagian *finish beverage* yaitu setelah proses *date code* dan sebelum proses *warmer*. Karakteristik kualitas yang diamati adalah gas volume dan *brix* (derajat kemanisan) karena kedua variabel ini merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap kualitas produk.

Penelitian Hapsari (2009) tentang pengontrolan proses produksi coca-cola 1,5L dari karakteristik kualitas gas volume dan *brix* didapatkan hasil bahwa terkontrol dalam variabilitas proses tetapi tidak terkontrol dalam mean proses dengan diagram kontrol MEWMA sensitif dan sesuai pada nilai pembobot (λ)=0,2. Penelitian tentang variabel gas volume dan *brix* juga dilakukan oleh Zahrati (2014) didapatkan hasil bahwa data tidak berdistribusi normal dan proses produksi pada bulan Agustus dan

September 2013 masih belum terkendali secara statistik dengan menggunakan diagram kontrol $I - MR$.

Oleh karena itu, pada penelitian ini peneliti akan menganalisis data variabel kualitasnya dengan menggunakan diagram kontrol EWMA dan *Modified* EWMA untuk memantau proses dalam hal *mean* (rata-rata) serta diagram kontrol EWMV untuk memantau proses dalam hal variabilitas. Diharapkan diagram kontrol ini lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses dan sesuai dengan permasalahan yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Selama ini pengendalian proses produksi yang dilakukan oleh PT. Coca-cola Bottling Indonesia adalah dengan menggunakan diagram kontrol $I - MR$ pada variabel kualitas gas volume dan *brix* (derajat kemanisan). Pada kedua variabel kualitas tersebut sering terjadi pergeseran proses yang kecil baik dalam hal *mean* proses maupun variabilitas proses sehingga diagram kontrol $I - MR$ kurang cocok jika digunakan dalam pengontrolan proses produksi. Diagram kontrol yang sesuai untuk mengontrol hasil proses produksi tersebut adalah diagram kontrol EWMV dan EWMA dimana diagram kontrol ini mampu mendeteksi adanya pergeseran proses yang kecil. Adapun rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik kualitas produk *Sprite* 425ml?
2. Apakah terjadi pergeseran *mean* proses dari periode 1 ke periode 2?
3. Bagaimana hasil pengontrolan variabilitas proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dengan menggunakan diagram kontrol EWMV?
4. Bagaimana hasil pengontrolan *mean* proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dengan menggunakan diagram kontrol EWMA dan *Modified* EWMA?
5. Bagaimana kapabilitas proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik kualitas produk *Sprite* 425ml.
2. Menganalisis terjadinya pergeseran *mean* proses dari periode 1 ke periode 2.
3. Menganalisis variabilitas proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dengan menggunakan diagram kontrol EWMV.
4. Menganalisis *mean* proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia dengan menggunakan diagram kontrol *Modified* EWMA dan EWMV.
5. Menganalisis kapabilitas proses produksi *Sprite* 425 ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah hasil penelitian dapat menjadi informasi bagi PT. Coca-cola Bottling Indonesia, khususnya departemen *Quality Control* agar dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas produknya serta menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan pengontrolan proses produksi selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu data yang digunakan tidak berdistribusi normal sehingga agar dapat dilakukan analisis lebih lanjut maka data diasumsikan berdistribusi normal.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Independensi

Pengujian independensi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antar variabel, dalam penelitian ini yaitu antara variabel gas volume dan *brix*. Uji yang digunakan adalah *Pearson Correlation* karena datanya berskala rasio. Tanda pada nilai korelasi menunjukkan arah dari hubungan antara dua variabel, bisa berkorelasi positif maupun negatif, dengan perumusan hipotesis sebagai berikut (Rodgers & Nicewander, 1998).

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada korelasi antar variabel)

Statistik uji :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{1i} - \bar{X}_1)(X_{2i} - \bar{X}_2)}{(n-1)s_1s_2} \quad (2.1)$$

dimana,

n = jumlah pengamatan

s_1 = varian dari karakteristik kualitas ke-1

s_2 = varian dari karakteristik kualitas ke-2

H_0 ditolak apabila $P\text{-value} < \alpha$ atau dapat dilihat dari $r_{\text{hitung}} > r_{\alpha,df}$ yang artinya ada korelasi antar kedua variabel karakteristik kualitas.

2.2 Diagram Kontrol *Modified EWMA*

Menurut Montgomery (2009) *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) merupakan diagram kontrol alternatif yang baik untuk mendeteksi terjadinya pergeseran *mean* proses yang kecil. EWMA biasanya digunakan pada data pengamatan yang individual. EWMA didefinisikan sebagai berikut.

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda) z_{i-1} \quad (2.2)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$ dan $0 < \lambda \leq 1$ merupakan konstanta pembobot. Nilai awal yang digunakan (dengan sampel awal $i = 1$) adalah $z_0 = \mu_0$. Biasanya nilai rata-rata dari data digunakan sebagai nilai awal dari EWMA sehingga $z_0 = \bar{x}$.

Jika pengamatan x_i merupakan variabel random independen dengan varians σ^2 maka varians dari z_i adalah

$$\sigma_{z_i}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right] \quad (2.3)$$

Adapun nilai batas kontrol pada diagram kontrol EWMA sebagai berikut.

$$BKA = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \quad (2.4)$$

$$GT = \mu_0 = \bar{x}$$

$$BKB = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \quad (2.5)$$

Setelah beberapa periode waktu, nilai batas kontrol akan mencapai keadaan *steady state* sehingga nilainya menjadi sebagai berikut.

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right] = 1 - \lim_{i \rightarrow \infty} (1-\lambda)^{2i} = 1 - 0 = 1$$

Sehingga didapatkan :

$$BKA = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \quad (2.6)$$

$$BKB = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \quad (2.7)$$

Menurut Patel dan Divecha (2011) diagram kontrol *Modified EWMA* hampir sama dengan EWMA tapi pada diagram kontrol ini mempertimbangkan perubahan data yang terjadi pada waktu sebelumnya sehingga persamaannya menjadi sebagai berikut.

$$y_i = \lambda x_i + (1-\lambda)y_{i-1} + (x_i - x_{i-1}) \quad (2.8)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$ dan $0 < \lambda \leq 1$ merupakan konstanta

pembobot. Nilai awal yang digunakan (dengan sampel awal $i = 1$) adalah $y_0 = \mu_0$. Biasanya nilai rata-rata dari data digunakan sebagai nilai awal dari EWMA sehingga $y_0 = \bar{x}$. Jika pengamatan y_i merupakan variabel random independen dengan varians σ^2 maka varians dari y_i adalah

$$\begin{aligned} V(y_i) &= V\left(\lambda \sum_{i=0}^{n-1} (1-\lambda)^i x_{n-i}\right) + V\left((1-\lambda)^n x_0\right) + V\left(\sum_{i=0}^{n-1} (1-\lambda)^i x_{n-i} - x_{n-i-1}\right) \\ V(y_i) &= (1-\lambda)^{2n} V(x_0) + \sum_{i=0}^{n-1} \lambda^2 (1-\lambda)^{2i} V(x_i) + \\ & 2 \sum_{i=0}^{n-1} \lambda^2 (1-\lambda)^{2i+1} \text{cov}(x_{n-i}, x_{n-i-1}) + \sum_{i=0}^{n-1} (1-\lambda)^{2i} V(x_{n-i} - x_{n-i-1}) + \\ & 2 \sum_{i=0}^{n-1} (1-\lambda)^{2i+1} \text{cov}\left[(x_{n-i} - x_{n-i-1}), (x_{n-i-1} - x_{n-i-2})\right] + \\ & \sum_{i=0}^{n-1} \lambda (1-\lambda)^{2i} \text{cov}(x_{n-i}, (x_{n-i} - x_{n-i-1})) + \\ & 2 \sum_{i=0}^{n-1} \lambda (1-\lambda)^{2i+1} \text{cov}\left[(x_{n-i-1}, (x_{n-i} - x_{n-i-1})), (x_{n-i-1} - x_{n-i-2})\right] \end{aligned}$$

X_n merupakan data berautokorelasi dengan varians σ^2 , sedangkan varians dari $X_n - X_{n-1}$ adalah $\sigma_1^2 = 2\sigma^2 - 2\rho\sigma^2 = 2(1-\rho)\sigma^2$ (bernilai kecil ketika $\rho \rightarrow 1$). Pembobot $\lambda(1-\lambda)^{2i}$ menurun secara geometris seiring bertambahnya sampel *mean*. Misalkan korelasi antara X_n dengan $(X_n - X_{n-1})$ dimana $n \geq 1$ adalah ρ_1 , korelasi antara X_n dengan $(X_{n+1} - X_n)$ dimana $n \geq 0$ adalah ρ_2 , dan korelasi antara $(X_n - X_{n-1})$ dengan $(X_{n+1} - X_n)$ dimana $n \geq 1$ adalah ρ_3 maka :

$$\begin{aligned} V(y_i) &= \frac{\lambda}{2-\lambda} \sigma^2 + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{2-\lambda} \rho \sigma^2 + \frac{2(1-\rho)\sigma^2}{\lambda(2-\lambda)} + \frac{4\rho_3(1-\rho)(1-\lambda)\sigma^2}{\lambda(2-\lambda)} + \\ & \frac{2\sqrt{2}\rho_1\sqrt{(1-\rho)\sigma^2}}{(2-\lambda)} + \frac{(1-\lambda)2\sqrt{2}\rho_2\sqrt{(1-\rho)\sigma^2}}{(2-\lambda)} \end{aligned}$$

Pada proses autokorelasi normal dengan ρ_3 mendekati -0,5 sedangkan ρ_1 dan ρ_2 bernilai hampir sama tapi berbeda tanda, untuk ρ nilainya mendekati 1, sehingga didapatkan nilai sebagai

berikut.

$$\begin{aligned}
 V(y_i) &= \frac{\lambda}{(2-\lambda)}\sigma^2 + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{(2-\lambda)}\rho\sigma^2 \\
 &= \frac{\lambda}{(2-\lambda)}\sigma^2 + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{(2-\lambda)}\sigma^2 \\
 &= \left[\frac{\lambda}{(2-\lambda)} + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{(2-\lambda)} \right] \sigma^2
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

Adapun nilai batas kontrol pada diagram kontrol *Modified EWMA* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{2-\lambda}} \\
 GT &= \mu_0 = \bar{x}
 \end{aligned} \tag{2.10}$$

$$BKB = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} + \frac{2\lambda(1-\lambda)}{2-\lambda}} \tag{2.11}$$

2.3 Diagram Kontrol EWMV

Menurut MacGregor dan Harris (1993) *Exponentially Weighted Moving Variance* (EWMV) digunakan untuk memantau variasi dari proses yang berkelanjutan. EWMV didefinisikan sebagai berikut.

$$V_i^2 = \lambda(x_i - z_i)^2 + (1-\lambda)V_{i-1}^2 \tag{2.12}$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$ dan $0 < \lambda \leq 1$ merupakan konstanta pembobot. Nilai awal yang digunakan (dengan sampel awal $i = 1$) adalah $V_0^2 = \sigma^2$. Biasanya nilai varians dari data digunakan sebagai nilai awal dari EWMV sehingga $V_0^2 = s^2$.

Adapun nilai batas kontrol pada diagram kontrol EWMV sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= V_0^2 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \\
 GT &= V_0^2 = s^2
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

$$BKB = V_0^2 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[1 - (1-\lambda)^{2i} \right]} \quad (2.14)$$

Setelah beberapa periode waktu, nilai batas kontrol akan mencapai keadaan *steady state* sehingga nilainya menjadi sebagai berikut.

$$BKA = V_0^2 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \quad (2.15)$$

$$BKB = V_0^2 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \quad (2.16)$$

2.4 Pengujian Pergeseran Proses Produksi

Pengujian sampel *mean* digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan antara populasi produk dari periode 1 dan periode 2, dengan kata lain yaitu untuk mendeteksi ada tidaknya pergeseran proses antar periode. Berikut ini adalah hipotesis yang digunakan (Montgomery, 2009).

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (tidak terjadi pergeseran proses)

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (terjadi pergeseran proses)

Adapun statistik uji yang digunakan adalah

- Jika $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - 0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2.17)$$

dengan $s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$

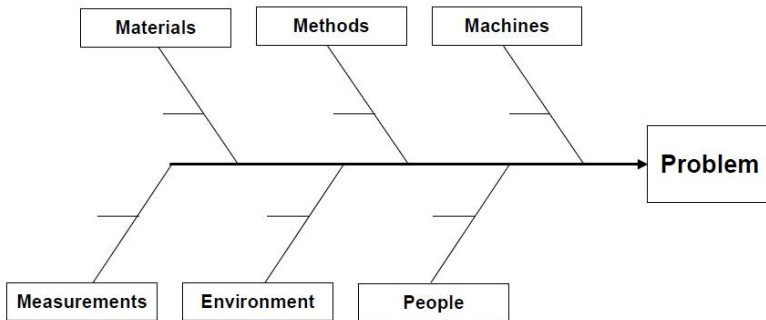
- Jika $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - 0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.18)$$

H_0 ditolak apabila $t_0 > t_{\alpha/2, n_1 + n_2 - 2}$ atau $t_0 < -t_{\alpha/2, n_1 + n_2 - 2}$.

2.5 Diagram Sebab Akibat

Menurut Montgomery (2009) diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*) atau disebut juga dengan diagram Ishikawa merupakan diagram yang menunjukkan sebab dan akibat yang berguna untuk mencari atau menganalisis sebab-sebab timbulnya masalah. Pada umumnya faktor-faktor penyebab terjadinya suatu masalah dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok yaitu *man*, *material*, *method*, *machine*, *measurement*, dan *environment* atau dikenal dengan 5M+1E. Contoh kerangka diagram sebab akibat seperti pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat

Adapun langkah-langkah dalam membuat diagram sebab-akibat sebagai berikut.

1. Definisikan masalah yang terjadi pada perusahaan.
2. Gambar sebuah garis horizontal dengan suatu tanda panah pada ujung sebelah kanan dan kotak di depannya. Akibat atau masalah yang ingin dianalisis ditempatkan dalam kotak.
3. Tulis penyebab utama (5M+1E) dalam kotak yang ditempatkan sejajar dan agak jauh dari garis panah utama. Hubungkan kotak tersebut dengan garis panah yang miring ke arah garis panah utama.
4. Tulis penyebab kecil pada diagram tersebut di sekitar penyebab utama, penyebab kecil tersebut mempunyai pengaruh terhadap penyebab utama. Hubungkan penyebab kecil tersebut dengan sebuah garis panah dari penyebab utama

yang bersangkutan.

2.6 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Suatu proses dikatakan kapabel jika distribusi dari proses produksi berada di antara batas spesifikasi atas dan bawah. Jika nilai indeks kapabilitas sama dengan 1 maka suatu proses telah berada di level tiga sigma (3σ). Setiap perusahaan harus mampu meningkatkan kualitas produksinya agar nilai indeks kapabilitasnya lebih dari 1 (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2007).

Apabila suatu data tidak normal maka penghitungan indeks kapabilitas prosesnya menggunakan C_{pc} yang dikenalkan oleh Luceno (1996) dalam Montgomery (2009) dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pc} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\frac{\pi}{2}}E|X - T|} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\frac{\pi}{2}}|\bar{X} - T|} \quad (2.19)$$

dimana T merupakan nilai target proses, $T = \frac{1}{2}(USL + LSL)$ dan konstanta $6\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 7,52$. Nilai $E|X - T|$ dapat diestimasi dengan

$\bar{c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - T|$ sehingga didapatkan nilai estimasi kapabilitasnya

$$\hat{C}_{pc} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\frac{\pi}{2}}\bar{c}} \quad (2.20)$$

Selang kepercayaan $100(1-\alpha)\%$ untuk $E|X - T|$ yaitu

$$\bar{c} \pm t_{\alpha/2, n-1} \frac{s_c}{\sqrt{n}} \quad (2.21)$$

dimana $s_c^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (|x_i - T| - \bar{c})^2$.

Jadi, selang kepercayaan $100(1-\alpha)\%$ untuk C_{pc} adalah

$$\frac{\hat{C}_{pc}}{1+t_{\alpha/2,n-1}\left[s_c/c\sqrt{n}\right]} \leq C_{pc} \leq \frac{\hat{C}_{pc}}{1-t_{\alpha/2,n-1}\left[s_c/c\sqrt{n}\right]} \quad (2.22)$$

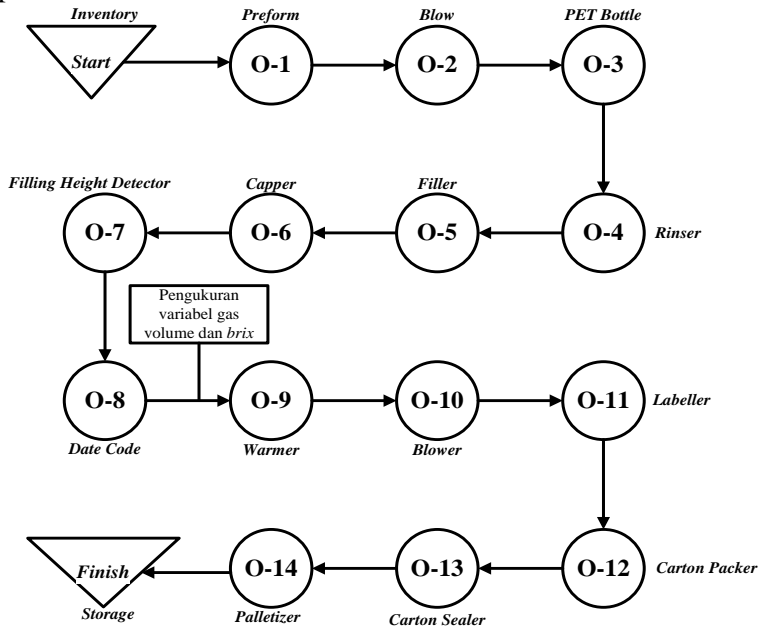
2.7 Proses Produksi

Bahan baku dalam pembuatan minuman berkarbonat meliputi air sekitar 86-92%, gula, dan karbondioksida (CO₂). Karbonasi adalah proses penyerapan gas CO₂ oleh air atau larutan minuman (*beverage*). Karbonasi terjadi bila karbon dioksida larut dalam air. Proses ini biasanya ditulis dalam bentuk reaksi H₂O + CO₂ → H₂CO₃. Dimana air dan gas karbon dioksida bereaksi untuk membentuk asam karbonat. Asam karbonat yang terbentuk tidak stabil dan tidak pernah benar-benar terikat dalam air, tetapi dapat membentuk garam karbonat dan bikarbonat. Pada tahap ini terjadi penambahan gas CO₂ pada minuman. Tujuan dari proses karbonasi pada pembuatan *Carbonated Soft Drink* (CSD) adalah untuk dapat memberikan rasa segar pada produk minuman. Selain itu, keberadaan CO₂ dapat menjadi bahan pengawet yang aman untuk dikonsumsi karena sifatnya yang tidak mudah bereaksi dengan zat yang membentuk senyawa berbahaya. Karbonasi merupakan campuran fisik antara gas CO₂ dengan larutan, artinya gas CO₂ dapat terlepas kembali ke udara bebas.

Proses produksi di PT. Coca-cola Bottling Indonesia ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berdasarkan Gambar 2.2 dapat dijelaskan berbagai tahapan dalam proses produksi dimulai dari bahan baku yakni *raw material* untuk pembuatan botol PET, kemudian lanjut ke proses pembentukan botol (*blowing*). Setelah itu pencucian botol yang sudah dibentuk, kemudian pengisian minuman ke dalam botol dan pemberian tutup botol (*caping*). Lalu pendeteksian ketinggian minuman yang ada di dalam botol, jika tinggi minuman (*volume*) tidak sesuai maka produk akan disingkirkan dan tidak diberi kode produksi. Setelah proses *date code* adalah proses *warmer* dengan tujuan untuk sterilisasi produk dari mikroba dan sejenisnya. Hingga proses yang terakhir yaitu *packaging* dan masuk ke dalam gudang penyimpanan.

Pada penelitian ini akan dibahas pengontrolan proses

produksi dimana produk yang diamati pada penelitian ini adalah produk *Sprite* 425 ml yang diproduksi pada *line 3*. Pengukuran variabel kualitas dilakukan setelah proses *date code* dan sebelum proses *warmer*.



Gambar 2.2 Aliran Proses Produksi *Sprite* 425ml di PT. Coca-cola Bottling Indonesia

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Pengambilan Sampel

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari PT. Coca-cola Bottling Indonesia selama proses produksi bulan November 2014 yakni terdapat dua kali periode produksi. Pengambilan sampel dilakukan secara acak sebanyak 1 botol setiap 30 menit sekali selama proses produksi berlangsung. Lamanya proses produksi tidak sama karena banyaknya produksi bergantung pada permintaan sehingga jumlah sampel yang diamati juga berbeda. Berikut ini jumlah sampel yang diamati pada masing-masing periode.

Tabel 3.1 Periode Pengamatan

Periode	Tanggal	Jumlah Sampel
1	5-8 November 2014	33 botol
2	14-18 November 2014	51 botol

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua variabel atau karakteristik kualitas yang diamati yaitu gas volume dan *brix* (tingkat kemanisan). Kedua variabel kualitas ini diamati setelah proses ke-8 yaitu setelah proses *date code* dan sebelum proses *warmer* seperti yang tertera pada Gambar 2.2. Berikut ini penjelasan mengenai kedua karakteristik kualitas tersebut.

1. Gas Volume (X_1)

Gas volume merupakan kadar karbondioksida (CO_2) yang terkandung dalam minuman. Standar gas volume untuk produk ini adalah $4,50 \pm 0,25$ vol/vol. Volume gas diukur dengan menggunakan alat yang bernama *shaker*. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mengukur gas yang ada di dalam larutan. Setelah itu, nilai tekanan tersebut dikombinasikan dengan temperatur minuman pada saat diukur. Selanjutnya akan menghasilkan volume gas terlarut.

2. Brix (X_2)

Brix merupakan derajat kemanisan yang terkandung dalam produk minuman (*beverage*). *Brix* untuk produk ini adalah $12 \pm 0,15$ °*brix*. *Brix* diukur dengan menggunakan alat ukur yang bernama *density* meter (DMA meter). Penentuan nilai *brix* tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Brix} = \frac{\text{massa gula}}{\text{massa gula} + \text{massa air}}$$

Struktur data pada penelitian ini tertera pada Tabel 3.2 dengan ukuran subgroup tunggal ($m=1$) dimana penentuan subgroupnya berdasarkan waktu pengambilan sampel yakni setiap 30 menit.

Tabel 3.2 Struktur Data Pengamatan

Periode ke-	Pengamatan ke-	x_1 (vol per vol)	x_2 (derajat brix)
1	1	x_{11}	x_{21}
	2	x_{12}	x_{22}
	⋮	⋮	⋮
	n_1	x_{1n_1}	x_{2n_1}
2	1	x_{11}	x_{21}
	2	x_{12}	x_{22}
	⋮	⋮	⋮
	n_2	x_{1n_2}	x_{2n_2}

Keterangan :

x_1 = variabel gas volume

x_2 = variabel derajat kemanisan (*brix*)

$n_1 = 33$ sampel dan $n_2 = 51$ sampel

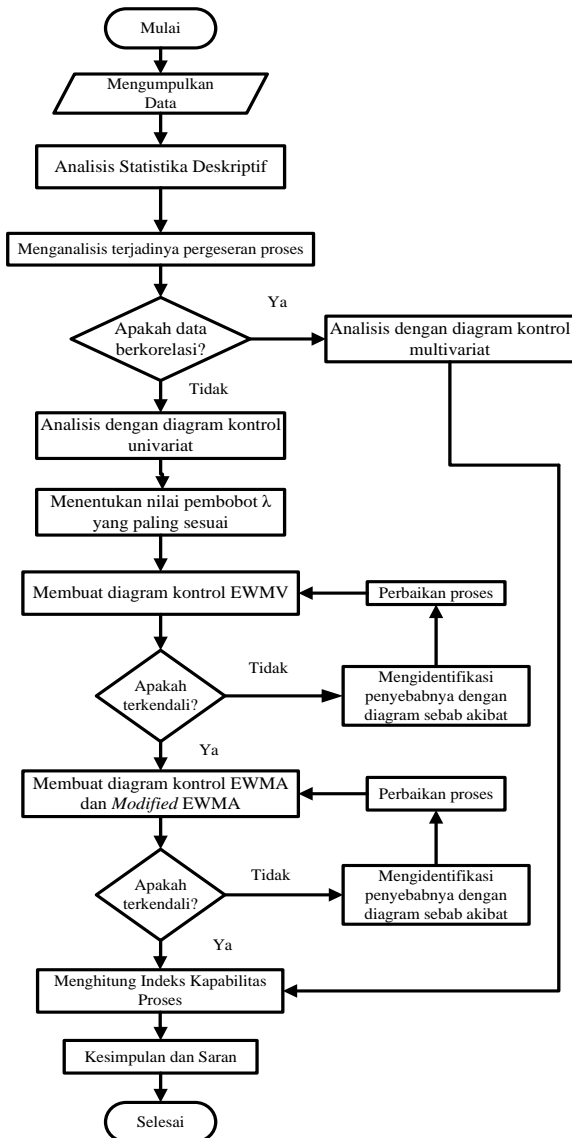
3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik kualitas produk.
2. Melakukan pengujian korelasi antara variabel gas volume dan *brix*.
3. Menganalisis terjadinya pergeseran proses dari periode 1 ke periode 2.
4. Menetapkan nilai pembobot λ yang paling optimum.
5. Membuat diagram kontrol dengan tahapan sebagai berikut.

- 5.1 Membuat diagram kontrol EWMV
 - a. Menghitung nilai V_i^2 pada masing-masing pengamatan di tiap periodenya seperti pada persamaan (2.12).
 - b. Menghitung nilai BKA dan BKB seperti pada persamaan (2.13) dan (2.14).
 - c. Memplotkan nilai V_i^2 pada diagram kontrol.
 - d. Jika terdapat titik pengamatan yang *out of control* maka dicari penyebabnya.
 - e. Membandingkan diagram kontrol pada masing-masing periode produksi dan menginterpretasikannya.
- 5.2 Membuat diagram kontrol EWMA
 - a. Menghitung nilai z_i pada masing-masing pengamatan di tiap periodenya seperti pada persamaan (2.2).
 - b. Menghitung nilai BKA dan BKB seperti pada persamaan (2.4) dan (2.5).
 - c. Memplotkan nilai z_i pada diagram kontrol.
- 5.3 Membuat diagram kontrol *Modified EWMA*
 - a. Menghitung selisih data pengamatan ke- i dengan data pengamatan ke- $(i - 1)$
 - b. Menghitung nilai y_i pada masing-masing pengamatan di tiap periodenya seperti pada persamaan (2.8).
 - c. Menghitung nilai BKA dan BKB seperti pada persamaan (2.10) dan (2.11).
 - d. Memplotkan nilai y_i pada diagram kontrol.
 - e. Jika terdapat titik pengamatan yang *out of control* maka dicari penyebabnya.
 - f. Membandingkan diagram kontrol EWMA dan *Modified EWMA* pada masing-masing periode produksi dan menginterpretasikannya.
6. Mencari penyebab *out of control* menggunakan diagram sebab-akibat.
7. Menganalisis kapabilitas proses.
8. Membuat kesimpulan.

Gambar 3.1 merupakan *flowchart* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Analisis

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pembahasan yang akan dilakukan adalah mengenai karakteristik dari masing-masing variabel kualitas produk, analisis pergeseran proses pada kedua periode produksi, pengontrolan *mean* dan variabilitas proses produksi, dan analisis kapabilitas proses pada kedua periode produksi.

4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas Produk

Pada penelitian ini terdapat dua variabel kualitas yang diamati untuk produk *Sprite* 425ml yaitu gas volume dan *brix*. Berikut ini adalah karakteristik masing-masing variabel kualitas di setiap periode produksi.

- Gas Volume

Tabel 4.1 Karakteristik Variabel Gas Volume (vol/vol)

Periode	Target	Rata-rata	Varians	Minimum	Maksimum
1	4,5000	4,5630	0,0003	4,5000	4,6000
2	4,5000	4,5371	0,0013	4,3500	4,5700

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata gas volume yang terkandung dalam produk *Sprite* 425ml pada periode 1 yaitu 4,5630 dimana nilai ini lebih besar dari nilai target yang ditetapkan perusahaan sedangkan pada periode 2 yaitu 4,5371 dimana nilai ini lebih kecil dari nilai target yang ditetapkan perusahaan. Pada periode 1 nilai minimumnya yaitu 4,5000 dan nilai maksimumnya yaitu 4,6000, untuk periode 2 nilai minimumnya yaitu 4,3500 dan nilai maksimumnya yaitu 4,5700. Semua nilai pengamatan pada kedua periode masih berada dalam batas spesifikasi perusahaan. Variansi jumlah gas volume yang terkandung dalam produk pada kedua periode produksi sangat kecil sehingga mengindikasikan bahwa produk hampir seragam.

- *Brix*

Tabel 4.2 Karakteristik Variabel *Brix* ($^{\circ}$ *brix*)

Periode	Target	Rata-rata	Varians	Minimum	Maksimum
1	12,0000	12,0170	0,0002	11,9800	12,0700
2	12,0000	12,0170	0,0001	11,9900	12,0400

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa rata-rata *brix* atau derajat kemanisan produk *Sprite* 425ml pada periode 1 yaitu dan pada periode 2 yaitu 12,0170 dimana nilai ini lebih besar dari nilai target yang telah ditetapkan perusahaan. Pada periode 1 nilai minimumnya yaitu 11,9800 dan nilai maksimumnya yaitu 12,0700, untuk periode 2 nilai minimumnya yaitu 11,9900 dan nilai maksimumnya yaitu 12,0400. Semua nilai pengamatan pada kedua periode masih berada dalam batas spesifikasi perusahaan. Variansi nilai *brix* atau derajat kemanisan pada kedua periode produksi sangat kecil sehingga mengindikasikan bahwa produk hampir seragam.

4.2 Pergeseran Proses Produksi

Untuk mengetahui terjadinya pergeseran *mean* proses dari suatu produksi maka perlu dilakukan pengujian terhadap sampel dari kedua periode produksi. Jenis pengujian yang digunakan yaitu uji t 2 sampel. Berikut ini hasil pengujian variabel gas volume dan *brix* dari periode 1 dan 2.

Tabel 4.3 Hasil Uji t 2 Sampel

Variabel	Nilai t-hitung	P-value	df	t-tabel
Gas volume	4,4900	0,0000	77	1,9913
<i>Brix</i>	0,1000	0,9200	60	2,0001

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dijelaskan bahwa untuk variabel gas volume didapatkan bahwa nilai t-hitung lebih besar dari t-tabel dan dengan taraf signifikansi $\alpha=5\%$ didapatkan bahwa $P\text{-value} < \alpha$ sehingga dapat disimpulkan terjadi pergeseran *mean* proses dari periode 1 ke periode 2. Pergeseran proses yang terjadi dari periode 1 ke periode 2 yaitu sekitar $-1,5\sigma$ dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\delta = \frac{4,5371 - 4,5630}{\sqrt{0,0003}} = -1,4971$$

Sedangkan untuk variabel *brix* didapatkan bahwa nilai t-hitung lebih kecil dari t-tabel dan dengan taraf signifikansi $\alpha=5\%$ didapatkan bahwa $P\text{-value} > \alpha$ sehingga dapat disimpulkan tidak terjadi pergeseran *mean* proses dari periode 1 ke periode 2. Dikarenakan adanya pergeseran proses yang kecil maka diagram kontrol EWMA lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam melakukan pengontrolan proses produksi.

4.3 Uji Independensi Antar Variabel

Pengujian korelasi bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara variabel gas volume dan *brix*. Berikut ini hasil pengujian korelasi menggunakan *Pearson Correlation*.

Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Variabel Gas Volume dan *Brix*

Periode ke-	Nilai korelasi (r)	P-value
1	-0,305	0,084
2	-0,136	0,342

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa dengan menggunakan nilai $\alpha=5\%$ dapat diputuskan bahwa gagal tolak H_0 karena $P\text{-value} > \alpha$ yang artinya tidak ada hubungan antara variabel gas volume dan *brix* pada periode 1 dan 2 sehingga untuk analisis selanjutnya menggunakan diagram kontrol univariat dengan melakukan pengontrolan pada masing-masing variabel kualitas pada periode 1 dan 2.

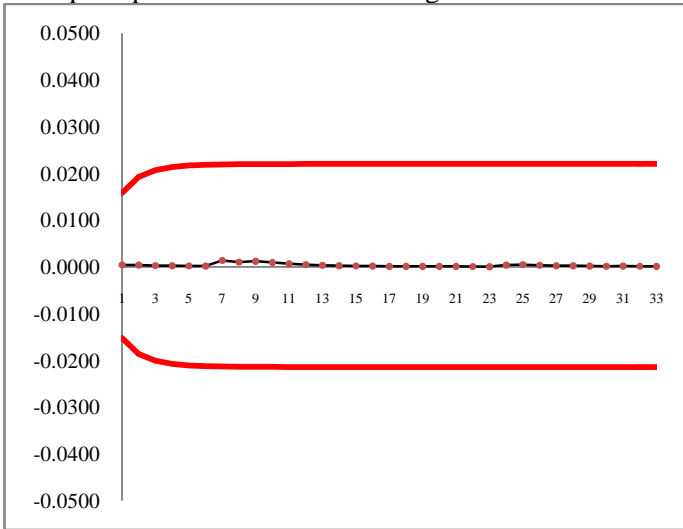
4.4 Diagram Kontrol EWMV

Sebelum dilakukan pengontrolan *mean* proses, perlu dilakukan pengontrolan terhadap variabilitas proses terlebih dahulu. Pengontrolan variabilitas proses produksi dari masing-masing variabel kualitas di tiap periode produksi menggunakan diagram kontrol EWMV. Berikut ini adalah hasil analisis untuk masing-masing periode produksi.

- Evaluasi Variabilitas Proses Periode I

Pada periode 1 terdapat 33 sampel data pengamatan. Berikut ini merupakan hasil pengontrolan variabilitas proses

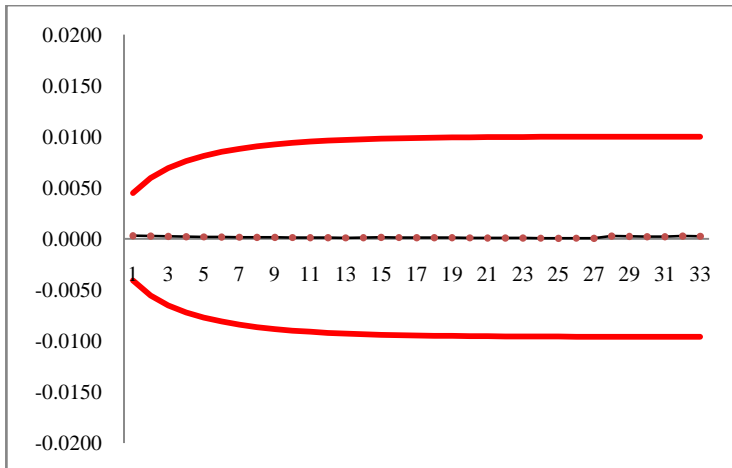
produksi pada periode 1 untuk variabel gas volume.



Gambar 4.1 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel Gas Volume Periode 1

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 0,0220 dan -0,0214. Dapat dilihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas maupun bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi jika dilihat dari gas volume sudah terkendali. Namun, titik-titik pengamatan berada di sekitar nol sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses sangat kecil sekali dan mengindikasikan proses sudah baik karena nilainya hampir seragam.

Berikut ini merupakan hasil pengontrolan variabilitas proses produksi pada periode 1 untuk variabel *brix*. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 0,0100 dan -0,0096. Dapat dilihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas maupun bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi jika dilihat dari gas volume sudah terkendali.

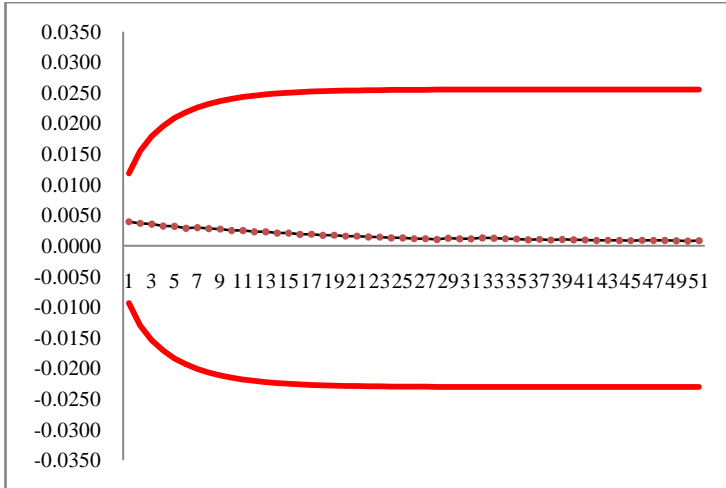


Gambar 4.2 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel *Brix* Periode 1

Namun, titik-titik pengamatan berada di sekitar nol sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses sangat kecil sekali dan mengindikasikan proses sudah baik karena nilainya hampir seragam.

- Evaluasi Variabilitas Proses Periode 2

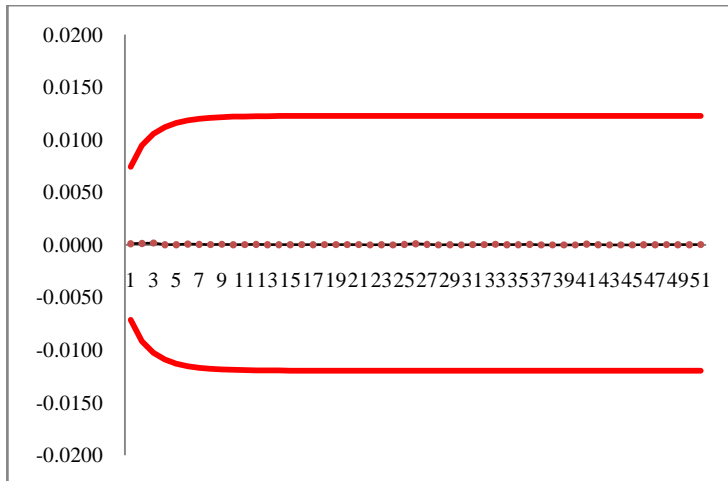
Pada periode 2 terdapat 51 sampel data pengamatan. Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 2 untuk variabel gas volume. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 0,0365 dan -0,0340. Dapat dilihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas maupun bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi jika dilihat dari gas volume sudah terkendali. Namun, titik-titik pengamatan berada di sekitar nol sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses sangat kecil sekali dan mengindikasikan proses sudah baik.



Gambar 4.3 Diagram Kontrol EWMV untuk Variabel Gas Volume Periode 2

Terlihat bahwa titik-titiknya membentuk tren menurun, hal ini mengindikasikan bahwa pada saat awal proses produksi dimulai variabilitasnya masih besar dan semakin lama semakin kecil dan produk akan semakin seragam.

Berikut ini merupakan hasil pengontrolan variabilitas proses produksi pada periode 2 untuk variabel *brix*. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 0,0123 dan -0,0120. Dapat dilihat bahwa tidak ada titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas maupun bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi jika dilihat dari gas volume sudah terkendali.



Gambar 4.4 Diagram Kontrol EWMV Variabel untuk *Brix* Periode 2

Namun, titik-titik pengamatan berada di sekitar nol sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses sangat kecil sekali dan mengindikasikan proses sudah baik karena nilainya hampir seragam.

4.5 Diagram Kontrol EWMA dan *Modified* EWMA

Pengontrolan proses produksi dilihat dari rata-rata nilai masing-masing variabel kualitas di tiap periode produksi menggunakan diagram kontrol EWMA dan *Modified* EWMA. Sebelum melakukan analisis dengan diagram kontrol tersebut maka perlu memilih nilai pembobot λ yang optimum yakni dengan cara mencoba berbagai nilai pembobot antara $0 < \lambda \leq 1$ untuk semua data di kedua periode. Pembobot yang optimum adalah yang memiliki selisih nilai terkecil dari $|\text{nilai max} - \text{BKA}|$. Berikut ini adalah hasil perhitungan pemilihan nilai pembobot λ .

Berdasarkan hasil perhitungan absolut dari nilai maksimum titik pengamatan dikurangi dengan BKA seperti yang tertera pada Tabel 4.5, didapatkan nilai pembobot λ yang optimum untuk variabel gas volume periode 1 adalah 0,3 karena memiliki nilai selisih yang paling kecil di antara semua nilai pembobot λ .

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel Gas Volume Periode 1

Lamda	Nilai max	BKA	 nilai max-BKA
0.05	4.5659	4.5681	0.0023
0.1	4.5683	4.5705	0.0021
0.2	4.5727	4.5738	0.0011
0.3	4.5768	4.5766	0.0001
0.4	4.5803	4.5792	0.0011
0.5	4.5835	4.5817	0.0018
0.6	4.5870	4.5842	0.0027
0.7	4.5904	4.5868	0.0035
0.8	4.5937	4.5895	0.0042
0.9	4.5969	4.5923	0.0046

Untuk variabel *brix* pada periode 1, berdasarkan hasil perhitungan absolut dari nilai maksimum titik pengamatan dikurangi dengan BKA seperti yang tertera pada Tabel 4.6, didapatkan nilai pembobot λ yang optimum adalah 0,1 karena memiliki nilai selisih yang paling kecil di antara semua nilai pembobot λ .

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel *Brix* Periode 1

Lamda	Nilai max	BKA	 nilai max-BKA
0.05	12.0204	12.0215	0.0012
0.1	12.0242	12.0236	0.0006
0.2	12.0306	12.0267	0.0039
0.3	12.0361	12.0292	0.0069
0.4	12.0413	12.0315	0.0098
0.5	12.0462	12.0338	0.0124
0.6	12.0509	12.0360	0.0149
0.7	12.0556	12.0383	0.0173
0.8	12.0603	12.0407	0.0196
0.9	12.0651	12.0433	0.0218

Untuk nilai pembobot pada periode 2, berdasarkan hasil perhitungan absolut dari nilai maksimum titik pengamatan dikurangi dengan BKA seperti yang tertera pada Tabel 4.7, didapatkan nilai pembobot λ yang optimum untuk variabel gas volume periode 2 adalah 0,1 karena memiliki nilai selisih yang paling kecil di antara semua nilai pembobot λ .

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel Gas Volume Periode 2

Lamda	Nilai max	BKA	nilai max-BKA
0.05	4.5445	4.5467	0.0022
0.1	4.5492	4.5510	0.0017
0.2	4.5541	4.5573	0.0032
0.3	4.5564	4.5625	0.0061
0.4	4.5587	4.5674	0.0086
0.5	4.5597	4.5721	0.0123
0.6	4.5600	4.5768	0.0168
0.7	4.5636	4.5816	0.0180
0.8	4.5664	4.5866	0.0201
0.9	4.5686	4.5919	0.0233

Berdasarkan hasil perhitungan yang tertera pada Tabel 4.8, didapatkan nilai pembobot λ yang optimum untuk variabel *brix* periode 2 adalah 0,2 dan 0,8 karena memiliki nilai selisih yang paling kecil di antara semua nilai pembobot λ .

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Nilai λ untuk Variabel *Brix* Periode 2

Lamda	Nilai max	BKA	nilai max-BKA
0.05	12.0198	12.0212	0.0014
0.1	12.0224	12.0231	0.0007
0.2	12.0266	12.0261	0.0005
0.3	12.0295	12.0285	0.0010
0.4	12.0323	12.0308	0.0015
0.5	12.0347	12.0329	0.0017
0.6	12.0366	12.0351	0.0015
0.7	12.0381	12.0374	0.0007
0.8	12.0392	12.0397	0.0005
0.9	12.0398	12.0422	0.0024

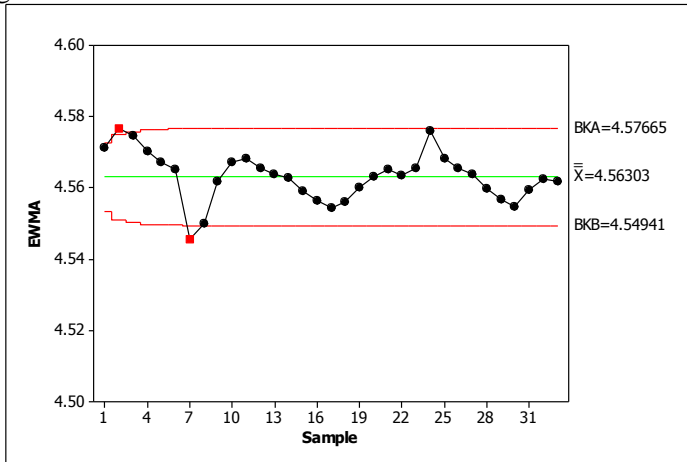
Namun, pada penelitian ini diambil pembobot $\lambda=0,2$ karena sesuai dengan teori semakin kecil nilai pembobot λ maka semakin sensitif dalam mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil.

Berikut ini adalah hasil analisis untuk masing-masing periode produksi.

- Evaluasi *Mean* Proses Periode 1

Pada periode 1 terdapat 33 sampel data pengamatan. Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 1 untuk variabel gas volume dengan menggunakan

diagram kontrol EWMA.

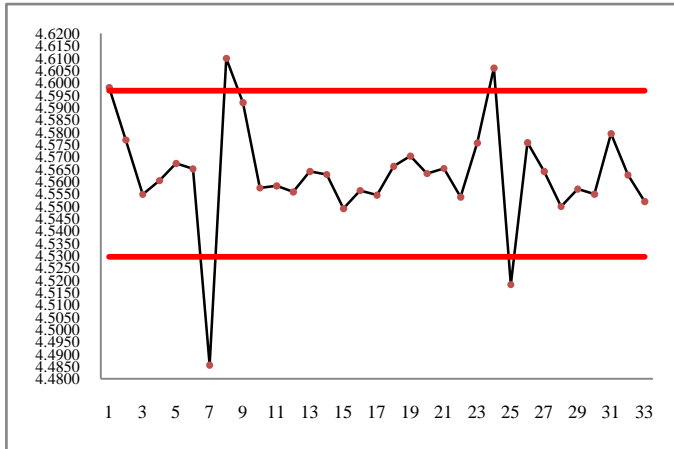


Gambar 4.5a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 1

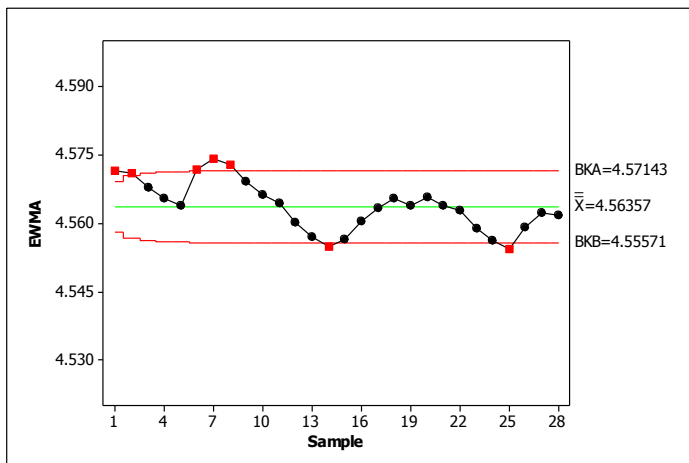
Berdasarkan Gambar 4.5a dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 4,5767 dan 4,5494. Terdapat satu titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas yaitu pengamatan ke-2 dengan nilai $z_i=4,5768$, nilai BKA dan BKB pada titik tersebut adalah 4,5515 dan 4,5749 serta satu pengamatan yang berada di luar batas kontrol bawah yaitu pengamatan ke-7 dengan nilai $z_i=4,5455$, nilai BKA dan BKB pada titik tersebut adalah 4,5495 dan 4,5766. Titik pengamatan tersebut tidak bisa dihilangkan begitu saja karena harus dicari penyebabnya terlebih dahulu.

Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 1 untuk variabel gas volume menggunakan diagram kontrol *Modified EWMA*. Berdasarkan Gambar 4.5b dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 4,5967 dan 4,5294. Terdapat lima titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol yaitu pengamatan ke-1, 7, 8, 24, dan 25 dengan nilai y_i yaitu 4,5981; 4,4855; 4,6099; 4,6059; dan 4,5181. Titik-titik yang *out of control* tersebut harus dicari

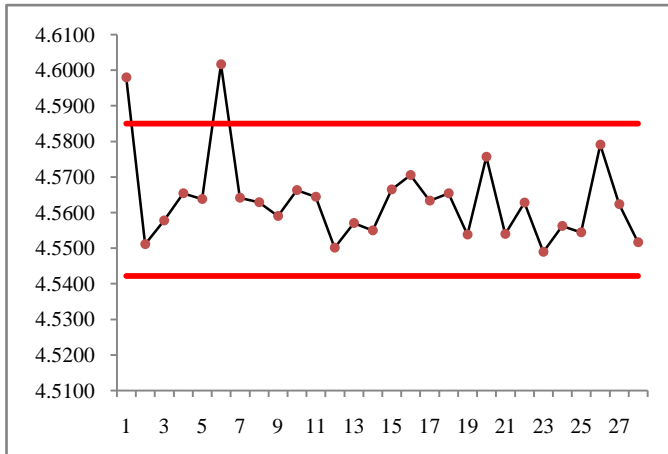
penyebabnya terlebih dahulu dan akan dijelaskan pada Subbab 4.6. Setelah titik-titik yang *out of control* pada diagram kontrol *Modified EWMA* dibuang, selanjutnya akan dibuat diagram kontrol yang baru.



Gambar 4.5b Diagram Kontrol *Modified EWMA* untuk Variabel Gas Volume Periode 1



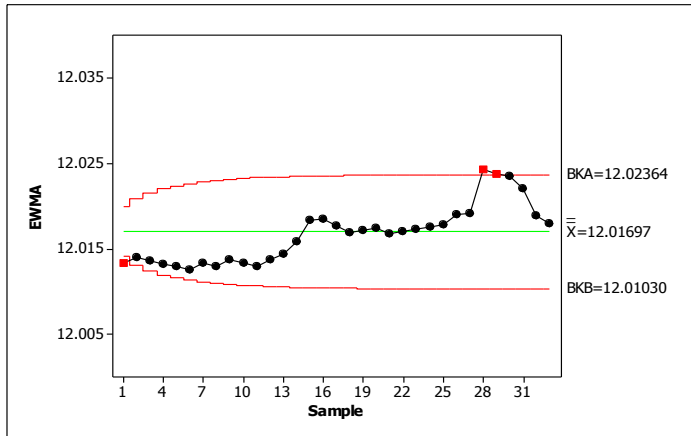
Gambar 4.5c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 1



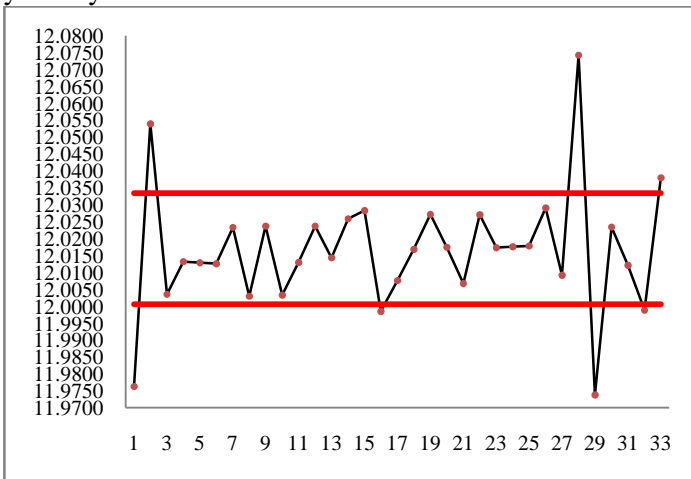
Gambar 4.5d Diagram Kontrol *Modified EWMA* yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 1

Berdasarkan Gambar 4.5c dan 4.5d, terlihat bahwa masih ada titik-titik pengamatan yang *out of control* pada kedua diagram kontrol tersebut.

Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 1 untuk variabel *brix* dengan menggunakan diagram kontrol EWMA. Berdasarkan Gambar 4.6a dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 12,0236 dan 12,0103. Terdapat 2 titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas yaitu pengamatan ke-28 dan 29 dengan nilai z_i pada titik tersebut yaitu 12,0242 dan 12,0238 serta ada satu titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol bawah yaitu pengamatan pertama dengan nilai $z_i=12,0133$, nilai BKA dan BKB pada titik tersebut adalah 12,0199 dan 12,0141.



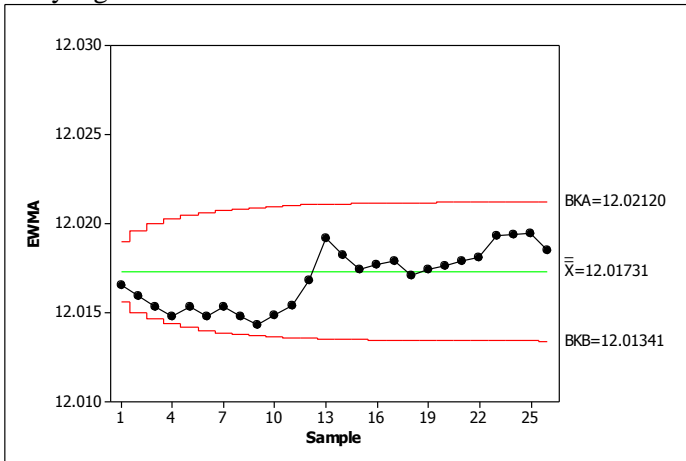
Gambar 4.6a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel *Brix* Periode 1
Selain itu, titik-titik pengamatannya memiliki pola *trend* naik dan kemudian menurun saat pengamatan ke-28. Titik pengamatan tidak bisa dihilangkan begitu saja karena harus dicari penyebabnya terlebih dahulu.



Gambar 4.6b Diagram Kontrol *Modified EWMA* untuk Variabel *Brix* Periode 1

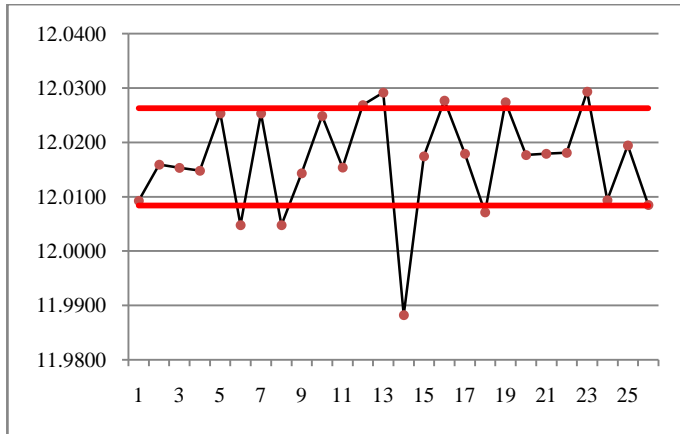
Hasil pengontrolan proses produksi pada periode 1 untuk

variabel *brix* dengan menggunakan diagram kontrol *Modified EWMA* pada Gambar 4.6b dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 12,0334 dan 12,0006. Terdapat 7 titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol yaitu pengamatan ke-1, 2, 16, 28, 29, 32 dan 33 dengan nilai y_i yaitu 11,9763; 12,0539; 11,9985; 12,0742; 11,9738; 11,9989 dan 12,0380. Titik-titik yang *out of control* tersebut harus dicari penyebabnya terlebih dahulu dan akan dijelaskan pada Subbab 4.6. Setelah titik-titik yang *out of control* pada diagram kontrol *Modified EWMA* dibuang, selanjutnya akan dibuat diagram kontrol yang baru.



Gambar 4.6c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel *Brix* Periode 1

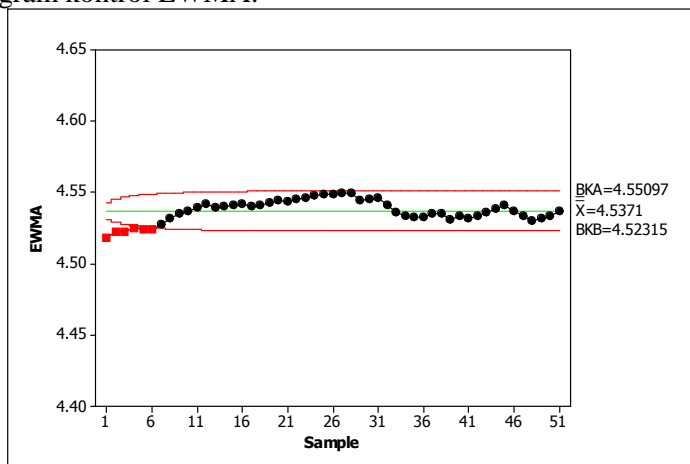
Berdasarkan Gambar 4.6c dapat dilihat bahwa semua titik-titik pada diagram kontrol EWMA sudah berada di dalam batas kendali semua. Namun jika dilihat pada diagram kontrol *Modified EWMA* pada Gambar 4.6d masih ada titik-titik pengamatan yang *out of control*.



Gambar 4.6d Diagram Kontrol *Modified EWMA* yang Baru untuk Variabel *Brix* Periode 1

- Evaluasi *Mean* Proses Periode 2

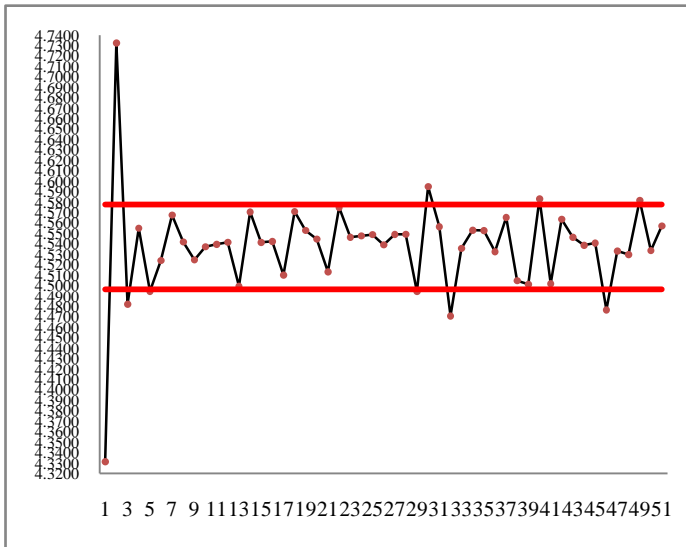
Pada periode 2 terdapat 51 sampel data pengamatan. Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 2 untuk variabel gas volume dengan menggunakan diagram kontrol EWMA.



Gambar 4.7a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel Gas Volume Periode 2

Berdasarkan Gambar 4.7a dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 4,5510 dan 4,5232. Terdapat 6 titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas yaitu pengamatan ke-1, 2, 3, 4, 5 dan 6 dengan nilai z_i pada titik tersebut adalah 4,5184; 4,5225; 4,5223; 4,5250; 4,5245 dan 4,5241. Selain itu, titik-titik pengamatannya memiliki pola *trend* naik dan kemudian menurun saat pengamatan ke-27. Titik pengamatan tersebut tidak bisa dihilangkan begitu saja karena harus dicari penyebabnya terlebih dahulu.

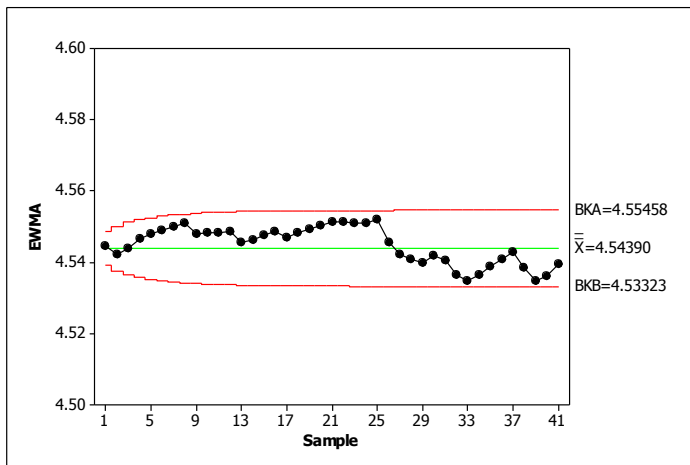
Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 2 untuk variabel gas volume dengan menggunakan diagram kontrol *Modified EWMA*.



Gambar 4.7b Diagram Kontrol *Modified EWMA* untuk Variabel Gas Volume Periode 2

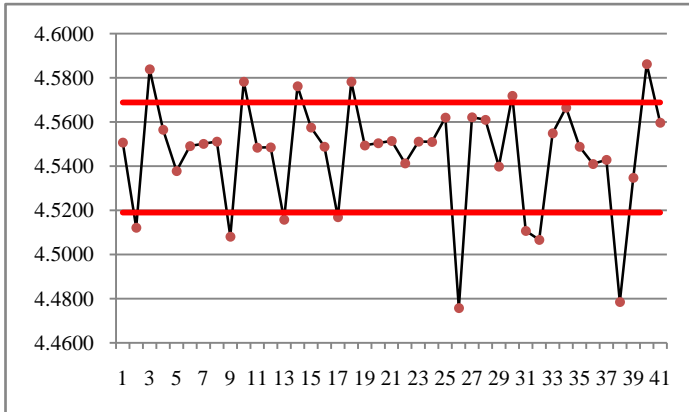
Berdasarkan Gambar 4.7b dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 4,5777 dan 4,4964. Terdapat 10 titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol yaitu pengamatan ke-1, 2, 3, 5, 29, 30, 32, 40, 46 dan 49 dengan

nilai y_i tiap pada titik tersebut adalah yaitu 4,3313; 4,7325; 4,4823; 4,4945; 4,4943; 4,5949; 4,4708; 4,5831; 4,4767 dan 4,5818. Titik-titik yang *out of control* tersebut harus dicari penyebabnya terlebih dahulu dan akan dijelaskan pada Subbab 4.6. Setelah titik-titik yang *out of control* pada diagram kontrol *Modified EWMA* dibuang, selanjutnya akan dibuat diagram kontrol yang baru.



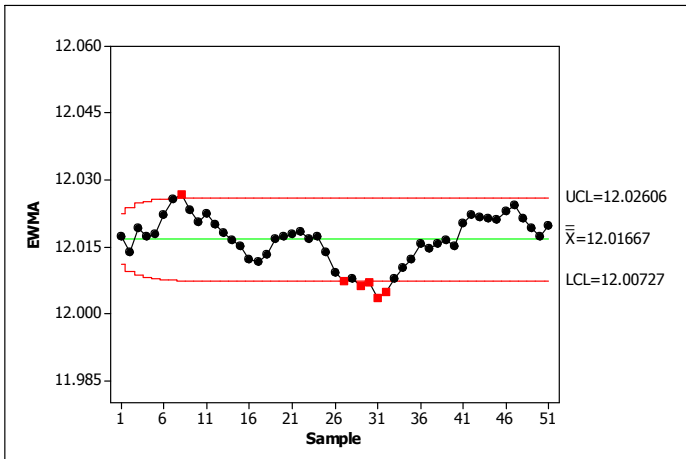
Gambar 4.7c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel Gas Volume Periode 2

Berdasarkan Gambar 4.7c dapat dilihat bahwa semua titik-titik pada diagram kontrol EWMA sudah berada di dalam batas kendali semua. Namun jika dilihat pada diagram kontrol *Modified EWMA* pada Gambar 4.7d masih ada titik-titik pengamatan yang *out of control*.



Gambar 4.7d Diagram Kontrol *Modified EWMA* Setelah Diatasi untuk Variabel Gas Volume Periode 2

Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 2 untuk variabel *brix* dengan menggunakan diagram kontrol EWMA.

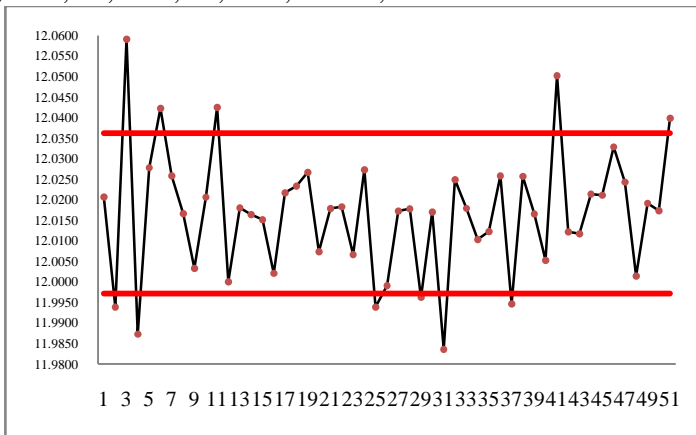


Gambar 4.8a Diagram Kontrol EWMA untuk Variabel *Brix* Periode 2

Berdasarkan Gambar 4.8a dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 12,0261 dan 12,0073. Terdapat satu titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol

atas yaitu pengamatan ke-8 dengan nilai z_i yaitu 12,0266 serta ada lima titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol bawah yaitu pengamatan ke-27, 29, 30, 31, dan 32 dengan nilai z_i pada tiap titik yaitu 12,0073; 12,0062; 12,0070; 12,0036; dan 12,0049. Selain itu, titik-titik pengamatannya memiliki pola *trend* turun saat pengamatan ke-8 dan kemudian naik saat pengamatan ke-32.

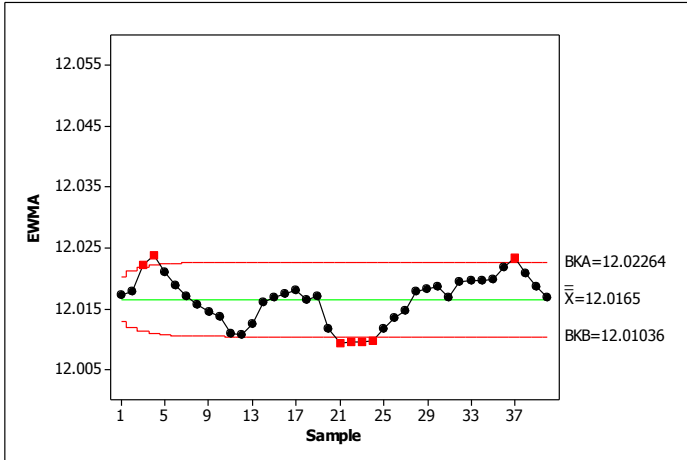
Berikut ini merupakan hasil pengontrolan proses produksi pada periode 2 untuk variabel *brix* dengan menggunakan diagram kontrol *Modified EWMA*. Berdasarkan Gambar 4.8b dapat diketahui bahwa nilai BKA dan BKB dalam keadaan *steady state* adalah 12,0362 dan 11,9971. Terdapat 11 titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol yaitu pengamatan ke-2, 3, 4, 6, 11, 25, 29, 31, 37, 41 dan 51 dengan nilai y_i pada titik tersebut yaitu 11,9939; 12,0591; 11,9873; 12,0423; 12,0425; 11,9938; 11,9962; 11,9836; 11,9946; 12,0502; dan 12,0399.



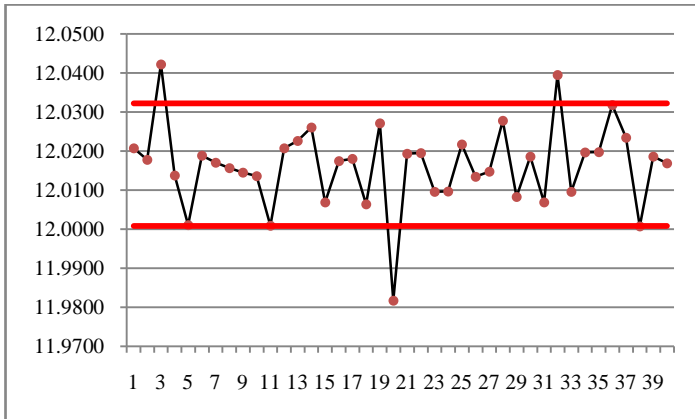
Gambar 4.8b Diagram Kontrol *Modified EWMA* untuk Variabel *Brix* Periode 2

Titik-titik yang *out of control* tersebut harus dicari penyebabnya terlebih dahulu dan akan dijelaskan pada Subbab 4.6. Setelah titik-titik yang *out of control* pada diagram kontrol *Modified EWMA* dibuang, selanjutnya akan dibuat diagram kontrol yang

baru.



Gambar 4.8c Diagram Kontrol EWMA yang Baru untuk Variabel *Brix* Periode 2



Gambar 4.8d Diagram Kontrol *Modified* EWMA yang Baru untuk Variabel *Brix* Periode 2

Berdasarkan Gambar 4.8c dan 4.8d, terlihat bahwa masih ada titik-titik pengamatan yang *out of control* pada kedua diagram kontrol tersebut.

Nilai BKA dan BKB pada diagram kontrol EWMA dan

Modified EWMA yang pertama kali dibuat tertera pada Tabel 4.9, dapat dijelaskan bahwa diagram kontrol *Modified* EWMA memiliki batas yang lebih lebar daripada EWMA tapi jumlah titik-titik pengamatan yang *out of control* lebih banyak daripada diagram kontrol EWMA.

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Antara Diagram Kontrol EWMA dan *Modified* EWMA

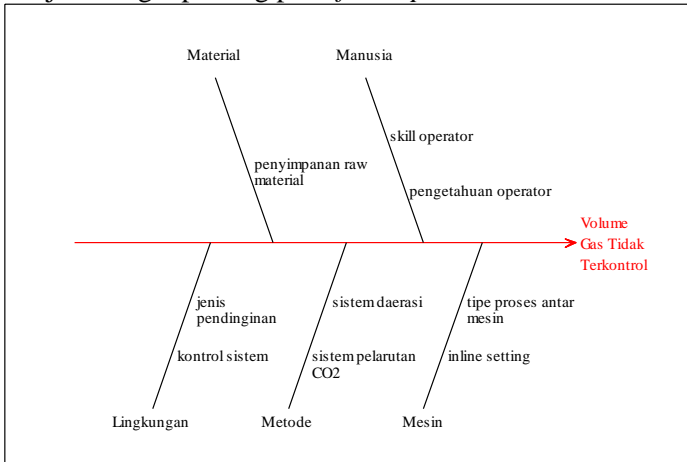
Periode	Variabel	EWMA		Jumlah <i>out of control</i>	<i>Modified</i> EWMA		
		BKA	BKB		BKA	BKB	Jumlah <i>out of control</i>
1	Gas volume	4,5767	4,5494	2	4,5967	4,5294	5
	<i>Brix</i>	12,0236	12,0103	3	12,0334	12,0006	7
2	Gas volume	4,5510	4,5232	6	4,5777	4,4964	10
	<i>Brix</i>	12,0261	12,0073	6	12,0362	11,9971	11

Nilai batas kendali yang digunakan pada diagram kontrol *Modified* EWMA dibuat konvergen dari awal sedangkan pada diagram kontrol EWMA tidak demikian. Hal ini mengindikasikan bahwa diagram kontrol *Modified* EWMA lebih sensitif daripada diagram kontrol EWMA.

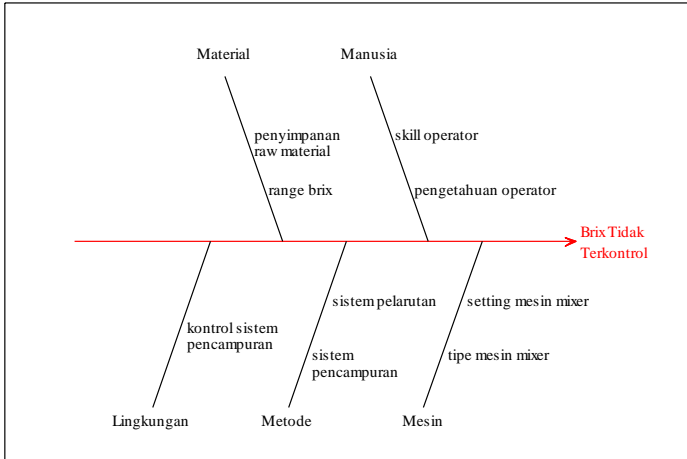
4.6 Diagram Sebab Akibat

Untuk mengetahui penyebab dari terjadinya proses yang berada di luar batas kendali (*out of control*) maka perlu dilakukan penelusuran akar permasalahan dengan menggunakan diagram sebab akibat. Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dijelaskan bahwa faktor yang menjadi penyebab umum tidak terkontrolnya gas volume adalah kurangnya *skill* dan pengetahuan operator dalam melakukan tugasnya sesuai instruksi yang telah diberikan, tipe proses antar mesin yang berbeda-beda sehingga membutuhkan perlakuan yang berbeda-beda juga misalnya pada saat *inline setting* atau pengaturan mesin sebelum proses produksi berlangsung, penyimpanan material di gudang juga berpengaruh terhadap hasil produksi, sistem daerasi (*pre-carbonation*) dan sistem pelarutan CO₂ (*carbonation*) menyebabkan gas volume

berubah-ubah, kontrol sistem pendinginan dan jenis pendinginan ini menjadi sangat penting pada *finish product*.



Gambar 4.9 Diagram Sebab Akibat Gas Volume Tidak Terkontrol



Gambar 4.10 Diagram Sebab Akibat *Brix* Tidak Terkontrol

Faktor yang menjadi penyebab umum tidak terkontrolnya *brix* tertera pada Gambar 4.10 yaitu kurangnya *skill* dan pengetahuan operator dalam melakukan tugasnya sesuai instruksi yang telah

diberikan, tipe mesin dan *setting* mesin pada *mixer* yang berbeda juga akan mengakibatkan variasi sampel produk yang dianalisis sehingga diperlukan pengawasan terhadap *setting* mesin secara berkala setiap produksi agar nantinya analisis evaluasi proses juga hasilnya maksimal, penyimpanan material di gudang juga berpengaruh terhadap hasil produksi dan pembuatan *brix* tidak selalu sesuai namun masih berada dalam *range* merupakan penyebab dari sisi material, sistem pencampuran dan sistem pelarutan *brix* yang berbeda-beda bisa menjadi penyebab kemanisan produk (*brix*) berbeda, selain itu kontrol sistem pencampuran yang kurang baik juga bisa menjadi penyebab *brix* tidak terkontrol.

4.7 Analisis Kapabilitas Proses

Syarat yang harus dipenuhi sebelum menganalisis kapabilitas proses adalah data harus berdistribusi normal dan proses dalam keadaan terkendali secara statistik. Pada penelitian ini, analisis kapabilitas hanya digunakan untuk mengetahui nilai indeks kapabilitas dari masing-masing periode produksi berdasarkan variabel gas volume dan *brix* dengan menggunakan indeks \hat{C}_{pc} karena data tidak berdistribusi normal. Besarnya indeks kapabilitas tidak bisa menyimpulkan proses produksi tersebut sudah kapabel atau belum karena hasil dari pengontrolan produksi menunjukkan bahwa proses masih belum terkendali secara statistik. Berikut ini merupakan hasil perhitungan analisis kapabilitas dari periode 1 dan 2.

Tabel 4.10 Nilai Indeks Kapabilitas

Periode	Variabel	\hat{C}_{pc}	Interval \hat{C}_{pc}
1	Gas Volume	0,8349	$0,7750 \leq \hat{C}_{pc} \leq 0,9049$
	<i>Brix</i>	1,8401	$1,5262 \leq \hat{C}_{pc} \leq 2,3165$
2	Gas Volume	1,1957	$1,0229 \leq \hat{C}_{pc} \leq 1,4388$
	<i>Brix</i>	1,8734	$1,5724 \leq \hat{C}_{pc} \leq 2,3169$

Nilai indeks kapabilitas berdasarkan variabel gas volume dan *brix* yang tertera pada Tabel 4.10 untuk periode 2 lebih besar daripada periode 1 tapi proses produksi pada periode 2 tidak bisa

dikatakan lebih baik daripada periode 1 karena jumlah pengamatan yang *out of control* pada periode 2 lebih banyak daripada periode 1.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan dari data sampel pengamatan untuk variabel gas volume dan *brix* pada periode 1 dan 2, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Rata-rata gas volume yang terkandung dalam produk *Sprite* 425ml pada periode 1 yaitu 4,5630 dan pada periode dua yaitu 4,5371. Rata-rata *brix* atau derajat kemanisan produk *Sprite* 425ml pada periode satu yaitu 12,0170 dan pada periode 2 yaitu 12,0170. Semua nilai pengamatan pada periode 1 dan 2 masih berada di dalam batas spesifikasi. Tidak ada hubungan atau korelasi antara variabel kualitas gas volume dan *brix* baik pada periode 1 maupun periode 2.
2. Terjadi pergeseran proses dari periode 1 ke periode 2 untuk variabel gas volume sebesar $-1,5\sigma$ sedangkan untuk variabel *brix* tidak mengalami pergeseran proses.
3. Variabilitas proses produksi periode 1 dan 2 untuk variabel gas volume dan *brix* terkontrol dengan menggunakan diagram kontrol EWMV dimana nilai variansnya sangat kecil sekali dan hampir seragam berada di sekitar nol.
4. Pengontrolan *mean* proses produksi dengan menggunakan diagram kontrol EWMA dan *Modified* EWMA pada periode 1 dan 2 untuk variabel gas volume dan *brix* belum terkontrol secara statistik karena masih ada beberapa pengamatan yang berada di luar BKA maupun BKB. Diagram kontrol *Modified* EWMA lebih sensitif daripada diagram kontrol EWMA meskipun batas kontrolnya lebih lebar karena mampu menangkap pengamatan *out of control* lebih banyak daripada diagram kontrol EWMA.
5. Nilai indeks kapabilitas periode 2 lebih besar daripada periode 1 tapi proses produksi pada periode 2 tidak bisa dikatakan lebih baik daripada periode 1 karena jumlah pengamatan yang *out of control* pada periode 2 lebih banyak

daripada periode 1

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, apabila sering terjadi fluktuasi pada data penelitian maka sebaiknya menggunakan diagram kontrol *Modified EWMA* karena lebih sensitif daripada diagram kontrol EWMA. Selain itu, untuk pengontrolan variabilitas proses perlu dilakukan pengembangan metode yaitu menggunakan diagram kontrol *Modified EWMV*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferdinant, P. F. (2013). Pengendalian Kualitas Proses dengan Peta Kendali CUSUM dan EWMA. *Prosiding Seminar Nasional Industrial Services (SNIS) III*, (pp. 147-152). Banten.
- Hapsari, P. O. (2009). *Penerapan Diagram Kontrol MEWMA dan MEWMV Pada Proses Produksi Coca-Cola 1,5l PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Jawa Timur*. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2007). *Operations Management Processes and Value Chains*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- MacGregor, J. F., & Harris, T. J. (1993). The Exponentially Weighted Moving Variance. *Journal of Quality Technology*, 25, 106-118.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th ed.). New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Patel, A. K., & Divecha, J. (2011). Modified Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Chart for An Analytical Process Data. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, 2(1), 12-20.
- Rodgers, J., & Nicewander, W. (1998). Thirteen Ways to Look at The Correlation Coefficient. *The American Statistician*, 59-66.
- Samuel, A. K., & Olatunbosun, B. (2014). Combined Control Scheme for Monitoring Quality Characteristics. 9-19.
- Zahrati, Z. (2014). *Penerapan Metode DMAIC di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Jawa Timur*. Surabaya: Jurusan Statistika FMIPA ITS.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel Gas Volume Periode 1

No.	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
1	0.03	4.5711	4.5533	4.5728	4.5981	4.5294	4.5967
2	0.00	4.5768	4.5512	4.5749	4.5768	4.5294	4.5967
3	-0.02	4.5747	4.5502	4.5758	4.5547	4.5294	4.5967
4	-0.01	4.5703	4.5498	4.5762	4.5603	4.5294	4.5967
5	0.00	4.5672	4.5496	4.5765	4.5672	4.5294	4.5967
6	0.00	4.5651	4.5495	4.5766	4.5651	4.5294	4.5967
7	-0.06	4.5455	4.5495	4.5766	4.4855	4.5294	4.5967
8	0.06	4.5499	4.5494	4.5766	4.6099	4.5294	4.5967
9	0.03	4.5619	4.5494	4.5766	4.5919	4.5294	4.5967
10	-0.01	4.5673	4.5494	4.5766	4.5573	4.5294	4.5967
11	-0.01	4.5681	4.5494	4.5766	4.5581	4.5294	4.5967
12	-0.01	4.5657	4.5494	4.5766	4.5557	4.5294	4.5967
13	0.00	4.5640	4.5494	4.5766	4.5640	4.5294	4.5967
14	0.00	4.5628	4.5494	4.5766	4.5628	4.5294	4.5967
15	-0.01	4.5590	4.5494	4.5766	4.5490	4.5294	4.5967
16	0.00	4.5563	4.5494	4.5766	4.5563	4.5294	4.5967
17	0.00	4.5544	4.5494	4.5766	4.5544	4.5294	4.5967
18	0.01	4.5561	4.5494	4.5766	4.5661	4.5294	4.5967
19	0.01	4.5602	4.5494	4.5766	4.5702	4.5294	4.5967
20	0.00	4.5632	4.5494	4.5766	4.5632	4.5294	4.5967
21	0.00	4.5652	4.5494	4.5766	4.5652	4.5294	4.5967
22	-0.01	4.5637	4.5494	4.5766	4.5537	4.5294	4.5967
23	0.01	4.5656	4.5494	4.5766	4.5756	4.5294	4.5967
24	0.03	4.5759	4.5494	4.5766	4.6059	4.5294	4.5967
25	-0.05	4.5681	4.5494	4.5766	4.5181	4.5294	4.5967
26	0.01	4.5657	4.5494	4.5766	4.5757	4.5294	4.5967
27	0.00	4.5640	4.5494	4.5766	4.5640	4.5294	4.5967
28	-0.01	4.5598	4.5494	4.5766	4.5498	4.5294	4.5967
29	0.00	4.5569	4.5494	4.5766	4.5569	4.5294	4.5967
30	0.00	4.5548	4.5494	4.5766	4.5548	4.5294	4.5967
31	0.02	4.5594	4.5494	4.5766	4.5794	4.5294	4.5967
32	0.00	4.5625	4.5494	4.5766	4.5625	4.5294	4.5967
33	-0.01	4.5618	4.5494	4.5766	4.5518	4.5294	4.5967

Lampiran 2a Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel *Brix* Periode 1

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
1	-0.04	12.0133	12.0141	12.0199	11.9763	12.0006	12.0334
2	0.04	12.0139	12.0131	12.0209	12.0539	12.0006	12.0334
3	-0.01	12.0136	12.0124	12.0215	12.0036	12.0006	12.0334
4	0.00	12.0132	12.0119	12.0220	12.0132	12.0006	12.0334

Lampiran 2b Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel *Brix* Periode 1 (lanjutan)

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
5	0.00	12.0129	12.0116	12.0224	12.0129	12.0006	12.0334
6	0.00	12.0126	12.0113	12.0226	12.0126	12.0006	12.0334
7	0.01	12.0133	12.0111	12.0228	12.0233	12.0006	12.0334
8	-0.01	12.0130	12.0109	12.0230	12.0030	12.0006	12.0334
9	0.01	12.0137	12.0108	12.0231	12.0237	12.0006	12.0334
10	-0.01	12.0133	12.0107	12.0232	12.0033	12.0006	12.0334
11	0.00	12.0130	12.0106	12.0233	12.0130	12.0006	12.0334
12	0.01	12.0137	12.0106	12.0234	12.0237	12.0006	12.0334
13	0.00	12.0143	12.0105	12.0234	12.0143	12.0006	12.0334
14	0.01	12.0159	12.0105	12.0235	12.0259	12.0006	12.0334
15	0.01	12.0183	12.0104	12.0235	12.0283	12.0006	12.0334
16	-0.02	12.0185	12.0104	12.0235	11.9985	12.0006	12.0334
17	-0.01	12.0176	12.0104	12.0235	12.0076	12.0006	12.0334
18	0.00	12.0169	12.0104	12.0236	12.0169	12.0006	12.0334
19	0.01	12.0172	12.0104	12.0236	12.0272	12.0006	12.0334
20	0.00	12.0175	12.0103	12.0236	12.0175	12.0006	12.0334
21	-0.01	12.0167	12.0103	12.0236	12.0067	12.0006	12.0334
22	0.01	12.0170	12.0103	12.0236	12.0270	12.0006	12.0334
23	0.00	12.0173	12.0103	12.0236	12.0173	12.0006	12.0334
24	0.00	12.0176	12.0103	12.0236	12.0176	12.0006	12.0334
25	0.00	12.0178	12.0103	12.0236	12.0178	12.0006	12.0334
26	0.01	12.0191	12.0103	12.0236	12.0291	12.0006	12.0334
27	-0.01	12.0192	12.0103	12.0236	12.0092	12.0006	12.0334
28	0.05	12.0242	12.0103	12.0236	12.0742	12.0006	12.0334
29	-0.05	12.0238	12.0103	12.0236	11.9738	12.0006	12.0334
30	0.00	12.0234	12.0103	12.0236	12.0234	12.0006	12.0334
31	-0.01	12.0221	12.0103	12.0236	12.0121	12.0006	12.0334
32	-0.02	12.0189	12.0103	12.0236	11.9989	12.0006	12.0334
33	0.02	12.0180	12.0103	12.0236	12.0380	12.0006	12.0334

Lampiran 3a Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel Gas Volume Periode 2

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
1	-0.1871	4.5184	4.5310	4.5431	4.3313	4.4964	4.5777
2	0.2100	4.5225	4.5289	4.5452	4.7325	4.4964	4.5777
3	-0.0400	4.5223	4.5275	4.5466	4.4823	4.4964	4.5777
4	0.0300	4.5250	4.5266	4.5476	4.5550	4.4964	4.5777
5	-0.0300	4.5245	4.5258	4.5483	4.4945	4.4964	4.5777
6	0.0000	4.5241	4.5253	4.5488	4.5241	4.4964	4.5777
7	0.0400	4.5277	4.5248	4.5493	4.5677	4.4964	4.5777
8	0.0100	4.5319	4.5245	4.5496	4.5419	4.4964	4.5777
9	-0.0100	4.5347	4.5242	4.5499	4.5247	4.4964	4.5777
10	0.0000	4.5372	4.5240	4.5501	4.5372	4.4964	4.5777
11	0.0000	4.5395	4.5239	4.5503	4.5395	4.4964	4.5777

Lampiran 3b Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel Gas Volume Periode 2 (lanjutan)

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
12	0.0000	4.5416	4.5237	4.5504	4.5416	4.4964	4.5777
13	-0.0400	4.5394	4.5236	4.5505	4.4994	4.4964	4.5777
14	0.0300	4.5405	4.5235	4.5506	4.5705	4.4964	4.5777
15	0.0000	4.5414	4.5234	4.5507	4.5414	4.4964	4.5777
16	0.0000	4.5423	4.5234	4.5507	4.5423	4.4964	4.5777
17	-0.0300	4.5401	4.5233	4.5508	4.5101	4.4964	4.5777
18	0.0300	4.5410	4.5233	4.5508	4.5710	4.4964	4.5777
19	0.0100	4.5429	4.5233	4.5508	4.5529	4.4964	4.5777
20	0.0000	4.5446	4.5233	4.5509	4.5446	4.4964	4.5777
21	-0.0300	4.5432	4.5232	4.5509	4.5132	4.4964	4.5777
22	0.0300	4.5449	4.5232	4.5509	4.5749	4.4964	4.5777
23	0.0000	4.5464	4.5232	4.5509	4.5464	4.4964	4.5777
24	0.0000	4.5477	4.5232	4.5509	4.5477	4.4964	4.5777
25	0.0000	4.5490	4.5232	4.5509	4.5490	4.4964	4.5777
26	-0.0100	4.5491	4.5232	4.5509	4.5391	4.4964	4.5777
27	0.0000	4.5492	4.5232	4.5509	4.5492	4.4964	4.5777
28	0.0000	4.5492	4.5232	4.5510	4.5492	4.4964	4.5777
29	-0.0500	4.5443	4.5232	4.5510	4.4943	4.4964	4.5777
30	0.0500	4.5449	4.5232	4.5510	4.5949	4.4964	4.5777
31	0.0100	4.5464	4.5232	4.5510	4.5564	4.4964	4.5777
32	-0.0700	4.5408	4.5232	4.5510	4.4708	4.4964	4.5777
33	0.0000	4.5357	4.5232	4.5510	4.5357	4.4964	4.5777
34	0.0200	4.5331	4.5232	4.5510	4.5531	4.4964	4.5777
35	0.0200	4.5328	4.5232	4.5510	4.5528	4.4964	4.5777
36	0.0000	4.5325	4.5232	4.5510	4.5325	4.4964	4.5777
37	0.0300	4.5353	4.5232	4.5510	4.5653	4.4964	4.5777
38	-0.0300	4.5347	4.5231	4.5510	4.5047	4.4964	4.5777
39	-0.0300	4.5313	4.5231	4.5510	4.5013	4.4964	4.5777
40	0.0500	4.5331	4.5231	4.5510	4.5831	4.4964	4.5777
41	-0.0300	4.5318	4.5231	4.5510	4.5018	4.4964	4.5777
42	0.0300	4.5336	4.5231	4.5510	4.5636	4.4964	4.5777
43	0.0100	4.5363	4.5231	4.5510	4.5463	4.4964	4.5777
44	0.0000	4.5387	4.5231	4.5510	4.5387	4.4964	4.5777
45	0.0000	4.5408	4.5231	4.5510	4.5408	4.4964	4.5777
46	-0.0600	4.5367	4.5231	4.5510	4.4767	4.4964	4.5777
47	0.0000	4.5330	4.5231	4.5510	4.5330	4.4964	4.5777
48	0.0000	4.5297	4.5231	4.5510	4.5297	4.4964	4.5777
49	0.0500	4.5318	4.5231	4.5510	4.5818	4.4964	4.5777
50	0.0000	4.5336	4.5231	4.5510	4.5336	4.4964	4.5777
51	0.0200	4.5372	4.5231	4.5510	4.5572	4.4964	4.5777

Lampiran 4a Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel *Brix* Periode 2

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
1	0.0033	12.0173	12.0110	12.0223	12.0207	11.9971	12.0362
2	-0.0200	12.0139	12.0094	12.0239	11.9939	11.9971	12.0362
3	0.0400	12.0191	12.0086	12.0247	12.0591	11.9971	12.0362
4	-0.0300	12.0173	12.0081	12.0252	11.9873	11.9971	12.0362
5	0.0100	12.0178	12.0078	12.0255	12.0278	11.9971	12.0362
6	0.0200	12.0223	12.0076	12.0257	12.0423	11.9971	12.0362
7	0.0000	12.0258	12.0075	12.0259	12.0258	11.9971	12.0362
8	-0.0100	12.0266	12.0074	12.0259	12.0166	11.9971	12.0362
9	-0.0200	12.0233	12.0074	12.0260	12.0033	11.9971	12.0362
10	0.0000	12.0207	12.0073	12.0260	12.0207	11.9971	12.0362
11	0.0200	12.0225	12.0073	12.0260	12.0425	11.9971	12.0362
12	-0.0200	12.0200	12.0073	12.0260	12.0000	11.9971	12.0362
13	0.0000	12.0180	12.0073	12.0260	12.0180	11.9971	12.0362
14	0.0000	12.0164	12.0073	12.0261	12.0164	11.9971	12.0362
15	0.0000	12.0151	12.0073	12.0261	12.0151	11.9971	12.0362
16	-0.0100	12.0121	12.0073	12.0261	12.0021	11.9971	12.0362
17	0.0100	12.0117	12.0073	12.0261	12.0217	11.9971	12.0362
18	0.0100	12.0133	12.0073	12.0261	12.0233	11.9971	12.0362
19	0.0100	12.0167	12.0073	12.0261	12.0267	11.9971	12.0362
20	-0.0100	12.0173	12.0073	12.0261	12.0073	11.9971	12.0362
21	0.0000	12.0179	12.0073	12.0261	12.0179	11.9971	12.0362
22	0.0000	12.0183	12.0073	12.0261	12.0183	11.9971	12.0362
23	-0.0100	12.0166	12.0073	12.0261	12.0066	11.9971	12.0362
24	0.0100	12.0173	12.0073	12.0261	12.0273	11.9971	12.0362
25	-0.0200	12.0138	12.0073	12.0261	11.9938	11.9971	12.0362
26	-0.0100	12.0091	12.0073	12.0261	11.9991	11.9971	12.0362
27	0.0100	12.0073	12.0073	12.0261	12.0173	11.9971	12.0362
28	0.0100	12.0078	12.0073	12.0261	12.0178	11.9971	12.0362
29	-0.0100	12.0062	12.0073	12.0261	11.9962	11.9971	12.0362
30	0.0100	12.0070	12.0073	12.0261	12.0170	11.9971	12.0362
31	-0.0200	12.0036	12.0073	12.0261	11.9836	11.9971	12.0362
32	0.0200	12.0049	12.0073	12.0261	12.0249	11.9971	12.0362
33	0.0100	12.0079	12.0073	12.0261	12.0179	11.9971	12.0362
34	0.0000	12.0103	12.0073	12.0261	12.0103	11.9971	12.0362
35	0.0000	12.0123	12.0073	12.0261	12.0123	11.9971	12.0362
36	0.0100	12.0158	12.0073	12.0261	12.0258	11.9971	12.0362
37	-0.0200	12.0146	12.0073	12.0261	11.9946	11.9971	12.0362
38	0.0100	12.0157	12.0073	12.0261	12.0257	11.9971	12.0362
39	0.0000	12.0166	12.0073	12.0261	12.0166	11.9971	12.0362
40	-0.0100	12.0153	12.0073	12.0261	12.0053	11.9971	12.0362
41	0.0300	12.0202	12.0073	12.0261	12.0502	11.9971	12.0362
42	-0.0100	12.0222	12.0073	12.0261	12.0122	11.9971	12.0362
43	-0.0100	12.0217	12.0073	12.0261	12.0117	11.9971	12.0362
44	0.0000	12.0214	12.0073	12.0261	12.0214	11.9971	12.0362

Lampiran 4b Titik Pengamatan EWMA dan *Modified* EWMA
untuk Variabel *Brix* Periode 2 (lanjutan)

No	Selisih	Zi	BKB	BKA	Yi	BKB	BKA
45	0.0000	12.0211	12.0073	12.0261	12.0211	11.9971	12.0362
46	0.0100	12.0229	12.0073	12.0261	12.0329	11.9971	12.0362
47	0.0000	12.0243	12.0073	12.0261	12.0243	11.9971	12.0362
48	-0.0200	12.0214	12.0073	12.0261	12.0014	11.9971	12.0362
49	0.0000	12.0192	12.0073	12.0261	12.0192	11.9971	12.0362
50	0.0000	12.0173	12.0073	12.0261	12.0173	11.9971	12.0362
51	0.0200	12.0199	12.0073	12.0261	12.0399	11.9971	12.0362

Lampiran 5 Titik Pengamatan EWMV Periode 1

No	Gas Volume			<i>Brix</i>		
	Vi ²	BKB	BKA	Vi ²	BKB	BKA
1	0.0003	-0.0152	0.0158	0.0003	-0.0041	0.0045
2	0.0003	-0.0186	0.0192	0.0003	-0.0055	0.0060
3	0.0002	-0.0201	0.0207	0.0002	-0.0065	0.0069
4	0.0000	-0.0208	0.0214	0.0002	-0.0072	0.0076
5	0.0000	-0.0211	0.0217	0.0002	-0.0077	0.0081
6	0.0000	-0.0213	0.0219	0.0002	-0.0081	0.0085
7	0.0006	-0.0213	0.0219	0.0002	-0.0084	0.0088
8	0.0005	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0086	0.0091
9	0.0006	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0088	0.0092
10	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0090	0.0094
11	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0091	0.0095
12	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0092	0.0096
13	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0093	0.0097
14	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0093	0.0097
15	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0094	0.0098
16	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0094	0.0098
17	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0095	0.0099
18	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0095	0.0099
19	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0095	0.0099
20	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0095	0.0099
21	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0095	0.0100
22	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
23	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
24	0.0002	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
25	0.0001	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
26	0.0001	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
27	0.0001	-0.0214	0.0220	0.0001	-0.0096	0.0100
28	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0003	-0.0096	0.0100
29	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0002	-0.0096	0.0100
30	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0002	-0.0096	0.0100
31	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0002	-0.0096	0.0100
32	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0003	-0.0096	0.0100
33	0.0000	-0.0214	0.0220	0.0003	-0.0096	0.0100

Lampiran 6a Titik Pengamatan EWMV Periode 2

No	Gas Volume			Brix		
	Vi ²	BKB	BKA	Vi ²	BKB	BKA
1	0.0040	-0.0093	0.0118	0.0001	-0.0071	0.0074
2	0.0037	-0.0130	0.0155	0.0001	-0.0092	0.0095
3	0.0036	-0.0154	0.0179	0.0002	-0.0103	0.0105
4	0.0033	-0.0171	0.0196	0.0000	-0.0109	0.0112
5	0.0032	-0.0184	0.0208	0.0000	-0.0113	0.0116
6	0.0029	-0.0193	0.0218	0.0001	-0.0115	0.0118
7	0.0030	-0.0201	0.0226	0.0000	-0.0117	0.0120
8	0.0028	-0.0207	0.0232	0.0000	-0.0118	0.0121
9	0.0028	-0.0211	0.0236	0.0001	-0.0119	0.0121
10	0.0025	-0.0215	0.0240	0.0000	-0.0119	0.0122
11	0.0025	-0.0218	0.0243	0.0000	-0.0119	0.0122
12	0.0023	-0.0221	0.0245	0.0000	-0.0119	0.0122
13	0.0023	-0.0222	0.0247	0.0000	-0.0119	0.0122
14	0.0021	-0.0224	0.0249	0.0000	-0.0120	0.0122
15	0.0021	-0.0225	0.0250	0.0000	-0.0120	0.0122
16	0.0019	-0.0226	0.0251	0.0000	-0.0120	0.0123
17	0.0019	-0.0227	0.0252	0.0000	-0.0120	0.0123
18	0.0017	-0.0228	0.0253	0.0000	-0.0120	0.0123
19	0.0018	-0.0228	0.0253	0.0000	-0.0120	0.0123
20	0.0016	-0.0229	0.0254	0.0000	-0.0120	0.0123
21	0.0016	-0.0229	0.0254	0.0000	-0.0120	0.0123
22	0.0015	-0.0229	0.0254	0.0000	-0.0120	0.0123
23	0.0015	-0.0229	0.0254	0.0000	-0.0120	0.0123
24	0.0013	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
25	0.0013	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
26	0.0012	-0.0230	0.0255	0.0001	-0.0120	0.0123
27	0.0012	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
28	0.0011	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
29	0.0013	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
30	0.0011	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
31	0.0012	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
32	0.0013	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
33	0.0013	-0.0230	0.0255	0.0001	-0.0120	0.0123
34	0.0012	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
35	0.0011	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
36	0.0010	-0.0230	0.0255	0.0001	-0.0120	0.0123
37	0.0011	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
38	0.0010	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
39	0.0011	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
40	0.0010	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
41	0.0010	-0.0230	0.0255	0.0001	-0.0120	0.0123
42	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
43	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
44	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
45	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123

Lampiran 6b Titik Pengamatan EWMV Periode 2 (lanjutan)

No	Gas Volume			Brix		
	Vi ²	BKB	BKA	Vi ²	BKB	BKA
46	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
47	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
48	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
49	0.0008	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
50	0.0008	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123
51	0.0009	-0.0230	0.0255	0.0000	-0.0120	0.0123

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BIODATA PENULIS



Yusuf Baharudin, putra kedua dari pasangan Salam Hariyanto dan Sutiyah ini lahir di Lumajang pada tanggal 23 Juli 1993.

Sebelumnya penulis telah mengenyam pendidikan di SDN Dawuhan Lor 3, SMPN 1 Sukodono, dan SMAN 2 Lumajang. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Statistika ITS melalui jalur masuk SNMPTN Undangan beasiswa Bidik Misi pada tahun 2011. Semasa kuliah, penulis pernah menjadi Asisten Bendahara BEM FMIPA 2012/2013 dan Kabiro di Dept.Litbang HIMASTA-ITS 2013/2014. Selain itu, penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan khususnya kegiatan yang diadakan oleh HIMASTA-ITS, salah satunya yaitu PRS. Penulis juga pernah menjadi *surveyor* untuk proyek “Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Kinerja ITS”. Pada tahun terakhir di bangku kuliah, penulis berkesempatan menjadi Asdos mata kuliah PKS kelas C dan juga mendapat dana hibah dari DIKTI untuk tiga PKMP yang didanai. Apabila pembaca ingin memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, ataupun berdiskusi terkait Tugas Akhir ini, silahkan menghubungi melalui email : yusuf.baharudin23@gmail.com.