TUGAS AKHIR - SS141501

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PROSES PRODUKSI ROKOK “AF” DI PT. IQ

INUNG ANGGUN SAPUTRI
NRP 062116 4500 0028

Dosen Pembimbing
Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

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

TUGAS AKHIR – SS141501

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PROSES PRODUKSI ROKOK "AF" DI PT. IQ

INUNG ANGGUN SAPUTRI
NRP 062116 4500 0028

Dosen Pembimbing
Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

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

FINAL PROJECT – SS141501

MULTIVARIATE QUALITY CONTROL OF "AF" CIGARETTE PRODUCTION PROCESS AT IQ COMPANY

INUNG ANGGUN SAPUTRI
SN 062116 4500 0028

Supervisors
Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

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

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PROSES PRODUKSI ROKOK "AF' DI PT. IQ

TUGAS AKHIR

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

Oleh :
Inung Anggun Saputri
NRP. 062116 4500 0028

Disetujui oleh Pembimbing:

Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S ( )
NIP. 19560424 198303 2 001
Diaz Fitra Aksioma, M.Si ( )
NIP. 19870602 201212 2 002

Mengetahui,
Kepala Departemen

Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PROSES PRODUKSI ROKOK "AF" DI PT. IQ

Nama : Inung Anggun Saputri
NRP : 062116 4500 0028
Departemen : Statistika
Pembimbing : Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

Abstrak

Industri pengolahan tembakau mempunyai peran penting dalam menggerakkan ekonomi nasional, karena mempunyai multiplier effect yang sangat luas, seperti menumbuhkan industri jasa terkait, dan penyerapan tenaga kerja. PT. IQ merupakan salah satu produsen rokok besar yang terdapat di Surabaya. Salah satu produk rokok SKM yang memiliki penjualan paling tinggi adalah rokok "AF". Rokok "AF" merupakan produk rokok kretek filter premium terbuat dari campuran tembakau dan cengkeh terbaik untuk menciptakan cita rasa yang sempurna. Akan tetapi penjualan netto PT. IQ mengalami penurunan sebesar 15,73% pada tahun 2017 dari tahun sebelumnya. Pengendalian kualitas di PT. IQ hanya dilakukan secara deskriptif dan univariat dimana terdapat kelemahan yaitu kurang efisien terhadap waktu dan tenaga. 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 analisis menunjukkan bahwa pembobot optimum pada peta kendali MEWMV adalah ω=0,9 dan λ=0,9. Sedangkan pembobot optimum untuk peta kendali MEWMA adalah λ=0,2. Pada fase satu variabilitas dan rata-rata proses telah terkendali secara statistik dan telah kapabel secara multivariat.

Kata kunci : *MEWMA, MEWMV, Multivariat, Peta Kendali, Rokok.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MULTIVARIATE QUALITY CONTROL OF “AF” CIGARETTE PRODUCTION PROCESS AT IQ COMPANY

Student Name : Inung Anggun Saputri
Student Number : 062116 4500 0028
Department : Statistics
Supervisor : Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

Abstract

Tobacco processing industry has an important role in moving the national economy due to a very broad multiplier effect, such as growing the related service industries and employment. PT. IQ is one of the major cigarette manufacturers in Surabaya. “AF” cigarette is one of SKM cigarette products that has the highest sale. “AF” cigarette is a premium filter clove cigarette made from the best mixture of tobacco and cloves to create the perfect flavor. However, net sales of PT. IQ decreased by 15.73% in 2017 from the previous year. Quality control at PT. IQ is only done descriptively and univariat. The weaknesses are inefficient time and energy. Therefore, statistical quality control is needed to determine the overall goodness of the process that can be measured from the process capability. In this study, Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV) control charts is used to detect the changes in process variability and Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) to detect mean process changes. The result of analysis shows that the optimum weighted on MEWMV control chart is $\omega = 0.9$ and $\lambda = 0.9$. While the optimum weighted for the MEWMA control chart is $\lambda = 0.2$. In phase one, the variability and average process have been statistically controlled and have been capable multivariately.

Keywords : *Cigarette, Control chart, MEWMA, MEWMV, Multivariate.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang tak pernah henti diberikan, serta kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PROSES PRODUKSI ROKOK "AF" DI PT. IQ** dengan baik dan tepat pada waktunya. Penyusunan Tugas Akhir ini tak luput dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S dan Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suhartono selaku Kepala Departemen Statistika ITS, Ibu Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si selaku Sekretaris Departemen Statistika ITS beserta Bapak Dr. Sutikno, S.Si., M.Si. selaku Kaprodi S1 Departemen Statistika ITS yang telah menyediakan fasilitas guna kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D serta Ibu Pratnya Paramitha Oktaviana, M.Si selaku dosen penguji atas segala kritikan dan saran yang sangat membangun
4. Ibu Santi Puteri Rahayu, Ph.D selaku dosen wali atas segala nasehat dan bimbingan yang berguna.
5. Karyawan Departemen *Research and Development* PT. IQ yang sangat ramah dan mau membagi ilmu kepada penulis yang memberi izin untuk melaksanakan penelitian.
6. Ibu Suyatmi, Bapak Muhadi dan Mas Agung atas doa, nasehat, dan cinta serta kasih sayang yang sangat besar dan luar biasa yang telah diberikan untuk penulis.
7. Sahabat-sahabat yang tergabung dalam LOL Kombong RBS yaitu Mba Linda CFR, Zuyyin Inesa Pratiwi, Raras Anasi,

Yongky Choirul Anam, Rima Kusumawati, Camelia Nanda Sholica, Siti Azizah N.S., Novi Ajeng, dan Jauhara Rana B., yang selalu menghibur dan menyemangati penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

8. Sahabat-sabahat Semut Pagar yaitu Zuyyin Inesa, Rakhmah Wahyu, Fransiska Kristin, dan Lely Presti yang hampir 24 jam bertemu dan selalu membantu ketika penulis mengalami kesulitan.
9. Teman-teman yang tergabung dalam laboratorium Statistika Komputasi yang selalu mendukung dan saling menyemangati mulai dari seminar proposal sampai dengan seminar hasil dan sidang tugas akhir.
10. Teman-teman yang tergabung dalam laboratorium Statistika Bisnis dan Industri yang bersedia berbagi ilmu dan berdiskusi mengenai materi tugas akhir ini.
11. Teman-teman Lintas Jalur Statistika ITS 2016 yang selama dua tahun telah berada pada grup dan bersedia berbagi pendapat dan informasi mengenai perkuliahan.
12. Teman-teman seperjuangan PW 118, serta teman-teman Statistika ITS yang memberikan hangatnya sebuah kebersamaan dan rasa kekeluargaan selama ini.
13. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
TITLE PAGE iii
LEMBAR PENGESAHAN v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR LAMPIRAN xix
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 5
1.4 Manfaat 5
1.5 Batasan Masalah 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Uji Dependensi Variabel 7
2.2 Distribusi Normal Multivariat 8
2.3 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance (MEWMV)* 9
2.4 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)* 13
2.5 Kapabilitas Proses 14
2.6 Diagram *Ishikawa* 15
2.7 Proses Produksi Rokok "AF" 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Sumber Data 19
3.2 Variabel Penelitian 19

3.3 Struktur Data 19
3.4 Langkah Analisis.. 20
3.5 Diagram Alir.. 22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN
4.1 Karakteristik Data Produksi Rokok "AF" 25
4.2 Pengendalian Variabilitas Proses dengan Peta Kendali MEWMV 26
4.3 Pengendalian Rata-rata Proses dengan Peta Kendali MEWMA.. 32
4.4 Identifikasi Penyebab *Out of Control*.................................. 35
4.5 Kapabilitas Proses Produksi Rokok "AF"........................... 37
4.6 Peta Kendali MEWMV dan MEWMA Fase II 38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 41
5.2 Saran 41
DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 45

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Variabel Penelitian... 19
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian... 20
Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas 25
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dependensi................................... 26
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Normal Multivatiat....................... 27
Tabel 4.4 Hasil Peta Kendali MEWMV 28
Tabel 4.5 Selisih Titik Maksimum dan BKA 33
Tabel 4.6 Kapabilitas Proses Univariat................................... 37

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa* 15
Gambar 2.2 Peta Proses Produksi 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 22
Gambar 4.1 Peta Kendali MEWMV dengan ω=0,9
dan λ=0,9 29
Gambar 4.2 Peta Kendali MEWMV dengan ω=0,9
dan λ=0,9 (stabil) 29
Gambar 4.3 Peta Kendali MEWMV Perbaikan I.................... 30
Gambar 4.4 Peta Kendali MEWMV Perbaikan II 31
Gambar 4.5 Peta Kendali MEWMV Perbaikan III 32
Gambar 4.6 Peta Kendali MEWMA dengan λ=0,2................ 34
Gambar 4.7 Peta Kendali MEWMA Setelah Perbaikan
(λ=0,2) 34
Gambar 4.8 Identifikasi Penyebab Tidak Terkendali 35
Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMV Fase II 39
Gambar 4.10 Peta Kendali MEWMA Fase II 39

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Proses Produksi “AF” Fase I 45
Lampiran 2. Data Proses Produksi “AF” Fase II 45
Lampiran 3. *Output* Statistika Deskriptif...............................46
Lampiran 4. *Output* SPSS Uji *Bartlett’s Sphericity* 46
Lampiran 5. *Syntax* R Uji Distribusi Normal Multivariat.....47
Lampiran 6. Syntax MATLAB Peta Kendali MEWMV 48
Lampiran 7. Nilai L untuk Peta Kendali MEWMV 50
Lampiran 8. Peta Kendali MEWMV 51
Lampiran 9. Peta Kendali MEWMA 53
Lampiran 10. Kapabilitas Proses Univariat 55

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri merupakan salah satu indikator kemajuan suatu negara. Industri pengolahan tembakau mempunyai peran penting dalam menggerakkan ekonomi nasional, karena mempunyai *multiplier effect* yang sangat luas, seperti menumbuhkan industri jasa terkait, penyediaan lapangan usaha dan penyerapan tenaga kerja mencapai 6,1 juta orang terutama di daerah penghasil tembakau, cengkeh, dan sentra-sentra produksi rokok (Kementerian Perindustrian, 2018). Tembakau merupakan salah satu komoditas perdagangan industri yang penting di dunia, termasuk Indonesia. Berdasarkan riset Atlas Tobacco, Indonesia menduduki ranking satu dengan jumlah perokok tertinggi di dunia yaitu mencapai 90 juta jiwa pada tahun 2016. Indonesia menempati urutan tertinggi prevalensi merokok bagi ASEAN yaitu sebesar 67,4% (Aldino, 2017). Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan aspek ekonomi industri pengolahan tembakau dikembangkan dengan tidak mengabaikan faktor kesehatan. Industri rokok menjadi sumber penghidupan bagi 6,1 juta orang yang bekerja di Industri rokok secara langsung dan tidak langsung, termasuk 1,8 juta petani tembakau dan cengkeh (Nurhayat, 2015). Industri rokok juga merupakan salah satu sumber pemasukan negara yang cukup besar dari penerimaan bea dan cukai. Penerimaan bea dan cukai dari industri rokok mengalami kenaikan 10,4% atau sekitar Rp. 152 trilliun dibandingkan dengan tahun 2016 yaitu sebesar Rp. 142 trilliun (Wisnu, 2017).

PT. IQ merupakan salah satu produsen rokok besar yang terdapat di Surabaya. Produk yang dihasilkan oleh PT. IQ dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan proses produksinya yaitu Sigaret Kretek Tangan (SKT) dan Sigaret Kretek Mesin (SKM). Produk rokok yang termasuk ke dalam SKT antara lain *GK, GKS, WSp,* dan *WSl*. Sedangkan produk rokok yang termasuk dalam SKM adalah *AF, GM, DM,* dan *DMM*. Penjualan rokok SKM me-

rupakan penjualan yang paling tinggi yaitu sebesar 77% dibandingkan dengan rokok SKT (Wismilak, 2014). Salah satu produk rokok SKM yang memiliki penjualan paling tinggi adalah rokok "AF". "AF" merupakan produk rokok kretek filter premium terbuat dari campuran tembakau dan cengkeh terbaik untuk menciptakan cita rasa yang sempurna. "AF" juga merupakan produk rokok reguler yang diproduksi mulai tahun 1960an dan masih men-jadi produk reguler andalan bagi PT. IQ.

Berita yang dikutip oleh Market Bisnis menyatakan bahwa PT. IQ mencatatkan penurunan laba bersih sebesar 80,93% dari Rp. 60,69 miliar pada semester I tahun 2016 menjadi Rp. 11,57 miliar pada semester I tahun 2017. Perseroan mencatatkan penuru-nan penjualan netto sebesar 15,73% dari Rp. 902,65 miliar pada semester I tahun 2016 menjadi Rp. 760,68 miliar pada semester I tahun 2017 (Hendra, 2017). Tidak diketahuinya penyebab dari penurunan tersebut menyebabkan PT. IQ harus bekerja keras untuk mengejar ketinggalan dari sisi kinerja maupun *brand*. Perusahaan harus menjaga kualitas produk rokok yang diproduksi. Ketatnya persaingan dalam bidang pemasaran produk juga menyebabkan perusahaan perlu meningkatkan kualitas dan inovasi produk. Kualitas telah menjadi bagian yang sangat penting dari setiap proses produksi. Kualitas merupakan kemampuan sebuah produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. 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.

Pengendalian kualitas adalah kegiatan memastikan apakah kebijakan dalam hal kualitas (standar) dapat tercermin dalam hasil akhir, atau dengan kata lain usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang-barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijak-

an pimpinan (Assauri, 2004). Sedangkan pengendalian kualitas secara statistik yaitu sebuah proses yang digunakan untuk menjaga standar, mengukur dan melakukan tindakan perbaikan terhadap produk atau jasa yang diproduksi (Heizer & Render, 2006). Pengendalian kualitas statistik sangat diperlukan oleh PT. IQ untuk mengetahui kapabilitas proses produksi rokok “AF”. Pengendalian kualitas di PT. IQ dilakukan oleh departemen *Secondary Production* yang mengukur karakteristik kualitas pada produk rokok “AF”. Karakteristik kualitas yang diukur antara lain adalah berat rokok, *Pressure Drop* (PD), dan diameter rokok. Karakteristik kualitas tersebut yang mempengaruhi performa produk bagi konsumen.

Penelitian sebelumnya mengenai pengendalian kualitas pada produk rokok dilakukan oleh Mawardi (2016) yaitu pengendalian kualitas statistik pada produk rokok *Diplomat Mild* di PT. IQ. Hasil analisisnya adalah variabilitas dan rata-rata proses telah ter-kendali secara statistik menggunakan peta kendali T^2 *Hotelling* dan *Generalized Variance*. Penelitian lainnya adalah peningkatan kualitas rokok SKT dengan metode *Six Sigma* di PT. Djarum Kudus menggunakan peta kendali atribut. Hasilnya adalah masih terdapat beberapa titik pengamatan yang keluar dari batas kendali (Santoso, Choiri, & Setyanto, 2013). Beberapa penelitian mengenai MEWMV dan MEWMA diantaranya adalah Hidayati (2016) telah melakukan penelitian dengan menerapkan peta kendali MEWMV dan MEWMA untuk memonitor proses produksi di pabrik gula Toelangan Sidoarjo. Hasil analisis menggunakan peta kendali MEWMV diperoleh pembobot dengan $\omega = 0{,}7$ dan $\lambda = 0{,}9$. Sedangkan pada peta kendali MEWMA proses belum terkendali secara statistik dengan pembobot $\lambda = 0{,}9$. Widya (2017) melakukan penelitian untuk memonitor proses produk biskuit Go! Riorio di PT. Siantar Top diperoleh hasil nilai pembobot optimum pada peta kendali MEWMA adalah $\lambda = 0{,}2$, sedangkan pada peta kendali MEMMV yaitu $\omega = 0{,}7$ dan $\lambda = 0{,}9$. Penelitian lain dilakukan oleh Novitasari (2016) di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk yaitu memonitor proses produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble*. Ha-

sil analisis menggunakan peta kendali MEWMV diperoleh pembobot optimum ω = 0,3 dan λ = 0,4, sedangkan MEWMA dengan λ = 0,4.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kendali. Peta kendali yang efektif adalah peta kendali yang dapat mendeteksi pergeseran yang kecil dari proses produksi. Terdapat dua macam peta kendali yaitu peta kendali univariat dan peta kendali multivariat. Peta kendali univariat digunakan untuk mengontrol satu karakteristik kualitas saja. Pada proses produksi rokok "AF" dijumpai tiga karakteristik kualitas utama yang sangat penting untuk dimonitor supaya produk yang dihasilkan konsisten sesuai standar. Jika diameter rokok bertambah, maka berat rokok, dan berat hisapan (*Pressure Drop*) juga akan bertambah. Pada kondisi ini, analisis yang relevan untuk mengontrol proses produksi "AF" adalah peta kendali multivariat. Peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) merupakan peta kendali multivariat untuk mendeteksi perubahan variabilitas proses. Sedangkan peta kendali untuk mendeteksi pergeseran *mean* vektor adalah *Multivariate Expoentially Weighted Moving Average* (MEWMA). Kelebihan dari peta kendali ini adalah lebih sensitif terhadap pergeseran data, sehingga data yang tidak terkendali akan lebih cepat terdeteksi. Selain itu peta kendali MEWMV dan MEWMA ini *robust* terhadap distribusi normal (Montgomery, 2009).

1.2 Rumusan Masalah

PT. IQ melakukan pengendalian kualitas proses produksi "AF" hanya dengan melihat karakteristik kualitas berdasarkan batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan. Karakteristik kualitas utama yang diukur dari produk rokok ini adalah berat rokok, diameter rokok, dan *Pressure Drop*. Kondisi ini mengakibatkan perusahaan tidak dapat mengetahui kondisi proses yang sebenarnya secara menyeluruh. Pengendalian kualitas di PT. IQ juga dilakukan secara univariat. Pengendalian secara univariat memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah kurang efisien terhadap waktu,

tenaga, dan biaya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengendalian kualitas statistik dengan peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) untuk mengetahui kinerja proses produksi rokok "AF" secara menyeluruh yang ditunjukkan oleh rata-rata dan varians. Peta kendali MEWMV dan MEWMA dapat digunakan untuk mendeteksi pergeseran proses yang kecil, sehingga mampu memberikan *early warning* bagi perusahaan sebelum produk keluar dari batas spesifikasi.

1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik kualitas hasil produksi rokok "AF", memonitor variabilitas proses produksi rokok "AF" dengan menggunakan peta kendali MEWMV, memonitor rata-rata proses produksi rokok "AF" dengan menggunakan peta kendali MEWMA. Tujuan lainnya adalah menilai kebaikan proses dengan menggunakan indeks kapabilitas proses.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah mampu mendapatkan gambaran tentang proses produksi di PT. IQ terkait dengan proses *making* yaitu salah satu bagian dari proses produksi rokok SKM di PT. IQ. Selain itu dapat memberikan tambahan informasi mengenai pengendalian kualitas pada proses produksi rokok "AF".

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi hanya pada proses produksi rokok "AF". Hal tersebut dikarenakan produk Rokok "AF" merupakan salah satu produk unggulan di PT. IQ dan jumlah penjualan yang paling tinggi dibandingkan produk lainnya. Pengamatan dilakukan pada bulan Januari hingga November 2017.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian Dependensi Variabel

Pengamatan dengan *p* variabel, yaitu vektor X_1, X_2, … X_p dikatakan independen jika matriks korelasi (**ρ**) antar variabel sama dengan matriks identitas (**I**) (Morrison, 1990). Untuk mengetahui apakah variabel-variabel saling independen maka digunakan metode *Bartlett Test* dengan hipotesis awal (H_0) adalah $\boldsymbol{\rho} = \mathbf{I}$ (karakteristik kualitas saling independen) dan hipotesis alternatif (H_1) adalah $\boldsymbol{\rho} \neq \mathbf{I}$ (karakteristik kualitas saling dependen). Statistik uji yang digunakan pada pengujian ini dituliskan pada Persamaan (2.1) berikut ini.

$$\chi^2 = -\left\{ n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \ln|\mathbf{R}|, \tag{2.1}$$

keterangan :

n : banyaknya observasi
p : banyaknya karakteristik kualitas
R : matrik korelasi antar karakteristik kualitas

Dengan menggunakan uji hipotesis tersebut, dependensi variabel diketahui jika nilai $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha;\frac{1}{2}p(p-1))}$, maka antar karakteristik kualitas saling dependen. Nilai $\chi^2_{(\alpha;\frac{1}{2}p(p-1))}$ merupakan nilai Distribusi *Chi-Square* dengan tingkat kepercayaan sebesar α dan derajat bebas $\frac{1}{2}p(p-1)$. Matrik korelasi **R** diberikan oleh (Walpole, 1995).

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix},$$

dengan

$$r_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ih} - \bar{x}_h)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}}, \quad \begin{array}{c} i = 1, 2, ..., n, \\ j = 1, 2, ..., p, \\ h = 1, 2, ..., p, \\ j \neq h, \end{array} \tag{2.2}$$

dimana :

r_{jh} = nilai korelasi antara karakteristik kualitas ke-*j* dan karakteristik kualitas ke-*h*

x_{ij} = observasi ke-i karakteristik kualitas ke-*j*

x_{ih} = observasi ke-i karakteristik kualitas ke-*h*

$\bar{x}_h$ = rata-rata karakteristik kualitas ke-*h*

$\bar{x}_j$ = rata-rata karakteristik kualitas ke-*j*

2.2 Distribusi Normal Multivariat

Salah satu hal yang harus diperiksa pada pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali multivariat adalah distribusi normal multivariat. Distribusi normal multivariat merupakan pengembangan dari distribusi normal secara univariat. Variabel X_1, X_2, … , X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter $\boldsymbol{\mu}$ dan Σ jika mempunyai *probability density function* berikut ini (Johnson & Wichern, 2007).

$$f(\mathbf{x} \mid \boldsymbol{\mu}, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})'\Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})}, \tag{2.3}$$

dimana:

$\boldsymbol{\mu}$: vektor rata-rata

Σ : matrik varians kovarians populasi

p : banyaknya karakteristik kualitas

Pengujian normal multivariat menggunakan *Saphiro-Wilk* dengan hipotesis awal (H_0) adalah data berdistribusi normal multivariat dan hipotesis alternatif (H_1) adalah data tidak berdistribusi normal multivariat. Statistik uji yang digunakan pada pengujian ini dituliskan pada Persamaan (2.4) berikut ini.

$$W^* = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} W_{z_j} \qquad (2.4)$$

dimana W_{z_j} merupakan titik koordinat ke-*j* dari observasi yang telah ditransformasi $Z_{j1}, \ldots, Z_{jn}$, j=1,2,…,p. Dengan menggunakan pengujian hipotesis tersebut, data tidak berdistribusi normal multivariat apabila nilai $W^* < C_{\alpha;n;p}$. Persamaan untuk *critical point* tersebut dituliskan pada Persamaan (2.5) berikut ini. (Alva & Estrada, 2009).

$$C_{\alpha;n,p} = 1 - \exp\left\{\mu_1 + \sigma_1 \Phi^{-1}(1-\alpha)\right\}, \qquad (2.5)$$

dimana μ_1 merupakan pendekatan nilai rata-rata, σ_1 merupakan pendekatan nilai standar deviasi, dan $\Phi^{-1}(1\text{-}\alpha)$ merupakan invers dari distribusi normal standar.

2.3 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

Diagram kendali MEWMV digunakan untuk mendeteksi secara sensitif terjadinya perubahan variabilitas proses. Pada kasus riil rata-rata dan variabilitas proses dapat berubah selama periode pengamatan. Oleh karena itu, dibutuhkan diagram kendali yang bukan hanya untuk mendeteksi pergeseran variabilitas, tetapi juga rata-rata proses. (Huwang, Arthur, & Chien-Wei, 2007). Diagram kendali MEWMV dibentuk dari persamaan berikut.

$$\mathbf{V}_n = \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)' + (1-\omega)\mathbf{V}_{n-1} \qquad (2.6)$$

dimana ω merupakan nilai pembobot yang bernilai $0 < \omega < 1$ dan $\mathbf{V}_0 = (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)'$. Estimasi dari $\mathbf{y}_n$ untuk rata-rata proses pada waktu ke *n* dapat dilihat pada persamaan berikut (Lowry, Woodall, Champ, & Rigdon, 1992).

$$\mathbf{y}_n = \lambda\mathbf{x}_n + (1-\lambda)\mathbf{y}_{n-1} \qquad (2.7)$$

dimana λ adalah pembobot yang bernilai $0 < \lambda < 1$ dengan $\mathbf{y_0} = 0$. Melalui Persamaan (2.6) dan (2.7) didapatkan Persamaan berikut ini.

$$\mathbf{V}_n = \sum_{i=1}^{n} \omega(1-\omega)^{n-i}(\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)(\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)' + (1-\omega)^n \mathbf{V}_0 \qquad (2.8)$$

$$\mathbf{y}_n = \sum_{i=1}^{n} \lambda(1-\lambda)^{n-i}\mathbf{x}_i \qquad (2.9)$$

Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan matrik **C** dan matrik **(X-Y).** Matrik **C** merupakan matrik diagonal berukuran *n* x *n* dengan *ω* sebagai elemennya dimana *ω* adalah *smoothing constant*. Matriks ini menunjukkan suatu nilai pembobot dari $\mathbf{V}_n$ yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} (1-\omega)^{n-1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \omega(1-\omega)^{n-2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & \omega(1-\omega) & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \omega \end{bmatrix} \qquad (2.10)$$

Setelah didapatkan matrik **C**, maka tahap selanjutnya adalah mendefinisikan matrik **(X-Y)** seperti dibawah ini.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \qquad (2.11)$$

Langkah selanjutnya adalah mensubstitusikan Persamaan (2.9) ke dalam $\mathbf{x_i} - \mathbf{y_i}$, sehingga didapatkan persamaan berikut ini.

$$\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i = \mathbf{x}_i - \sum_{j=1}^{i} \lambda(1-\lambda)^{i-j}\mathbf{x}_j \qquad (2.12)$$

$$= (1-\lambda)\mathbf{x}_i - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{i-1} - \ldots - \lambda(1-\lambda)^{i-1}\mathbf{x}_1 ; \quad i = 1, 2, ..., n$$

Melalui Persamaan (2.11) maka dilanjutkan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) = \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' \\ (\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)' \end{bmatrix}$$

$$(\mathbf{X}-\mathbf{Y})=\begin{bmatrix}(1-\lambda)\mathbf{x}_1\\(1-\lambda)\mathbf{x}_2-\lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1\\\vdots\\(1-\lambda)\mathbf{x}_n-\lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{n\text{-}1}-\ldots-\lambda(1-\lambda)^{n-1}\mathbf{x}_1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1-\lambda & 0 & \ldots & 0\\-\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \ldots & 0\\\vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\-\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \ldots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{x}_1^{'}\\\mathbf{x}_2^{'}\\\vdots\\\mathbf{x}_n^{'}\end{bmatrix} \quad (2.13)$$

$$=(\mathbf{I}_n-\mathbf{M})\mathbf{X}$$

dimana $\mathbf{I_n}$ merupakan matrik identitas berukuran *n* x *n* dan **M** adalah matrik segitiga bawah berukuran *n* x *n* dengan λ merupakan bobot yang telah ditetapkan.

$$\mathbf{M}=\begin{bmatrix}\lambda & 0 & \ldots & 0\\\lambda(1-\lambda) & \lambda & \ldots & 0\\\vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \ldots & \lambda(1-\lambda) & \lambda\end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Hasilnya diperoleh Persamaan (2.15) berikut ini.

$$\mathbf{V}_n=(\mathbf{X}-\mathbf{Y})'\mathbf{C}(\mathbf{X}-\mathbf{Y}) \quad (2.15)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2.13) ke dalam Persamaan (2.15) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_n&=\mathbf{X}'(\mathbf{I}_n-\mathbf{M})'\mathbf{C}(\mathbf{I}_n-\mathbf{M})\mathbf{X}\\\mathbf{V}_n&=\mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X}\end{aligned} \quad (2.16)$$

dimana **Q** adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran *n* x *n*

$$\mathbf{Q}=(\mathbf{I}_n-\mathbf{M})'\mathbf{C}(\mathbf{I}_n-\mathbf{M}) \quad (2.17)$$

Dari Persamaan (2.17) dapat dicari nilai tr($\mathbf{V}_n$) dengan Persamaan berikut.

$$\begin{aligned}\mathrm{tr}(\mathbf{V}_n)&=\mathrm{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X})\\&=\mathrm{tr}(\mathbf{Q}\mathbf{X}\mathbf{X}')\end{aligned} \quad (2.18)$$

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

Sehingga dapat diketahui,

$$\begin{aligned} \mathrm{tr}(\mathbf{V}_n) &= \sum_{l=1}^{n} q_{1l}(\sum_{k=1}^{p} x_{1k}x_{lk}) + \sum_{l=1}^{n} q_{2l}(\sum_{k=1}^{p} x_{2k}x_{lk}) + \cdots + \sum_{l=1}^{n} q_{nl}(\sum_{k=1}^{p} x_{nk}x_{lk}) \\ &= \sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} q_{il}(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}x_{lk}) \end{aligned} \quad (2.19)$$

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

$$\begin{aligned} \mathrm{E}(\mathrm{tr}(\mathbf{V}_n)) &= \sum_{i=1}^{n} q_{ii}\mathrm{E}(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}^2) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{l\neq i}^{n} q_{ij}\mathrm{E}(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}x_{lk}) \\ &= p\sum_{i=1}^{n} q_{ii} \\ &= p\ \mathrm{tr}(\mathbf{Q}) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Nilai E(tr($\mathbf{V}_n$)) akan konvergen ke $\mathrm{E}(\mathbf{V}_n) = \dfrac{2(1-\lambda)^2 \Sigma}{2-\lambda}$ untuk $n\rightarrow\infty$ Perhitungan nilai Var(tr($\mathbf{V}_n$)) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathrm{Var}\left[\mathrm{tr}(\mathbf{V}_n)\right] &= \left[\sum_{i=1}^{n} q_{ii}\sum_{k=1}^{p} x_{ik}^2 + 2\sum_{i=1}^{n}\sum_{l<i}^{n} q_{il}\sum_{k=1}^{p} x_{ik}x_{lk}\right] \\ &= \sum_{i=1}^{n} q_{ii}^2\ \mathrm{var}\left(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}^2\right) + 4\sum_{i=1}^{n}\sum_{l<i}^{n} q_{il}^2\ \mathrm{var}\left(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}x_{lk}\right) \\ &= 2p\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} q_{il}^2 + 4\sum_{i=1}^{n}\sum_{l<i}^{n} q_{il}^2 \\ &= 2p\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} q_{il}^2 \end{aligned} \quad (2.21)$$

Persamaan (2.21) akan menjadi batas diagram kontrol yang memungkinkan untuk setiap n dan batas kendali berdasarkan tr($\mathbf{V}_n$) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &\mathrm{E}\left[\mathrm{tr}(\mathbf{V}_n)\right] \pm L\sqrt{\mathrm{Var}\left[\mathrm{tr}(\mathbf{V}_n)\right]} \\ &p\,\mathrm{tr}(\mathbf{Q}) \pm L\sqrt{2p\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} q_{il}^2} \end{aligned} \tag{2.22}$$

dimana L merupakan konstanta yang bergantung pada p (banyaknya karakteristik kualitas) dan nilai ω dan λ yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai L untuk jumlah karakteristik kualitas atau p=3 terdapat pada Lampiran 7 (Huwang, Arthur, & Chien-Wei, 2007).

2.4 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Peta kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan *mean* proses. Kelebihannya adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal, sehingga ketika data tidak memenuhi asumsi normal, maka peta kendali ini masih bisa digunakan. Peta kendali MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA yang didefinisikan pada Persamaan (2.23) sebagai berikut.

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

dimana $\mathbf{X}_i$ merupakan vektor rata-rata sampel, λ adalah pembobot yang bernilai $0 < \lambda \leq 1$ 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 $\lambda_1 = \lambda_2 = \ldots = \lambda_p = \lambda$. Titik pengamatan yang diplotkan di diagram kendali adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{T}_i^2 = \mathbf{Z}_i'\left[\Sigma_{z_i}\right]^{-1}\mathbf{Z}_i \tag{2.24}$$

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

$$\Sigma_{Z_i} = \frac{\lambda}{2-\lambda}\left[1-(1-\lambda)^{2i}\right]\Sigma \tag{2.25}$$

Matriks kovarian ini analog dengan varians pada data univariat EWMA. Batas pengendali bawah (LCL) untuk peta kendali MEWMA sama dengan 0 karena nilai $\mathbf{T}_i^2$ yang selalu positif sehingga batas kendali bawah (LCL) yang paling minimum dari suatu nilai yang positif adalah 0 (Montgomery, 2009).

2.5 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan kemampuan suatu proses dalam menghasilkan produk atau jasa yang sesuai dengan kebutuhan syarat dari konsumen atau spesifikasi yang diharapkan. Kapabilitas proses juga dapat diartikan pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Indeks kapabilitas yang disarankan oleh *Automotive Industry Action Group* (AIAG) untuk proses dalam keadaan *in control* adalah C_P dan C_{PK}, sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan *in control*, digunakan indeks *performance process* P_P dan P_{PK} (Montgomery, 2009). Perhitungan indeks C_P dan C_{PK} untuk data univariat adalah sebagai berikut.

$$C_P = \frac{BSA - BSB}{6\hat{\sigma}}, \tag{2.26}$$

$$C_{PK} = \min\left\{\frac{BSA - \mu}{3\hat{\sigma}}; \frac{\mu - BSB}{3\hat{\sigma}}\right\}, \tag{2.27}$$

keterangan :

C_P = indeks presisi proses

C_{PK} = indeks akurasi proses

BSA = batas spesifikasi atas

BSB = batas spesifikasi bawah

Proses dikatakan telah kapabel apabila nilai C_P dan C_{PK} lebih dari satu (Montgomery, 2009). Karakteristik kualitas yang diguna-kan pada penelitian ini adalah sebanyak tiga, maka digunakan indeks *performance process* secara multivariat dengan memper-timbangkan tidak diketahuinya nilai pembobot dari

masing-masing karakteristik kualitas, dapat dihitung dengan menggunakan Per-samaan berikut ini (Raissi, 2009).

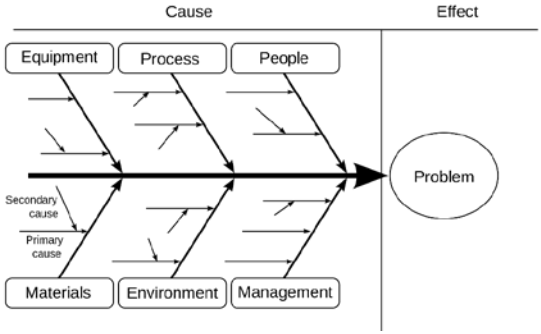
$$MC_P = \sum_{k=1}^{p} W_k C_P(x_k), \tag{2.28}$$

$$MC_{PK} = \sum_{k=1}^{p} W_k C_{PK}(x_k), \tag{2.29}$$

dimana $M\,C_P$, $M\,C_{PK}$ berturut-turut merupakan bentuk C_P dan C_{PK} dalam keadaan multivariat dengan W merupakan pembobot ber-dasarkan kepentingan dengan $\sum_{k=1}^{p} W_k = 1$. Nilai W_k disesuaikan de-ngan pembobot karakteristik kualitas yang ditetapkan oleh peru-sahaan. Jika tidak ada pembobotan untuk masing-masing karakter-istik kualitas maka nilai pembobot dianggap sama.

2.6 Diagram *Ishikawa*

Menurut Montgomery (2009), teknik yang berguna untuk analisis ketidaksesuaian lebih lanjut adalah diagram sebab dan akibat (juga dinamakan diagram tulang ikan atau diagram *Ishi-kawa*). Diagram sebab dan akibat digunakan untuk melukiskan dengan jelas berbagai sumber ketidaksesuaian dalam produk dan saling hubungannya. Berguna dalam memusatkan perhatian opera-tor, insinyur produksi, dan pimpinan dalam masalah kualitas. Me-ngembangkan diagram sebab dan akibat yang baik biasanya me-majukan tingkat pemahaman teknologi proses.



Sumber : https://www.commons.wikimedia.org

Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa*

2.7 Proses Produksi Rokok "AF" di PT. IQ

PT. IQ merupakan salah satu produsen rokok besar yang terdapat di Surabaya dan merupakan anak perusahaan PT. WIM Tbk. Dengan visi yang di jalankan yaitu "Berupaya menjadi pelaku industri kelas dunia dengan keunggulan kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dengan pertumbuhan berkesinambungan yang diperoleh melalui integritas, kerjasama tim, pengembangan yang berkelanjutan serta inovasi", PT. IQ terus tumbuh dan berkem-bang hingga saat ini. Produk pertama PT. IQ adalah sigaret kretek tangan (SKT) merek "G" dan "AF" yang mulai diproduksi bulan September tahun 1962. Setahun kemudian PT. IQ meluncurkan produk "WKS". Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi pembuatan rokok PT. IQ meluncurkan produk 'D' pada tahun 1989. Dalam perkembangan selanjutnya, produk-produk berkuali-tas lahir dari PT. IQ misalkan *G, KS, WKS, GM,* dan *DM. DM* adalah puncak kejayaan pengalaman bertahun-tahun yang didorong oleh teknologi, keahlian, beserta semangat untuk mencapai keunggulan yang dapat menghasilkan sensasi rokok yang manis dan aromatik (Wismilak, 2018).

Tahapan proses produksi rokok "AF" di PT. IQ meliputi *primary processing, secondary processing,* dan *finished goods warehousing* dengan penjelasan masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

a. *Primary Processing*

   Primary processing merupakan tahap awal dalam proses produksi rokok. Tujuan utama *primary processing* adalah memisahkan daun tembakau dan batang tembakau dan batang tembakau, menghilangkan unsur pengganggu, serta merajang cengkeh dan tembakau.

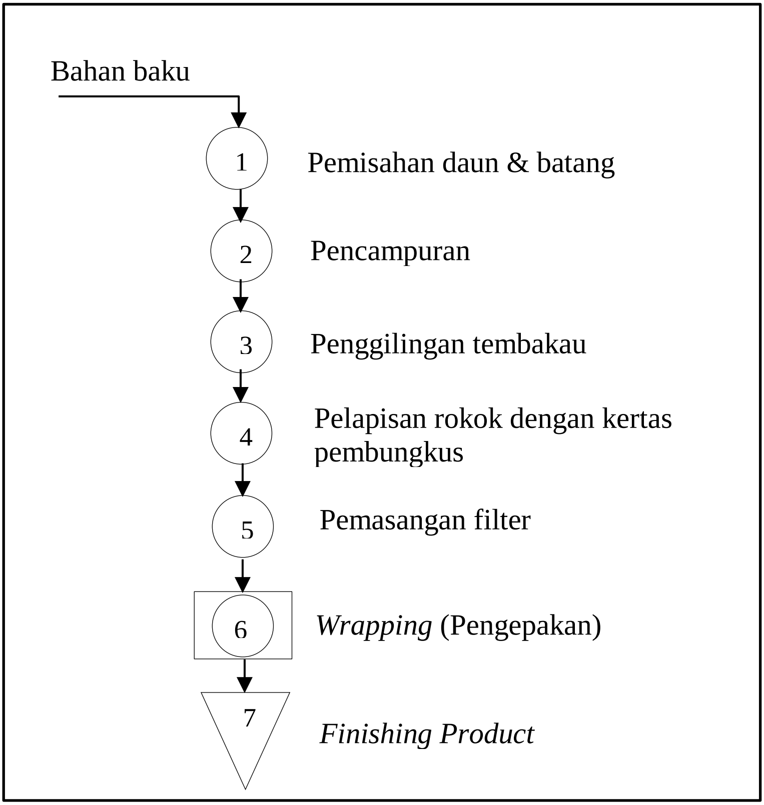
b. *Secondary Processing*

   Proses ini merupakan tahapan kedua setelah proses *primary* processing. Pada proses *secondary processing* terdiri dari penggilingan tembakau, filter ditambahkan pada setiap batang rokok setelah proses pelapisan. Setelah itu produk dikemas dalam berbagai kemasan.

c. *Finished Goods Warehousing*

Proses terakhir merupakan penggudangan produk akhir, yang langsung dikirim dari area *secondary processing* ke gudang produk akhir.

Langkah-langkah proses produksi rokok “AF” di PT. IQ ditampilkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Peta Proses Produksi Rokok “AF”

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari bagian *Secondary Production* Departemen *Research and Development* (RnD) PT. IQ Surabaya yaitu data hasil produksi "AF" pada bulan Januari sampai dengan November 2017. Data yang digunakan pada Fase I adalah data bulan Januari sampai dengan Agustus 2017, sedangkan pada Fase II menggunakan data bulan September sampai dengan November 2017. Sistem kerja di PT. IQ terbagi menjadi tiga *shift* kerja yaitu pagi, siang, dan sore. Subgrup yang digunakan adalah *shift* dan pada setiap *shift* diambil satu sampel rokok "AF".

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak tiga variabel yaitu terdapat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Definisi Operasional	Satuan	Batas Spesifikasi	Skala
X_1	Berat Rokok	Berat rokok setiap batang	gram	1,36 – 1,85	Rasio
X_2	Diameter Rokok	Lebar lingkaran setiap batang rokok	mm	7,76 – 8,26	Rasio
X_3	Berat hisap (*Pressure Drop*)	Berat hisap setiap batang rokok	mmWG	96,42 – 98,92	Rasio

Karakteristik kualitas yang digunakan merupakan karakteristik kualitas fisik utama dari produk rokok "AF" yang telah direkomendasikan dan disetujui oleh pihak perusahaan PT. IQ Surabaya.

3.3 Struktur Data

Stuktur dari data yang akan digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Struktur Data Penelitian

Observasi ke-	**Karakteristik Kualitas**		
	$\mathbf{X_1}$	$\mathbf{X_2}$	$\mathbf{X_3}$
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}
…	…	…	…
n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}

3.4 Langkah Analisis

Berikut ini adalah langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian.

1. Melakukan eksplorasi data secara deskriptif.
2. Melakukan pengujian asumsi yaitu pengujian korelasi antar karakteristik kualitas dengan Persamaan (2.1) dan pengujian distribusi normal multivariat dengan Persamaan (2.4).
3. Membuat peta kendali MEWMV (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance*) dengan tahapan sebagai berikut.
   a. Membuat matriks **C** dengan ukuran *n* x *n*, dengan nilai diagonal utama ω (nilai pembobot yang telah ditentukan) seperti pada Persamaan (2.10).
   b. Membuat matriks **M** yaitu matriks segitiga bawah dengan elemennya λ (nilai pembobot yang telah ditentukan) seperti pada Persamaan (2.14).
   c. Membuat matriks $\mathbf{I}_n$ berukuran *n* x *n*.
   d. Menghitung matriks **Q** sesuai dengan Persamaan (2.17) yang digunakan untuk mendapatkan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ sebagai matriks karakteristik kualitas yang akan dikontrol.
   e. Menghitung nilai $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ sesuai dengan Persamaan (2.19) dengan matriks **X** adalah vektor elemen pada vektor pengamatan x_i.
   f. Membuat $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ sesuai dengan Persamaan (2.20) dan menghitung $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ sesuai dengan Persamaan (2.21).
   g. Menentukan batas kendali untuk setiap pengamatan dengan Persamaan (2.22).
   h. Membuat peta kendali MEWMV dengan sumbu horizontal merupakan urutan pengamatan atau subgrup, sumbu verti-

kal merupakan merupakan nilai tr($\mathbf{V_n}$). Titik-titik pengamatan menyatakan nilai tr($\mathbf{V_n}$) pada setiap subgrup.

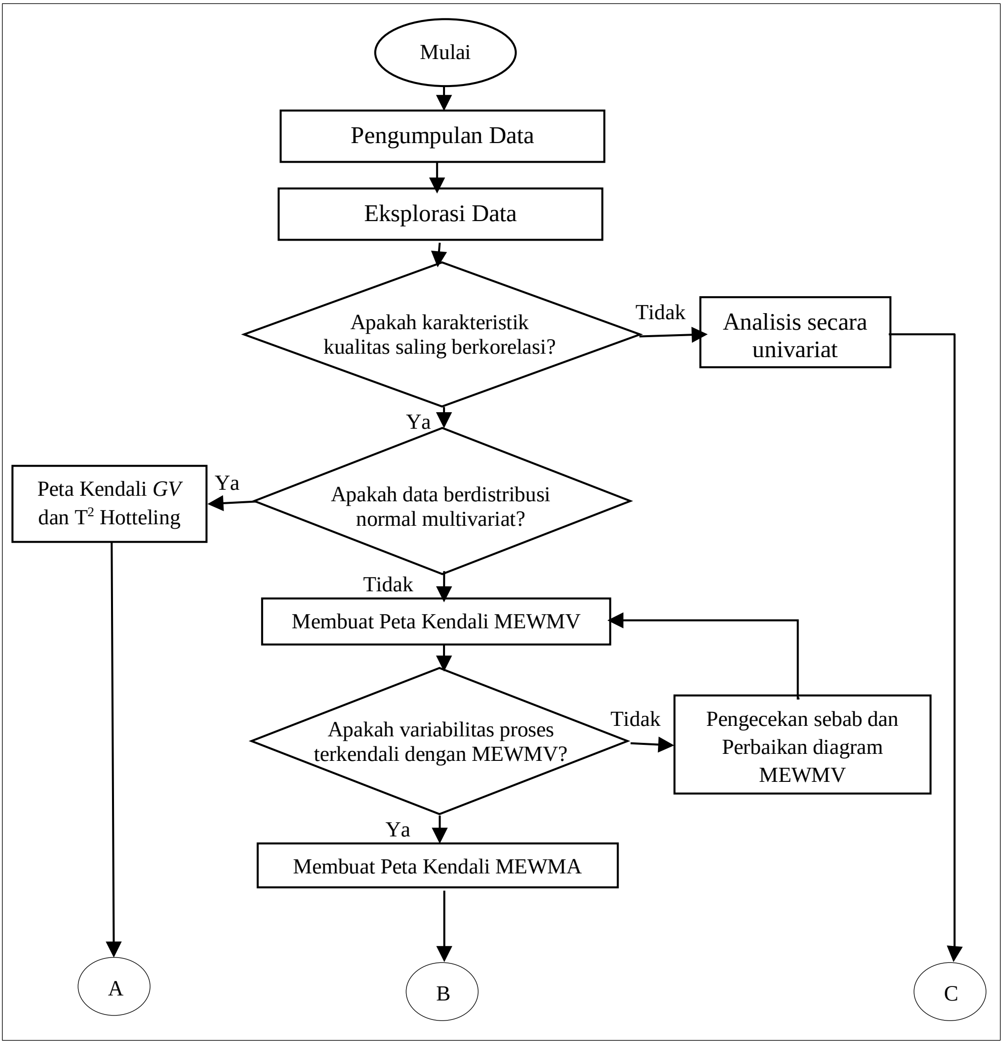
i. Apabila terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali, dilakukan identifikasi penyebabnya. Jika penyebab diketahui, maka dilakukan perbaikan dengan mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali sampai didapatkan peta kendali MEWMV yang terkendali.

4. Membuat peta kendali MEWMA (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Average*) dengan tahapan sebagai berikut ini.
   a. Data yang digunakan untuk membuat atau merancang peta kendali MEWMA adalah data hasil pengendalian variabilitas menggunakan MEWMV.
   b. Menentukan pembobot dengan batas kendali yang telah ditetapkan pada peta kendali MEWMA.
   c. Menghitung matriks varian kovarian ($\mathbf{\Sigma}$).
   d. Menghitung vektor MEWMA sesuai dengan Persamaan (2.24).
   e. Membuat peta kendali MEWMA dengan sumbu horizontal merupakan urutan pengamatan atau subgrup, sumbu vertikal merupakan nilai T_i^2. Titik-titik pengamatan menyatakan nilai T_i^2 pada setiap subgrup.
   f. Apabila terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali, dilakukan identifikasi penyebabnya. Jika penyebab diketahui, maka dilakukan perbaikan dengan mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali sampai didapatkan peta kendali MEWMA yang terkendali.
5. Menyusun penyebab proses tidak terkendali dengan diagram *ishikawa*.
6. Melakukan analisis kapabilitas pada proses produksi rokok “AF” menggunakan indeks kapabilitas proses pada Persamaan (2.26) dan Persamaan (2.27). Data yang digunakan adalah data dimana variabilitas dan rata-rata prosesnya telah terkendali.
7. Melakukan pengendalian variabilitas dan rata-rata proses pada fase II dengan menggunakan pembobot optimal yang didapatkan pada fase I.

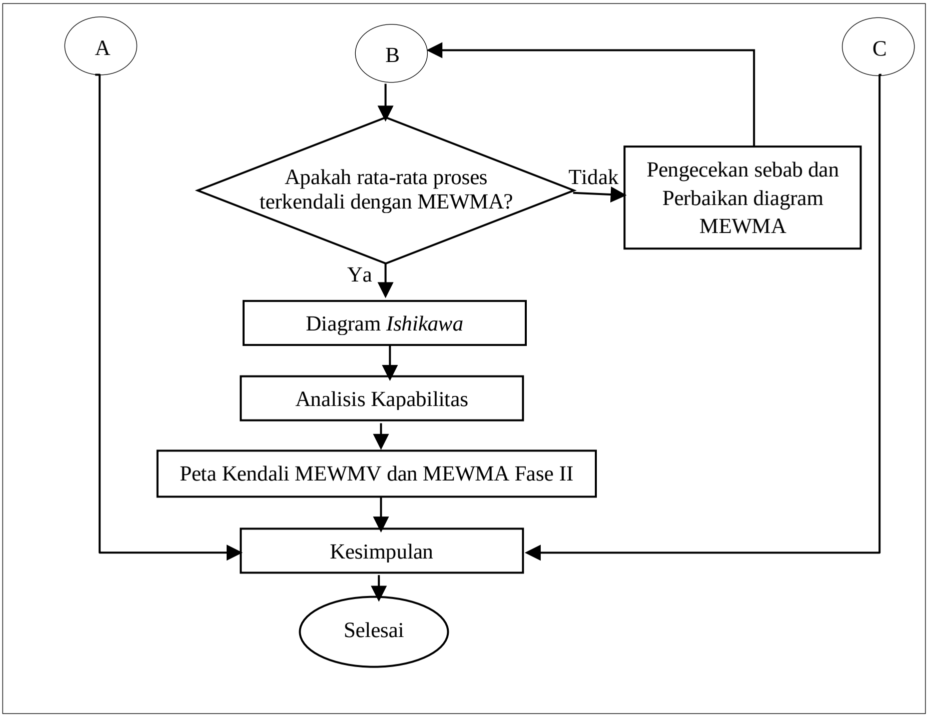
8. Membuat kesimpulan.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kualitas pada produk rokok "AF" yang diamati adalah berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop*. Pada bab ini, akan dijelaskan hasil analisis dan pembahasan yang terdiri dari statistika deskriptif, pengujian asumsi normal multivariat dan dependensi antar karakteristik kualitas, peta kendali MEWMV, peta kendali MEWMA, dan kapabilitas proses produksi rokok "AF" di PT. IQ.

4.1 Karakteristik Data Produksi Rokok "AF"

Karaktersitik kualitas produk rokok "AF" ini menjadi syarat suatu produk dapat diperdagangkan. Untuk mengetahui gambaran umum mengenai masing-masing karakteristik kualitas pada proses produksi rokok "AF" pada tahun 2017 maka diberikan deskripsi pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas

Variabel	*Mean*	Varians	Min	Maks	Batas Spesifikasi
Berat rokok	1,5661	0,0138	1,54	1,61	1,36 – 1,85
Diameter rokok	8,0283	0,0147	7,90	8,05	7,76 – 8,26
Berat hisap *(Pressure Drop)*	97,6720	2,8730	91,00	104,80	96,42 – 98,92

Tabel 4.1 menunjukkan ukuran pemusatan dan penyebaran data proses produksi rokok "AF" pada bulan Januari sampai dengan November 2017 untuk karakteristik kualitas berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop*. Ketiga karakteristik kualitas tersebut diukur menggunakan sebuah alat yaitu dengan cara memasukkan setiap sampel rokok pada alat tersebut, kemudian muncul nilai masing-masing karakteristik kualitas. Rata-rata berat rokok adalah sebelah 1,5661 gram menyebar dengan keragaman data 0,0138. Pada proses produksi ini, berat rokok "AF" telah berada di dalam batas spesifikasi. Dapat diketahui pula bahwa berat rokok "AF" tidak ada yang keluar dari batas spesifikasi. Rata-rata diameter rokok adalah sebesar 8,0283 mm yang memiliki keragaman data sebesar 0,0147. Diameter rokok

"AF" telah berada dalam batas spesifikasi pada proses produksi ini. Tidak terdapat data diameter rokok yang keluar dari batas spesifikasi. Rata-rata *pressure drop* pada proses produksi ini adalah 97,672 mmWG menyebar dengan keragaman data 2,873 merupakan keragaman yang paling tinggi diantara karakteristik kualitas lainnya. Berat hisap (*pressure drop*) merupakan ukuran berat kekuatan daya hisap pada filter rokok dari setiap batang rokok. Rata-rata *pressure drop* telah berada di dalam batas spesifikasi, tetapi diketahui pula bahwa terdapat banyak data *pressure drop* yang keluar dari batas spesifikasi yaitu sebanyak 83 pengamatan yang berada dibawah batas spesifikasi bawah dan 79 pengamatan berada diatas batas spesifikasi atas.

4.2 Pengendalian Variabilitas Proses dengan Peta Kendali MEWMV

Asumsi yang harus dipenuhi pada kasus multivariat adalah dependensi antar variabel dan distribusi normal multivariat. Pengujian dependensi digunakan untuk mengetahui adanya hubungan antar karakteristik kualitas secara multivariat. Pengujian dilakukan menggunakan uji *Bartlett's Sphericity* karena banyaknya karakteristik kualitas lebih dari dua. Hipotesis nol adalah $\boldsymbol{\rho} = \mathbf{I}$ (karakteristik kualitas saling independen) dan hipotesis alternatifnya adalah $\boldsymbol{\rho} \neq \mathbf{I}$ (karakteristik kualitas saling dependen). Hasil pengujian dependensi disajikan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dependensi

Bartlett's Test	**Nilai**
Approx Chi-Square	26,769
Df	3
P-*value*	0,000

Hasil pengujian dependensi karakteristik kualitas yaitu berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop* dengan menggunakan uji *Bartlett's Sphericity* ditunjukkan pada Tabel 4.2. Nilai statistik uji yang didapatkan adalah sebesar 26,769 yang dihitung menggunakan Persamaan 2.1. Nilai tersebut lebih besar dari *critical point Chi-square* dengan taraf signifikan (α) 5%

dan derajat bebas 3 yaitu sebesar 7,815. Derajat bebas diperoleh dari 0,5*p* (*p-1*) dengan *p* atau banyaknya karakteristik kualitas sama dengan 3, hasil df adalah 3. Ditinjau dari P-*value* yaitu 0,000 lebih kecil dari taraf signifikan 5%. Jadi, dapat diambil kesimpulan untuk menolak hipotesis nol yang berarti bahwa karakteristik kualitas saling berhubungan atau dependen.

Pengujian normal multivariat dilakukan dengan menggunakan Uji *Shapiro Wilk*. Hipotesis awal (H_0) yang digunakan adalah data berdistribusi normal multivariat dan hipotesis alternatif (H_1) adalah data tidak berdistribusi normal multivariat. Hasil pengujian normal multivariat disajikan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Normal Multivariat

Shapiro Wilk Test	Nilai
W^*	0,93002
P-*value*	2,2 x 10^{-16}

Hasil pengujian normal multivariat dari data proses produksi rokok "AF" dengan karakteristik kualitas berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop* ditampilkan pada Tabel 4.3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai statistik uji yang diperoleh adalah 0,93002 dihitung menggunakan Persamaan 2.4. Nilai statistik uji tersebut kurang dari *critical point* yang diperoleh yaitu sebesar 0,9856. P-*value* yang diperoleh lebih kecil dari taraf signifikan 5%. Jadi, dapat diputuskan untuk menolak hipotesis nol yang berarti bahwa data proses produksi rokok "AF" tidak berdistribusi normal multivariat.

Setelah melakukan mengujian asumsi, langkah selanjutnya adalah membuat peta kendali MEWMV. Peta kendali MEWMV digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses produksi rokok "AF" dimana karakteristik kualitas yang diukur adalah berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop*. Pada peta kendali MEWMV terdapat dua pembobot yaitu ω dan λ dan pada penelitian ini nilai pembobot yang akan digunakan adalah 0,1 sampai dengan 0,9 dengan keseluruhan kombinasinya karena belum diketahui ciri khusus dari pembobot dan proses produksi. Langkah pertama adalah menggunakan nilai pembobot

yang sama untuk ω dan λ, kemudian meng-gunakan nilai pembobot yang berbeda dari kombinasi ω dan λ yang ada. Berikut ini hanya ditampilkan hasil pengendalian variabilitas menggunakan peta kendali MEWMV dengan pembobot yang sama yaitu pada Tabel 4.4 berikut ini.

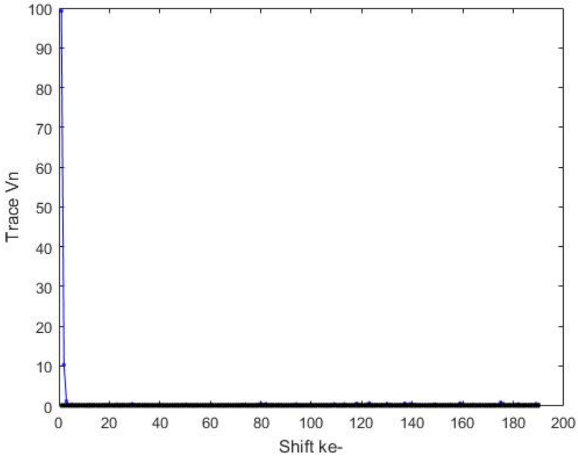
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai $|\max\ \mathrm{tr}(\mathbf{V_n}) - \mathrm{BKA}|$ Untuk MEWMV

ω	λ	L	Max(tr(Vn))	BKA	Selisih
0,1	0,1	2,9000	8040,9378	7,9656	99,1718
0,2	0,2	3,3086	6353,3336	7,1068	6346,2268
0,3	0,3	3,6602	4864,271	5,8632	4858,4078
0,4	0,4	3,9219	3573,7501	4,5384	3569,2117
0,5	0,5	4,1191	2481,7709	3,2724	2478,4985
0,6	0,6	4,2715	1588,3334	2,1541	1586,1793
0,7	0,7	4,3836	893,4375	1,2364	892,2011
0,8	0,8	4,4590	397,0834	0,5569	396,5265
0,9	**0,9**	**4,4984**	**99,2708**	**0,1402**	**99,1306**

Pembobot optimal untuk peta kendali MEWMV adalah ω=0,9 dan λ=0,9 karena memiliki selisih nilai *trace* $\mathbf{V}_n$ dengan batas kendali atas paling kecil ditunjukkan pada Tabel 4.4. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pembobot tersebut, peta kendali MEWMV dapat mendeteksi adanya pengamatan yang keluar dari batas kendali secara sensitif. Peta kendali MEWMV dengan pembobot ω=0,9 dan λ=0,9 disajikan pada Gambar 4.1. Nilai L berbeda-beda mengikuti nilai pembobot ω, λ, dan banyaknya karakteristik kualitas. Nilai L untuk p=3 disajikan pada Lampiran 7.

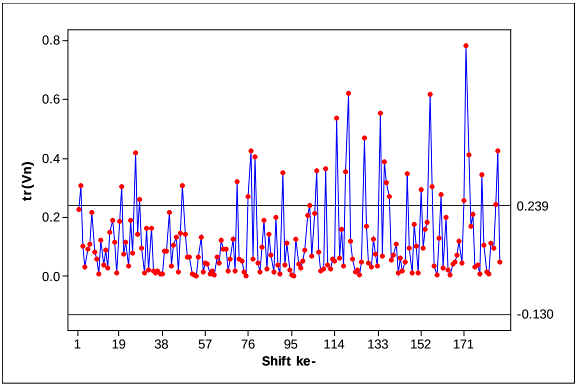
Gambar 4.1 menunjukkan peta kendali MEWMV dengan pembobot ω=0,9 dan λ=0,9. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$ yang dihitung menggunakan Persamaan 2.19. Berdasarkan grafik tersebut tidak terlihat dengan jelas titik-titik pengamatan dan batas kendalinya. Pada plot pengamatan pertama sampai ketiga terlihat bahwa nilainya sangat tinggi dan dinamakan proses *burning up* atau

keadaan dimana mesin menstabilkan proses yang terjadi setelah digunakan untuk memproduksi jenis rokok lain.



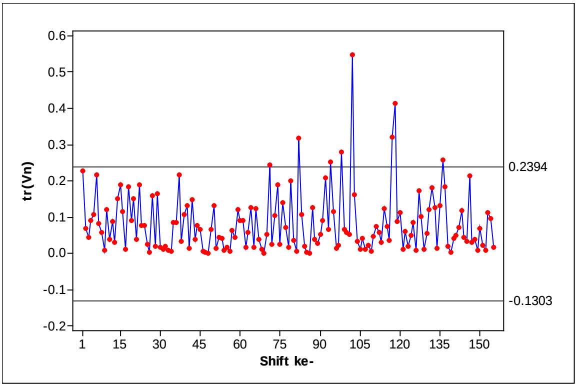
Gambar 4.1 Peta Kendali MEWMV dengan ω=0,9 dan λ=0,9

Ketiga pengamatan tersebut tidak digunakan untuk menentukan peta kendali MEWMV telah terkendali. Peta kendali MEWMV dinyatakan terkendali apabila tidak terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali ketika proses sudah stabil. Oleh karena itu, dibuat peta kendali MEWMV dimulai dari proses yang sudah stabil yang ditampilkan pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Peta Kendali MEWMV dengan ω=0,9 dan λ=0,9 (stabil)

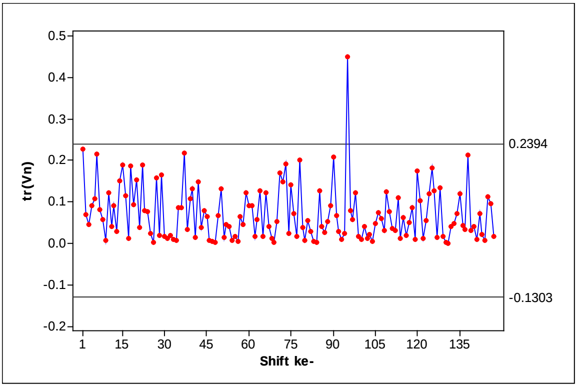
Peta kendali MEWMV dengan pembobot ω=0,9 dan λ=0,9 dimulai bila proses telah stabil ditunjukkan pada Gambar 4.2. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$ yang dihitung menggunakan Persamaan 2.19. Batas kendali bawah adalah sebesar -0,130 dan batas kendali atas sebesar 0,239 yang diperoleh melalui Persamaan 2.22. Terlihat bahwa terdapat 32 plot pengamatan yang berada diluar batas kendali atas. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab pengamatan tersebut keluar dari batas kendali. Berdasarkan hasil analisa pihak PT. IQ, pengamatan yang keluar dari batas kendali yang paling utama dikarenakan mesin terkadang mengalami gangguan (*trouble*) dan adanya pergantian *shift* (pergantian operator). Penyebab lainnya akan dibahas pada sub bab identifikasi penyebab proses tidak terkendali dengan diagram *ishikawa*. Setelah diketahui penyebab *out of control* maka selanjutnya adalah mengeluarkan pengamatan yang keluar dari batas kendali, sehingga diperoleh peta kendali MEWMV yang baru seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peta Kendali MEWMV Perbaikan I

Peta kendali MEWMV setelah adanya perbaikan yang pertama yaitu menghilangkan pengamatan yang keluar dari batas kendali ditunjukkan pada Gambar 4.3. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$ yang

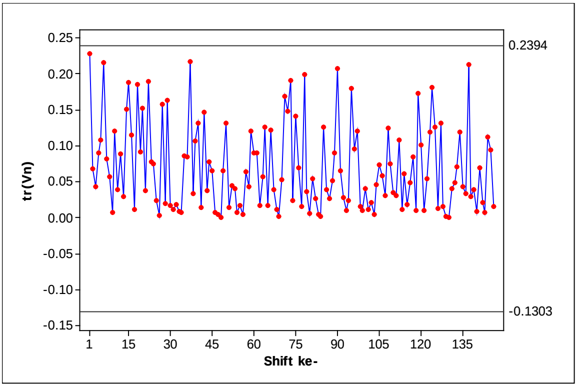
dihitung menggunakan Persamaan 2.19. Batas kendali bawah adalah sebesar -0,1303 dan batas kendali atas sebesar 0,2394 yang diperoleh melalui Persamaan 2.22. Gambar tersebut menunjukkan bahwa setelah adanya perbaikan, masih terdapat plot pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu terdapat sebanyak delapan pengamatan. Oleh karena itu, dilakukan identifikasi penyebab plot pengamatan tersebut keluar dari batas kendali atas. Penyebab titik pengamatan tersebut keluar dari batas kendali tidak berbeda dengan sebelumnya, yaitu adanya pergantian *shift* dan mesin yang mengalami *trouble*. Setelah diketahui penyebab plot pengamatan keluar dari batas kendali, langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan peta kendali MEWMV yang kedua dengan menghilangkan pengamatan yang keluar dari batas kendali. Hasil perbaikan peta kendali MEWMV seperti pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Peta Kendali MEWMV Perbaikan II

Peta kendali MEWMV setelah adanya perbaikan yang kedua disajikan pada Gambar 4.4. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$. Hasilnya masih terdapat satu plot pengamatan yang keluar dari batas kendali atas yaitu 0,2394. Penyebab pengamatan keluar dari batas kendali adalah sama seperti sebelumnya yaitu adanya pergantian *shift* dan mesin yang mengalami *trouble*. Setelah diketahui penyebab utama plot pengamatan tersebut keluar dari batas ken-

dali, maka dilakukan perbaikan peta kendali MEWMV yang ketiga dengan mengeluarkan pengamatan yang *out of control*. Sehingga diperoleh peta kendali MEWMV seperti pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Peta Kendali MEWMV Perbaikan III

Peta kendali MEWMV pada proses produksi rokok “AF” setelah mengalami perbaikan yang ketiga disajikan pada Gambar 4.5. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$ yang dihitung menggunakan Persamaan 2.19. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semua plot pengamatan telah berada didalam batas kendali. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa variabilitas proses pada fase satu telah terkendali secara statistik dengan peta kendali MEWMV. Artinya, semua produk rokok “AF” yang diukur dari karakteristik kualitas berat rokok, diameter rokok, dan berat hisap (*pressure drop*) sudah memenuhi standar yang ditentukan perusahaan.

4.3 Pengendalian Rata-rata Proses dengan Peta Kendali MEWMA

Peta kendali MEWMA digunakan untuk mengendalikan rata-rata proses produksi rokok “AF” dengan karakteristik kualitas yang diukur adalah berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop*. Data yang digunakan adalah data proses produksi dimana variabilitas prosesnya telah terkendali dengan peta ken-

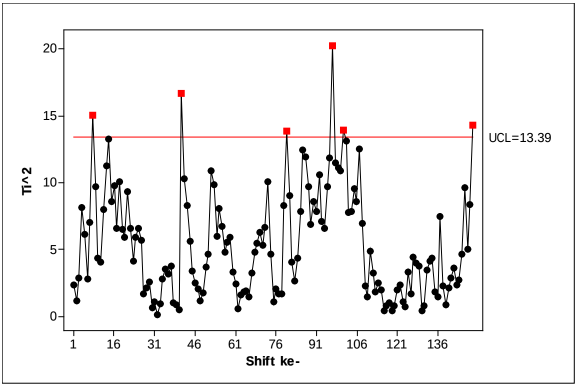
dali MEWMV. Peta kendali MEWMA memiliki pembobot yaitu λ dan pada penelitian ini nilai pembobot yang digunakan adalah 0,1 sampai dengan 0,9. Berikut ini merupakan hasil pembuatan peta kendali MEWMA dengan pembobot 0,1 sampai dengan 0,9 terdapat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Selisih Antara Titik Pengamatan Maksium dan BKA

λ	Titik Maksimum	BKA	Selisih
0,1	24,8892	12,4065	12,4826
0,2	**20,2375**	**13,3915**	**6,8461**
0,3	22,6262	13,7935	8,8327
0,4	28,2982	13,9940	14,3042
0,5	33,5317	14,1010	19,4308
0,6	38,1577	14,1590	23,9987
0,7	42,1135	14,1902	27,9234
0,8	45,4028	14,2062	31,1966
0,9	48,0662	14,2136	33,8527

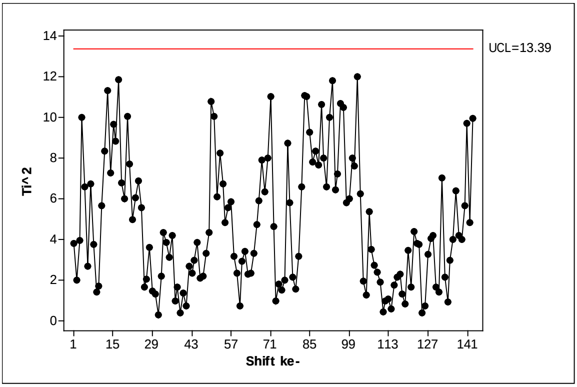
Hasil perhitungan untuk menentukan pembobot yang optimum pada peta kendali MEWMA ditunjukkan pada Tabel 4.5. Diketahui bahwa pembobot optimum adalah 0,2 karena memiliki selisih titik pengamatan tertinggi dengan BKA yang paling kecil atau minimum. Peta kendali MEWMA dengan pembobot 0,2 yang ditampilkan pada Gambar 4.6.

Pengendalian rata-rata proses menggunakan pembobot λ sebesar 0,2 menghasilkan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 13,39. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan atau *shift* kerja sedangkan sumbu vertikal dan titik pengamatan menyatakan T_i^2 yang dihitung menggunakan Persamaan 2.24. Titik pengamatan (T_i^2) maksimum untuk pembobot ini adalah 20,24 yaitu pada pengamatan ke-97. Berdasarkan grafik diatas diketahui pula bahwa dengan pembobot 0,2 terdapat 6 pengamatan yang keluar dari batas kendali atas. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab keenam plot pengamatan tersebut keluar dari batas kendali atas.



Gambar 4.6 Peta Kendali MEWMA dengan λ=0,2

Berdasarkan analisa dari pihak PT. IQ, penyebab pengamatan keluar dari batas kendali adalah mesin mengalami gangguan (*trouble*) karena sering dilakukan *set up* dan adanya pergantian operator. Setelah diketahui penyebabnya, maka pengamatan yang paling jauh dari batas kendali atas dapat dikeluarkan dan dibuat peta kendali MEWMA yang baru dengan perbaikan yaitu menghilangkan pengamatan yang keluar dari batas kendali, hasilnya seperti pada Gambar 4.7 berikut ini.



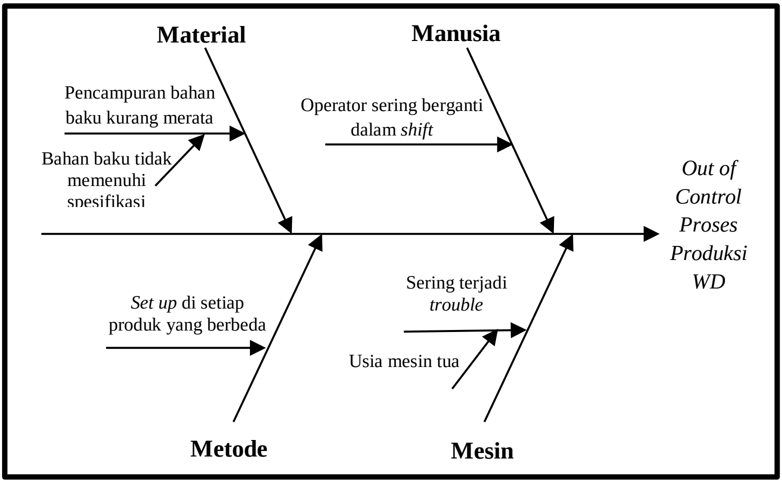
Gambar 4.7 Peta Kendali MEWMA Setelah Perbaikan (λ=0,2)

Peta kendali MEWMA pada proses produksi rokok "AF" pada fase satu setelah adanya perbaikan ditunjukkan pada Gambar 4.7. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan atau

shift kerja sedangkan sumbu vertikal dan titik pengamatan menyatakan T_i^2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semua plot pengamatan telah berada di dalam batas kendali. Batas kendali atas yang diperoleh adalah sebesar 13,39. Plot pengamatan juga telah menyebar secara acak jika dilihat secara visual. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa rata-rata proses produksi rokok "AF" telah terkendali secara statistik dengan menggunakan peta kendali MEWMA.

4.4 Identifikasi Penyebab *Out of Control* dengan Diagram Ishikawa

Diagram *Ishikawa* digunakan untuk menjelaskan penyebab tidak terkendalinya proses produksi rokok "AF" yang digambarkan dalam bentuk tulang ikan. Diagram *ishikawa* meninjau penyebab proses yang tidak terkendali berdasarkan lima faktor yaitu material, manusia, metode, mesin, dan lingkungan (Montgomery, 2009). Akan tetapi, pada penelitian ini hanya terdapat empat faktor yang menyebabkan proses tidak terkendali yaitu material, manusia, metode, dan mesin. Berikut ini merupakan diagram *ishikawa* yang diperoleh dari wawancara dengan pihak PT. IQ disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram *Ishikawa* Proses Produksi Rokok *WD*

Penyebab *out of control* pada proses produksi rokok “AF” berdasarkan faktor manusia, material, mesin, dan metode yang telah dianalisa oleh pihak PT. IQ disajikan pada Gambar 4.8. Berikut ini merupakan diagram *ishikawa* dan penjelasan dari masing-masing faktor penyebab *out of control*.

1. Manusia
   Permasalahan yang terjadi pada faktor manusia adalah adanya *shift* kerja yang mengharuskan adanya pergantian operator dalam menjalankan proses produksi rokok. Sehingga mengakibatkan perbedaan perlakuan dalam proses produksi rokok “AF”.
2. Material
   Material dalam pembuatan rokok terdiri dari tembakau, bahan tambahan (glukosa, air, dll), penyedap (cengkeh dan minyak cengkeh). Terdapat *raw* material yang tidak sesuai seperti yang diharapkan oleh perusahaan, misalkan jika tembakau terlalu kering maka akan mengakibatkan aroma rokok berkurang dan daya hidup rokok akan semakin cepat habis. Hal ini mengakibatkan pencampuran bahan baku pembuatan rokok yang tidak merata dan menyebabkan adanya keragaman yang tinggi pada proses produksi “AF”.
3. Mesin
   Mesin yang digunakan pada proses produksi “AF” adalah mesin yang sudah berusia lebih dari 5 tahun dan digunakan untuk memproduksi beberapa jenis rokok. Sehingga mesin sering mengalami *trouble* atau gangguan operasi. Jika sudah terjadi *trouble* maka proses produksi harus berhenti untuk dilakukan perawatan.
4. Metode
   Metode yang digunakan pada proses produksi rokok di PT. IQ adalah satu mesin digunakan untuk beberapa jenis atau merk rokok, jadi setiap pergantian produksi dari jenis rokok yang berbeda harus dilakukan *set up* mesin sesuai standar masing-masing produk. Metode seperti ini yang berpengaruh besar terhadap *out of control* dikarenakan mesin sering mengalami pergantian dan menyebabkan keragaman yang tinggi.

4.5 Kapabilitas Proses Produksi Rokok "AF"

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui kinerja proses secara keseluruhan yang diukur dari keseragaman antar produk dan ketepatan produk yang dihasilkan dengan target. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas pada penelitian ini adalah C_p dan C_{pk}. C_p mengukur keseragaman produk yang ditinjau dari berat rokok, diameter rokok, dan berat hisap atau *pressure drop*. Hal ini dikarenakan proses dalam keadaan terkendali atau *in control*. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengukur kapabilitas untuk masing-masing karakteristik kualitas secara univariat dan diperoleh hasil pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Kapabilitas Proses Univariat

Variabel	C_p	C_{pk}
Berat Rokok	5,95	5,00
Diameter Rokok	7,90	7,26
Pressure Drop	0,21	0,20

Nilai C_p yaitu indeks presisi yang dihitung menggunakan Persamaan 2.26 dan C_{pk} yaitu indeks akurasi yang dihitung menggunakan Persamaan 2.27 untuk fase satu ditunjukkan pada Tabel 4.6. Pada karakteristik kualitas berat rokok didapatkan nilai C_p sebesar 5,95 lebih besar dari satu yang berarti bahwa presisi atau keseragaman berat rokok pada proses produksi ini sudah baik. Nilai C_{pk} yang dihasilkan adalah 5,00 lebih besar dari satu, berarti bahwa akurasi atau ketepatan telah baik atau sudah sesuai dengan target yang ditentukan. Nilai C_p pada karakteristik kualitas diameter rokok adalah sebesar 7,90 yang memiliki arti bahwa presisi diameter rokok pada proses ini telah baik. Begitu halnya dengan tingkat akurasi dari diameter rokok ini telah baik dilihat dari nilai C_{pk} yaitu 7,26. Pada karakteristik kualitas *pressure drop* nilai C_p yang diperoleh adalah 0,21 kurang dari satu yang berarti bahwa tingkat presisi *pressure drop* kurang baik atau *pressure drop* pada proses produksi ini kurang seragam. Tingkat akurasi *pressure drop* ini juga kurang baik ditunjukkan dari nilai C_{pk} yang kurang dari satu yaitu 0,20.

Setelah mengetahui kapabilitas proses secara univariat, selanjutnya adalah melakukan perhitungan indeks kapabilitas yaitu C_p dan C_{pk} secara multivariat untuk karakteristik berat rokok, diameter rokok, dan *pressure drop*. Perhitungan kapabilitas secara multivariat disajikan pada persamaan berikut ini.

$$MC_p = (0,33 \times 5,95) + (0,33 \times 7,90) + (0,33 \times 0,21)$$
$$= 4,64$$
$$MC_{pk} = (0,33 \times 5,00) + (0,33 \times 7,26) + (0,33 \times (0,20)$$
$$= 4,11$$

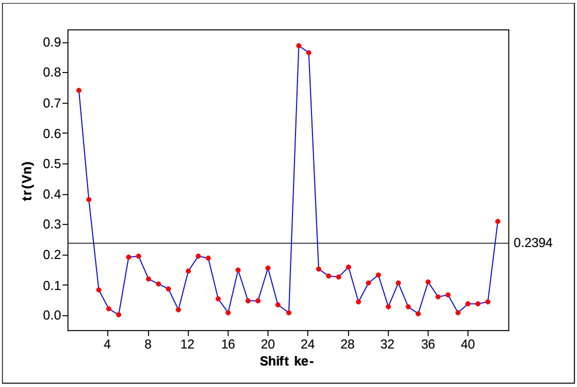
Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas secara multivariat, didapatkan nilai MC_p adalah sebesar 4,64 dan MC_{pk} adalah 4,11 dimana kedua nilai tersebut lebih dari satu, hal tersebut menandakan bahwa secara multivariat kinerja proses telah kapabel ditinjau dari tingkat presisi yaitu keseragaman antar produk dan akurasi yaitu ketepatan dengan target yang telah ditentukan perusahaan yang telah baik.

4.6 Peta Kendali MEWMV dan MEWMA pada Fase II

Langkah selanjutnya dari penelitian ini adalah menerapkan hasil analisis dari fase I untuk mengendalikan variabilitas dan rata-rata proses pada fase II yaitu bulan September sampai dengan November 2017. Pada bulan Agustus terdapat evaluasi pada manajemen PT. IQ, oleh karena itu pada fase II yaitu bulan September sampai dengan November 2017 ingin diketahui variabilitas dan rata-rata proses produksi dari rokok "AF" setelah adanya evaluasi tersebut.

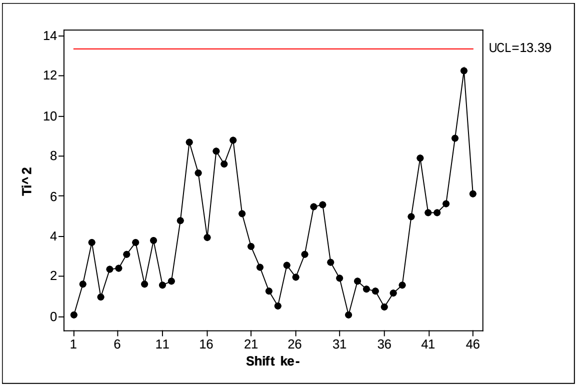
Pembobot optimum dari peta kendali MEWMV adalah ω=0,9 dan λ=0,9 digunakan pada data fase II dan hasilnya disajikan pada Gambar 4.9 berikut ini. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan atau *shift* kerja sedangkan sumbu vertikal dan titik-titik pengamatan menyatakan nilai *trace* matriks $\mathbf{V_n}$ yang dihitung menggunakan Persamaan 2.19. Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada fase II pengendalian variabilitas proses produksi rokok "AF" tidak terkendali secara statistik dengan peta kendali MEWMV karena masih terdapat titik

pengamatan yang berada diluar batas kendali pada saat proses sudah stabil.



Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMV Fase II

Nilai pembobot optimum dari peta kendali MEWMA pada fase I yaitu λ=0,2 yang selanjutnya diterapkan pada fase II. Hasil pembuatan peta kendali MEWMA pada fase II terdapat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Peta Kendali MEWMA Fase II

Peta kendali MEWMA pada fase II ditunjukkan pada Gambar 4.10. Sumbu horizontal menyatakan urutan pengamatan atau *shift* kerja sedangkan sumbu vertikal dan titik pengamatan menyatakan T_i^2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semua titik pengamatan berada di dalam batas kendali yang ber-

arti bahwa rata-rata proses produksi rokok “AF” pada fase II telah terkendali secara statistik dengan peta kendali MEWMA.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengendalian kualitas pada proses produksi rokok “AF” di PT. IQ, didapatkan kesimpulan seperti berikut ini.

1. Deskripsi hasil produksi rokok “AF” pada Januari sampai dengan November 2017 yaitu karakteristik kualitas berat rokok memiliki rata-rata 1,5661 gram, rata-rata diameter rokok adalah 8,0283 mm, dan rata-rata *Pressure Drop* adalah 97,672 mmWG. Rata-rata ketiga karakteristik kualitas tersebut telah berada dalam batas spesifikasi perusahaan.
2. Hasil monitoring variabilitas proses produksi rokok “AF” pada fase I telah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali MEWMV dengan pembobot optimal ω=0,9 dan λ=0,9. Variabilitas proses pada fase II tidak terkendali secara statistik. Artinya variabilitas produk yang diukur dari berat rokok, diameter rokok, dan berat hisap atau *pressure drop* pada fase I telah memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan, namun pada fase II belum memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan.
3. Rata-rata proses produksi rokok “AF” di PT. IQ pada Fase I telah terkendali secara statistik menggunakan peta kendali MEWMA dengan pembobot optimal λ=0,2. Rata-rata proses pada fase II telah terkendali secara statistik. Ar-tinya rata-rata produk yang diukur dari berat rokok, diame-ter rokok, dan berat hisap atau *pressure drop* pada fase I dan fase II sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan.
4. Penyebab *out of control* dari faktor manusia adalah adanya pergantian operator, dari faktor material adalah terdapat bahan baku yaitu tembakau yang tidak sesuai dan pencampuran bahan baku yaitu tembakau, cengkeh, glukosa, dan lain-lain kurang merata, dari segi mesin sudah berusia tua dan sering mengalami *trouble*, dari faktor metode yang di-

gunakan adalah satu mesin digunakan untuk beberapa jenis rokok dan sering mengalami pergantian *set up*.

5. Kapabilitas proses secara univariat menunjukkan bahwa berat rokok dan diameter rokok telah kapabel, tetapi *pressure drop* tidak kapabel. Secara multivariat, proses produksi telah kapabel. Artinya produk yang dihasilkan memiliki presisi atau keseragaman antar produk yang baik dan akurasi yaitu kesesuaian hasil produksi dengan target perusahaan telah sesuai.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada PT. IQ adalah untuk memperhatikan faktor atau penyebab yang dapat menimbulkan pengamatan keluar dari batas kendali dan batas spesifikasi terutama pada karakteristik *pressure drop* yang memiliki keragaman tinggi dan menyebabkan proses tidak kapabel. Pembagian fase sebaiknya didasarkan pada perbaikan yang telah dilakukan oleh perusahaan. Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah mempertimbangkan distribusi pada pembobot yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aldino, A. P. (2017, Maret 6). *CNN Indonesia*. Dipetik Februari 27, 2018, dari Rokok Jerat Kematian dan Kemiskinan: https://student.cnnindonesia.com/edukasi/20170306023752-445-198008/rokok-jerat-kematian-dan-kemiskinan/

Alva, J., & Estrada, E. (2009). A Generalization of Saphiro-Wilk's Test for Multivariate Normality. *Communication in Statistics Theory and Methods, 38*, 1870-1883.

Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.

Heizer, J., & Render, B. (2006). *Operation Management Eight Edition.* New Jersey: Pearson Education Inc.

Hendra, L. (2017, Agustus 01). *Market Bisnis*. Dipetik Februari 27,2018,dari Laba Wismilak Anjlok:http://market.bisnis.-com/read/20170801/192/677039/kinerja-semester-i2017-laba-wismilak-wiim-anjlok-8093

Hidayati, T. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Nira Tahap Pemurnian di Pabrik Gula Toelangan Sidoarjo Menggunakan Diagram Kontrol MEWMV dan MEWMA.

Huwang, L., Arthur, & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observa-tions. *Journal of Quality Technology*, 33. pp. 258-278.

Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis.* United States of America: Pearson Education Inc.

Kementerian Perindustrian. (2018). *Kemenperin*. Dipetik Februari 26, 2018, dari Gambaran Umum Industri Rokok: http://www.kemenperin.go.id/jawaban_attachment.php?id=438&id_t=3154

Lowry, C. A., Woodall, W. H., Champ, C. W., & Rigdon, S. E. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart.

Mawardi, Y. (2016). *Pengendalian Kualitas Statistik pada Proses Produksi Diplomat Mild di PT Gelora Djaja.* Surabaya: ITS Press.

Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition.* New York: John Wiley & Sons, inc.

Morrison, D. (1990). *Multivariate Statistical Methods (Third Edition).* New York: Mc Graw Hill Publishing Company.

Novitasari, D. (2016). *Pengendalian Kualitas Produk Pakan Ternak di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan.* Surabaya: ITS Press.

Nurhayat, W. (2015, Juni 20). *Detik Finance*. Dipetik Februari 27, 2018, dari Begini Pentingnya Industri Rokok Bagi EkonomiRI:https://finance.detik.com/industri/2947821/begini-pentingnya-industri-rokok-bagi-ekonomi-ri

Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, 27-36.

Santoso, T., Choiri, M., & Setyanto, N. (2013). *Peningkatan Kualitas Rokok Sigaret Kretek Tangan (SKT) dengan Metode Six Sigma (Studi kasus pada PT DJarum Kudus-SKT BL 53).* Maang: Brawijaya.

Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi ke-3.* (B. Sumantri, Penerj.) Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Widya, D. (2017). *Pengendalian Kualitas pada Proses Produksi Biskuit Go! Riorio di PT Siantar Top Tbk.* Surabaya: ITS Press.

Wismilak. (2014, Mei 20). *Wismilak*. Dipetik Februari 28, 2018, dari Proud History, Bright Future:http://www.wismilak.com/uploads/Materi%20Public%20Expose_20Mei2014C2.pdf

Wismilak. (2018). *Wismilak*. Dipetik Februari 28, 2018, dari Profil Perusahaan:http://www.wismilak.com/id/page/5062/pt-gelora-djaja.html

Wisnu, A. D. (2017, Desember 18). *Tribun Jateng*. Dipetik Februari 27, 2018, dari Akhir Tahun 2017, Dirjen Bea Cukai Catatkan Penerimaan Pajak Rp 152 Trilliun: http://jateng.tribunnews.com/2017/12/18/akhir-tahun2017-dirjen-bea-cukai-catatkan-penerimaan-pajak-rp-152-triliun?page=1

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Proses Produksi Rokok "AF" PT. IQ Bulan Januari-Agustus Tahun 2017 (Fase Satu) Tidak Dapat Dilampirkan Karena Tidak Mendapatkan Ijin Dari Perusahaan

Subgrup	Berat	*Pressure Drop*	Diameter
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*
⋮	*	*	*
⋮	*	*	*
⋮	*	*	*
188	*	*	*
189	*	*	*
190	*	*	*

Lampiran 2. Data Proses Produksi Rokok "AF" PT. IQ Bulan September-November Tahun 2017 (Fase Dua) Tidak Dapat Dilampirkan Karena Tidak Mendapatkan Ijin Dari Perusahaan

Subgrup	Berat	*Pressure Drop*	Diameter
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*
⋮	*	*	*
⋮	*	*	*
⋮	*	*	*
45	*	*	*
46	*	*	*
47	*	*	*

Lampiran 3. *Output* Statistika Deskriptif

Descriptive Statistics: berat, diameter, PD

Variable	Mean	StDev	Minimum	Maximum
berat	1.5661	0.0138	1.5400	1.6100
diameter	8.0283	0.0147	7.9300	8.0500
PD	97.672	2.873	91.000	104.800

Lampiran 4. *Output* SPSS Uji *Bartlett's*

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.418
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	26.769
	df	3
	Sig.	.000

Lampiran 5. *Syntax* R Uji Distribusi Normal Multivariat

```
data=read.table("D:/DATATA.txt", header=T,
sep="")
head(data)
library(mvShapiroTest)
mdata=as.matrix(data)
mvShapiro.Test(mdata)
```

Perhitungan *Critical Point C*

$$C_{\alpha;n,p} = 1 - \exp\left\{\mu_1 + \sigma_1 \Phi^{-1}(1-\alpha)\right\}$$

$$= 1 - \exp\left\{-4,9606 + 0,4358\Phi^{-1}(1-0,05)\right\}$$

$$= 1 - \exp\left\{-4,9606 + 0,4358\left(1,645\right)\right\}$$

$$= 1 - \exp\left\{-4,2438\right\}$$

$$= 1 - 0,0143$$

$$= 0,9856$$

Lampiran 6. *Syntax* Matlab Peta Kendali MEWMV

```
X=xlsread('D:\DATATA.xls');
omega=0.9;
lamda=0.9;
p=3;
L=4.4984;
[brsX,klmX]=size(X);
t=brsX;
I=eye(t);
for i=1:t
        elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(i-1);
end
for i=1:t;
for j=1:t;
    if i<j;
        M(i,j)=0;
    else
        for l=i:t;
            M(l,j)=elemen(l-j+1);
        end
    end
end
end
A=X*X';
for u=1:brsX
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    elemenC=[];
    for i=1:u
        if i>1
            elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
        else
            elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
        end
    end
 C=diag(elemenC);
 Q=(Ipartu-Mpartu)'*C*(Ipartu-Mpartu);
 trv(u)=trace(Q*Apartu);
 ekspektasi(u)=p*trace(Q);
```

Lampiran 6. *Syntax* Matlab Peta Kendali MEWMV (Lanjutan)

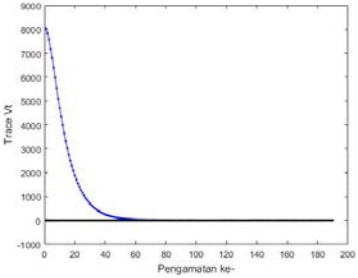
```
Q2=Q.^2;
 sumQ2=sum(sum(Q2));
 var(u)=2*p*sumQ2;
 ba=ekspektasi+(L*sqrt(var));
 bb=ekspektasi-(L*sqrt(var));
end
trvpartial=trv(:,1:t);
ekspekpartial=ekspektasi(:,1:t);
varpartial=var(:,1:t);
bapartial=ba(:,1:t);
bbpartial=bb(:,1:t);
keluar=0;
d=0;
for i=1:t-1
if trvpartial(i)<bbpartial(i)
    keluar=keluar+1;
    d=d+1;
    yangkeluar(d)=i;
end
if trvpartial(i)>bapartial(i)
    keluar=keluar+1;
    d=d+1;
    yangkeluar(d)=i;
end
end
x=1:t;
plot(x,trvpartial,'b.-',x,bapartial,'k.-
',x,bbpartial,'k.-');
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('Trace Vt');
save('D:\mewmv\mewmv99.xls','trvpartial','bap
artial','bbpartial','keluar','-ASCII')
```

Keterangan: *Syntax* yang ditampilkan untuk nilai pembobot ω=0,9 dan λ=0,9. *Syntax* lain yang digunakan tidak ditampilkan.

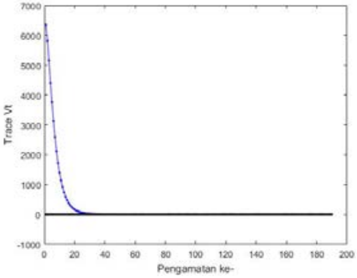
Lampiran 7. Nilai L untuk *p*=3 pada Peta Kendali MEWMV

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

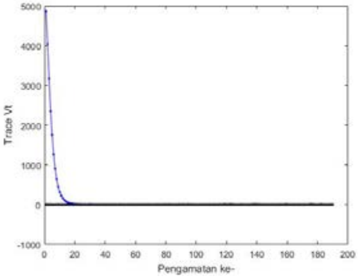
Lampiran 8. Peta Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot



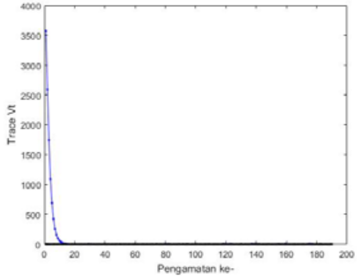
ω=0,1 λ=0,1



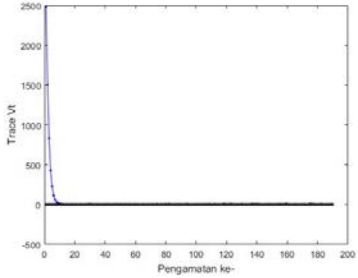
ω=0,2 λ=0,2



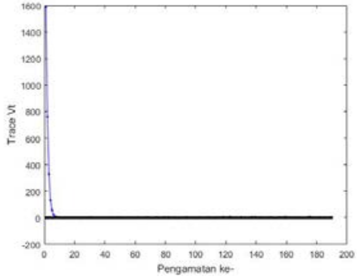
ω=0,3 λ=0,3



ω=0,4 λ=0,4

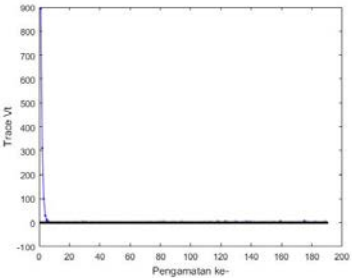


ω=0,5 λ=0,5

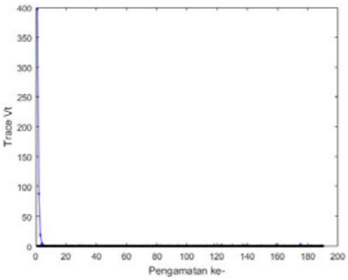


ω=0,6 λ=0,6

Lampiran 8. Peta Kendali MEWMV Untuk Masing-masing Pembobot (Lanjutan)



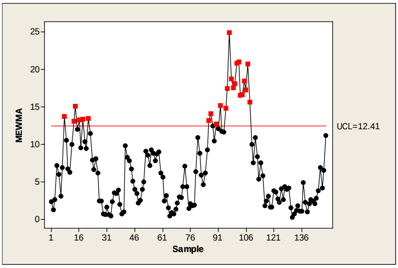
ω=0,7 λ=0,7



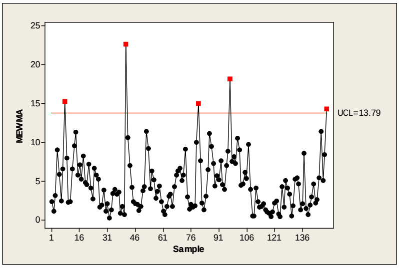
ω=0,8 λ=0,8

Keterangan: Gambar yang ditampilkan untuk nilai pembobot ω dan λ sama. Untuk nilai pembobot kombinasi antara ω dan λ digunakan dalam analisis, namun tidak ditampilkan.

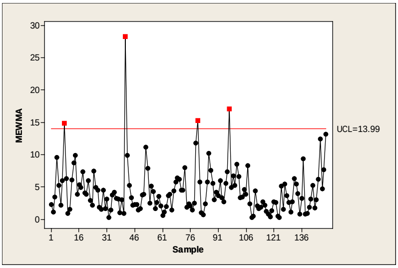
Lampiran 9. Peta Kendali MEWMA Untuk Masing-masing Pembobot



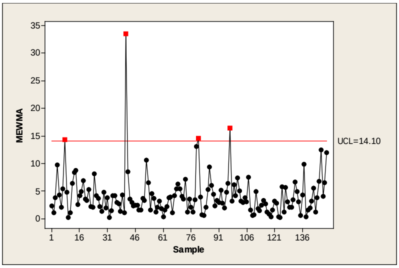
λ=0,1



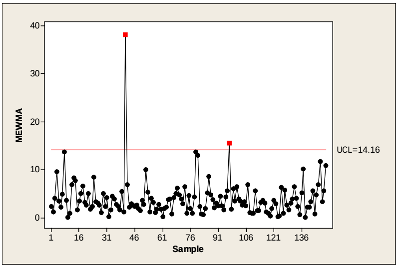
λ=0,3



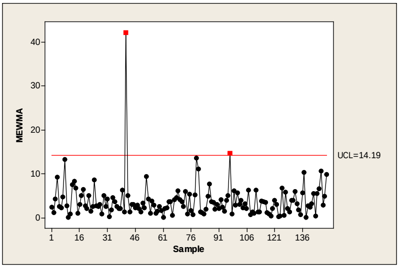
λ=0,4



λ=0,5

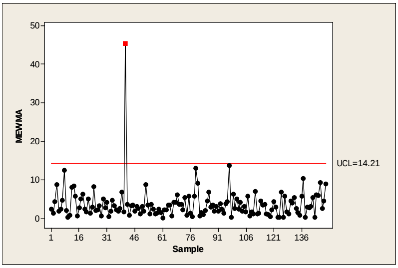


λ=0,6

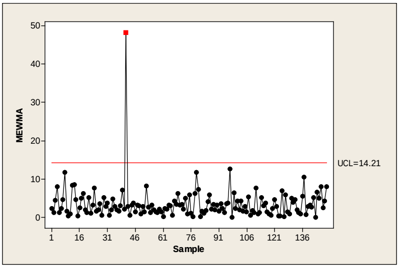


λ=0,7

Lampiran 9. Peta Kendali MEWMA Untuk Masing-masing Pembobot (Lanjutan)



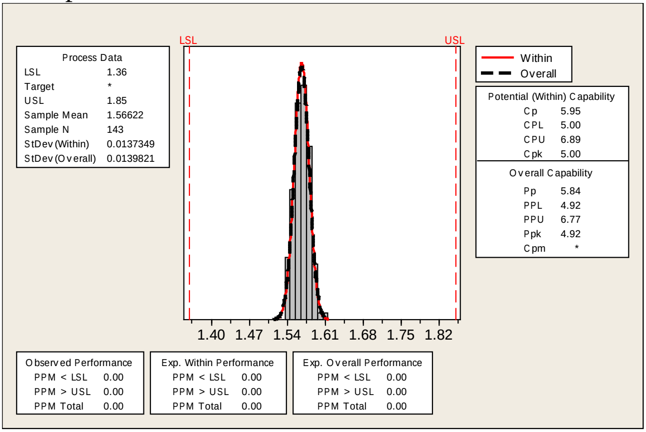
λ=0,8



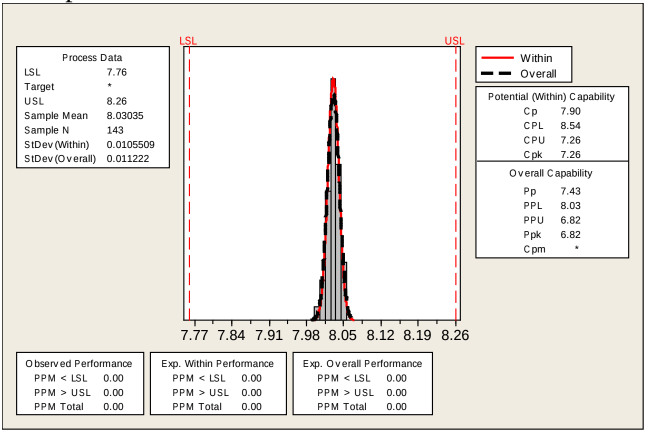
λ=0,9

Lampiran 10. Kapabilitas Proses Univariat

a. Kapabilitas Proses Berat Rokok

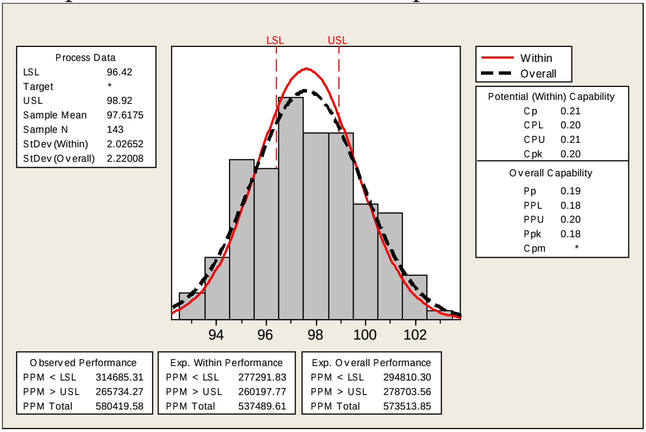


b. Kapabilitas Proses Diameter Rokok



Lampiran 10. Kapabilitas Proses Univariat (Lanjutan)

c. Kapabilitas Proses *Pressure Drop*



BIODATA PENULIS

Penulis bernama Inung Anggun Saputri yang biasa dipanggil Inung atau Anggun lahir di Trenggalek, 26 Agustus. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara oleh pasangan Muhadi dan Suyatmi. Kakak penulis bernama Yudha Agung Saputra. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah pendidikan di SDN I Buluagung, SMP Negeri 1 Trenggalek, SMA Negeri 1 Trenggalek, dan D-III Statistika FMIPA-ITS Setelah lulus dari Program Studi Diploma III Jurusan Statistika ITS penulis melajutkan studi Lintas Jalur S1 Statistika FMKSD-ITS. Selama perkuliahan penulis aktif dalam beberapa organisasi antara lain sebagai Tim Pemandu pada PP VIII FMIPA ITS, sebagai Staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HIMADATA-ITS periode 2014/2015 dan sebagai Sekretaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HIMADATA-ITS periode 2015/2016. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti Pekan Raya Statistika ITS 2015. Penulis mendapatkan kesempatan kerja praktek di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur pada tahun 2015 dan PT Pertamina Lubricants SR V Surabaya pada tahun 2017. Segala kritik dan saran akan diterima penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan berdiskusi dengan penulis dapat melalui email inunganggun@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)