



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENGENDALIAN KUALITAS *LABELSTOCK*
DENGAN *FUZZY UNIVARIATE CONTROL*
CHART (STUDI KASUS DI PT “XYZ”)**

**RIVI MONICA PRATIWI
NRP 062116 4000 0047**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si.**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENGENDALIAN KUALITAS *LABELSTOCK*
DENGAN *FUZZY UNIVARIATE CONTROL*
CHART (STUDI KASUS DI PT “XYZ”)**

**RIVI MONICA PRATIWI
NRP 062116 4000 0047**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si.**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



FINAL PROJECT - KS184822

***QUALITY CONTROL OF LABELSTOCK USING
FUZZY UNIVARIATE CONTROL CHART (CASE
STUDY AT PT “XYZ”)***

**RIVI MONICA PRATIWI
SN 062116 4000 0047**

**Supervisor
Wibawati, S.Si., M.Si.**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KUALITAS LABELSTOCK DENGAN
FUZZY UNIVARIATE CONTROL CHART (STUDI KASUS
DI PT “XYZ”)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Rivi Monica Pratiwi
NRP. 062116 4000 0047

Disetujui oleh Pembimbing:

Wibawati, S.Si., M.Si.

NIP. 19741213 199802 2 001

()



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika

Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si.
NIP. 196912 2 199303 2 002 SA

SURABAYA, AGUSTUS 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGENDALIAN KUALITAS LABELSTOCK
DENGAN FUZZY UNIVARIATE CONTROL CHART
(STUDI KASUS DI PT “XYZ”)**

Nama Mahasiswa : Rivi Monica Pratiwi
NRP : 062116 4000 0047
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Wibawati, S.Si., M.Si.

Abstrak

Sektor barang dan jasa dalam dunia industri semakin berkembang. Oleh karena itu perusahaan berlomba-lomba menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. PT “XYZ” merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan labelstock, release liner, dan adhesive tape. Dalam proses produksinya, PT “XYZ” berupaya untuk terus menjaga kualitas sehingga dapat menghasilkan produk bernilai tinggi sesuai permintaan pelanggan. Kualitas produksi labelstock dapat diukur dari daya rekat lem yang digunakan. Hal tersebut tentunya di-pengaruhi oleh ketebalan lem pada labelstock. Dalam prosesnya, PT “XYZ” melakukan pengukuran ketebalan lem pada tiga titik pengamatan, yaitu dari sisi kanan, kiri, dan tengah. Perbedaan hasil pengukuran menimbulkan adanya ambiguitas sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas dengan metode yang tepat yaitu peta kendali fuzzy. Peta kendali fuzzy yang digunakan dalam penelitian adalah peta kendali Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA). Hasil analisis didapatkan peta kendali FEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses dibandingkan peta kendali Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$. Pada peta kendali FEWMA didapatkan nilai pembobot optimum yaitu $\lambda = 0,1$ dan didapatkan hasil bahwa proses belum terkendali secara statistik.

Kata kunci: *Fuzzy Exponentially Moving Average (FEWMA), Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$, Kapabilitas Proses, Ketebalan Lem, Labelstock*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**QUALITY CONTROL OF LABELSTOCK USING FUZZY
UNIVARIATE CONTROL CHART
(CASE STUDY AT PT "XYZ")**

Name : Rivi Monica Pratiwi
Student Number : 062116 4000 0047
Department : Statistics
Supervisor : Wibawati, S.Si., M.Si.

Abstract

Goods and services sector in industry development continues to grow up. Therefor companies are competing to produce products of good quality. PT "XYZ" is a company engaged in the manufacture of labelstock, release liner, and adhesive tape. In the production process, PT "XYZ" strives to continue to maintain quality so that it can produce high-value products according to customer demand. The quality of labelstock production can be measured by the adhesive power used. This is certainly influenced by the thickness of the glue on the labelstock. In the process, PT "XYZ" measures the thickness of the glue at three observation points, namely from the right, left and center. Differences in measurement results give rise to ambiguity so quality control needs to be done with the right method, namely fuzzy control chart. Fuzzy control chart used in this research is Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ control chart and Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA). The analysis result shows that the FEWMA control chart is more sensitive in detecting process shifts compared to the Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$. In the FEWMA control chart, the optimum weighting value is $\lambda = 0.1$ and the results show that the process has not been controlled statistically.

Keywords: *Fuzzy Exponentially Moving Average (FEWMA), Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$, Labelstock, Process Capability, Thickness of the Glue.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul : **“Pengendalian Kualitas *Labelstock* dengan *Fuzzy Univariate Control Chart* (Studi kasus di PT “XYZ)”**”. Selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis dapat menyelesaikan dengan baik dan lancar tidak lepas dari adanya bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh hormat, ketulusan, dan rendah hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah menuntun penulis untuk terus berusaha dan bersyukur sehingga dapat mengenyam pendidikan perguruan tinggi dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ayah tersayang Suwaji Andriatno dan Ibu tercinta Fadillah atas doa, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis sehingga termotivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si. selaku Kepala Departemen Statistika FSAD dan Dr. Santi Wulan, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Departemen Bidang Akademik yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Wibawati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, mengarahkan, membimbing dengan sabar dan memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S. dan Bapak Dr. Achmad Choiruddin, S.Si., M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi dan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir.

6. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, motivasi dan bimbingan selama ini.
7. Seluruh dosen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan, serta segenap karyawan Departemen Statistika ITS.
8. Bapak Muhib selaku pembimbing di Departemen QA PT “XYZ” yang telah memberikan izin, informasi, dan kemudahan pengambilan data selama pelaksanaan Tugas Akhir.
9. Adik tercinta, Panji Adnan Ardiansyah, yang selalu menghibur, memotivasi dan memberikan semangat ketika penulis mengalami hambatan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang sehingga penulis dapat mengerjakan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar.
11. Sahabat tercinta Arifatul Mu’amalah, Dhea Novitasari, Al’awwa Prima Nadia Putri, Rizki Nanda Savera, Jemima Arista Putri, Kicky Novefa Herdin Pertiwi, dan Syarifah Widya Ekaputri yang selalu ada saat suka dan duka sehingga penulis menjadi bersemangat dalam belajar dan mengerjakan Tugas Akhir.
12. Marita Qori’atunnadiyah, Kinanthi Sukma Wening, Rezkiana Sunjadeva, Mega Rukmana, dan Fathin Ayu Qusyairi Losida yang selalu memberi dukungan, semangat dan menghibur serta bertukar cerita selama ini.
13. Nisfi Hemas Diga Asmara dan Yani Trimardiani yang selalu saling membantu dan berbagi suka duka dalam penyelesaian tugas akhir ini.
14. Teman-teman TR16GER yang memberikan bantuan, semangat dan mengajarkan arti kebersamaan, kekeluargaan selama 4 tahun ini.

15. Teman-teman PSt HIMASTA-ITS 18/19 yang telah memberikan semangat dan pengalaman luar biasa selama perkuliahan.
16. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu dalam keberhasilan penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga laporan yang penulis susun dapat bermanfaat dan mampu digunakan sebagaimana mestinya. Penulis menyadari apabila pembuatan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, besar harapan dari penulis untuk menerima kritik dan saran yang berguna untuk perbaikan di masa mendatang. Serta tidak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam laporan yang telah penulis susun. Atas perhatian dan dukungannya penulis sampaikan ucapan terima kasih.

Surabaya, Juni 2020

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Statistika Deskriptif.....	7
2.2 Asumsi Distribusi Normal.....	7
2.3 Logika <i>Fuzzy</i>	8
2.4 Peta Kendali <i>Fuzzy</i> $\tilde{X} - \tilde{R}$	11
2.5 Peta Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average</i> (FEWMA).....	17
2.5.1 Peta Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average</i> (FEWMA) Ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ Diketahui..	19
2.5.2 Peta Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average</i> (FEWMA) Ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ Tidak Diketahui.....	23
2.6 Diagram <i>Ishikawa</i> / Sebab-Akibat.....	25
2.7 Analisis Proses Kapabilitas.....	26
2.8 Proses Produksi <i>Labelstock</i>	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Sumber Data.....	31
3.2 Variabel Penelitian.....	31

3.3	Struktur Data	31
3.4	Langkah Analisis.....	32
3.5	Diagram Alir	33
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Karakteristik Kualitas <i>Labelstock</i> HVS P 60	35
4.2	Pengujian Asumsi Normal	36
4.3	Monitoring Kualitas Peta Kendali <i>Fuzzy</i> $\tilde{X} - \tilde{R}$	37
4.4	Monitoring Kualitas dengan Peta Kendali <i>Fuzzy</i> <i>Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)</i> .	46
4.5	Perbandingan Peta Kendali	53
4.6	Identifikasi Penyebab <i>Out of Control</i>	54
4.7	Proses Kapabilitas Berbasis <i>Fuzzy</i>	56
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik Tebal Lem.....	31
Tabel 3.2 Struktur Data.....	31
Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas <i>Labelstock</i>	35
Tabel 4.2 Uji Asumsi Normalitas	37
Tabel 4.3 TFN Tebal Lem	38
Tabel 4.4 Nilai Statistik $\alpha - cuts$ Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$	45
Tabel 4.5 Perbandingan Plot FEWMA Berdasarkan Nilai λ	52
Tabel 4.6 Perbandingan Peta Kendali Fuzzy	53
Tabel 4.7 Indeks Proses Kapabilitas.....	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir	34
Gambar 4.1 <i>Boxplot</i> Tebal Lem <i>Labelstock</i>	36
Gambar 4.2 Peta Kendali $\alpha - cuts$ Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$	44
Gambar 4.3 Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan Transformasi $\alpha - Level$ Fuzzy <i>Midrange</i> untuk $\lambda = 0,1$.	50
Gambar 4.4 Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan Transformasi $\alpha - Level$ Fuzzy <i>Midrange</i> untuk $\lambda = 0,3$.	51
Gambar 4.5 Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan Transformasi $\alpha - Level$ Fuzzy <i>Midrange</i> untuk $\lambda = 0,7$.	52
Gambar 4.6 Diagram Sebab-Akibat Ketebalan Lem di Luar Batas Spesifikasi.....	55

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Tebal Lem <i>Labelstock</i>	65
Lampiran 2 <i>Output</i> Uji Asumsi Normal	66
Lampiran 3 Nilai Statistik Transformasi α – <i>Level Fuzzy</i> <i>Midrange</i> Peta Kendali <i>Fuzzy</i> $\tilde{X} - \tilde{R}$	67
Lampiran 4 Peta Kendali <i>Fuzzy</i> $\tilde{X} - \tilde{R}$	69
Lampiran 5 Nilai <i>Control Limit</i> FEWMA	70
Lampiran 6 <i>Control Limit</i> Transformasi α – <i>Level</i> FEWMA ..	73
Lampiran 7 Nilai Statistik Transformasi α – <i>level</i> FEWMA ..	74
Lampiran 8 Peta kendali FEWMA	75
Lampiran 9 Tabel Statistika	84
Lampiran 10 Surat Keterangan Data	85

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan sektor industri semakin pesat. Produksi barang dan jasa berkembang seiring dengan perkembangan peradaban manusia. Perkembangan ini memacu para penggerak industri untuk berlomba lomba menghasilkan produk yang terbaik bagi masyarakat. Hal ini dilakukan agar perusahaan dapat bertahan di tengah perkembangan peradaban. Oleh karena itu kualitas produksi sangat penting dalam menentukan keberlangsungan suatu perusahaan dalam bersaing di pasar global. Kualitas suatu produk ditentukan oleh karakteristik produk tersebut, dalam penghitungannya dilakukan pengendalian kualitas produksi melalui ciri-ciri kualitas produk yang dihasilkan.

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan yang ada dan mengambil tindakan yang sesuai apabila ada perbedaan antara keadaan sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan. Suatu alat statistik yang biasa digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas produksi adalah diagram kontrol (peta kendali). Secara grafis, peta kendali menggambarkan nilai rata-rata dan batas kendali atas dan bawah dari suatu proses. Keutamaan peta kendali adalah kemampuannya dalam mendeteksi pergeseran proses dan menunjukkan kondisi abnormal pada proses produksi. Peta kendali yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi pergeseran proses suatu produksi adalah peta kendali Shewhart. Peta kendali Shewhart khususnya $\bar{X} - R$ tidak terlalu sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses rata rata ataupun varians, terutama ketika nilai pergeseran rata rata dan variansnya kecil. Kelemahan lain dari peta kendali $\bar{X} - R$ adalah karena dua grafik tersebut tidak saling bebas (Montgomery, 2013).

Dalam dunia industri, pengukuran suatu kualitas produksi seringkali terjadi perbedaan pada pengukuran. Hal ini

memunculkan terjadinya *vagueness* atau ketidakpastian pengukuran pada data. Metode yang sering digunakan pada data seperti ini adalah metode *fuzzy*.

Metode *fuzzy* pertama kali dikenalkan pada tahun 1965. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang unsur-unsurnya mempunyai derajat keanggotaan. Dalam teori himpunan *fuzzy* memungkinkan penilaian bertahap dari keanggotaan elemen dalam himpunan yang digambarkan dengan bantuan sebuah fungsi keanggotaan bernilai $[0,1]$. Nilai 0 menunjukkan “salah”, nilai 1 menunjukkan “benar”, dan masih ada nilai lainnya yang terletak antara 0 dan 1 (Zahdeh, 1965). Pada tahun 1983, dikenalkan batas kendali *fuzzy* ekonomi pada *acceptance control chart* (Bradshaw, 1983). Kemudian pada 1990, dikenalkan dua pendekatan peta kendali *fuzzy* yaitu pendekatan probabilitas dan pendekatan keanggotaan (Raz & Wang, 1990).

PT “XYZ” merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan *labelstock*, *release liner* dan *adhesive tape*. Produk produk ini digunakan pada industri secara umum, produk *hygiene*, produk *food grade*, percetakan dan industri kemasan. Perusahaan ini mulai beroperasi pada tahun 1993. Pada saat itu perusahaan memulai dengan pemasangan mesin *coating* multiguna. Proses *coating* yang dilakukan pada perusahaan ini adalah mengaplikasikan lem basah yang diletakkan di *release paper* kemudian dilewatkan *dryer* agar lem kering kemudian dipertemukan dengan item tertentu. Proses tersebut diukur melalui 3 titik pengukuran, yaitu kiri, tengah dan kanan untuk setiap 1 roll *labelstock*. Ketebalan lem diukur pada ketiga titik tersebut. Pada saat proses *coating* diutamakan dengan mengukur ketebalan lem pada tiap sisi pengamatan untuk mengontrol kualitas ketebalannya. Kualitas produksi *labelstock* ditentukan oleh daya rekat lem, dimana ketebalan lem sangat mempengaruhi kualitas perekatan *labelstock*. Oleh karena itu diperlukan adanya pengendalian kualitas pada ketebalan lem. Namun, selama ini PT “XYZ” belum pernah melakukan pengendalian kualitas secara statistik untuk pengukuran ketebalan lem. Pengendalian kualitas yang telah

dilakukan oleh PT “XYZ” selama ini hanya berdasarkan pada penghitungan ketebalan lem dengan batas tertentu, dimana terdapat 3 level ketebalan lem pada *labelstock* yaitu S+1, S+2, dan S+3. Level S+1 merupakan ketebalan lem standar $\pm 7,5\%$, untuk level S+2 merupakan ketebalan lem standar $\pm 15\%$ dan S+3 merupakan ketebalan lem standar $\pm > 15\%$. Apabila ketebalan lem berada pada level S+3 maka akan dilakukan *hold* pada *labelstock*. Pada pengukuran kualitas ketebalan lem memungkinkan terjadinya ambiguitas pada data. Ambiguitas data dapat disebabkan oleh alat ukur, subjektifitas operator, ataupun lingkungan. Oleh karena itu untuk memonitoring data kualitas ketebalan lem yang mengandung ambiguitas diperlukan peta kendali dengan pendekatan teori *fuzzy* (Sooroshian, 2013).

Penelitian mengenai peta kendali *fuzzy* dilakukan oleh Faraz dan Moghadam (2007) dengan membandingkan peta kendali Shewhart \bar{X} dan peta kendali berbasis *fuzzy*. Dalam penelitiannya peta kendali Shewhart \bar{X} dan peta kendali berbasis *fuzzy* \bar{X} digunakan untuk mengontrol rata-rata proses produksi lantai. Hasil menunjukkan bahwa peta kendali *fuzzy* \bar{X} lebih baik daripada peta kendali Shewhart \bar{X} . Kemudian penelitian sebelumnya mengenai pengendalian kualitas produksi *labelstock* telah dilakukan oleh Estuningtyas dan Wibawati (2013) di PT “X” dengan metode diagram kontrol kernel. Dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa stabilitas proses produksi *labelstock* belum tercapai. Penyebab utamanya adalah karena adanya pergantian roll dan adanya pergantian *shift* yang menyebabkan pengaturan mesin kembali berubah dan menyebabkan berat lem atau tebal lem berlebih. Selanjutnya penelitian lain mengenai *labelstock* dilakukan oleh Purtomo (2014) menggunakan peta kendali $\bar{X} - R$ untuk monitoring kualitas produksi *labelstock* jenis kertas HVS di PT “X”. Hasil dari penelitian tersebut adalah data ketebalan lem terkendali secara statistik, tetapi ketebalan lem tidak kapabel atau tidak presisi dan tidak akurasi. Berdasarkan analisis diagram ishikawa, didapatkan bahwa terdapat beberapa faktor penyebab perbedaan ketebalan lem, diantaranya adalah faktor manusia

(ketelitian dan keterampilan operator), kualitas bahan baku yang kurang baik, kecanggihan mesin, cuaca/suhu, dan keefektifan cara kerja.

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran pengendalian kualitas dengan menggunakan peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA) untuk mendeteksi pergeseran proses ketebalan lem pada produksi *labelstock* di PT “XYZ”. Kedua peta kendali tersebut dipilih karena dapat mendeteksi pergeseran proses yang kecil pada data univariat. Untuk peta kendali FEWMA dipilih karena merupakan peta kendali yang *robust* terhadap distribusi normal dan memberikan fleksibilitas pada batas kontrol untuk mencegah terjadinya *false alarm*. Selain itu dilakukan analisis kapabilitas proses sehingga dapat diketahui apakah proses produksi yang dilakukan oleh PT “XYZ” telah kapabel. Data yang digunakan adalah ketebalan lem pada *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 (HVS Putih 60 gram), dimana pengukurannya melalui tiga sisi pengamatan yang berbeda. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat menjadi informasi bagi perusahaan dalam upaya menjaga dan meningkatkan kualitas produksi agar dapat bersaing dengan perusahaan sejenis.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pengendalian kualitas produksi seringkali ditemukan beberapa produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Hal ini terjadi juga pada PT “XYZ” dalam proses produksi *labelstock* untuk jenis kertas tertentu. Ketebalan lem merupakan suatu faktor yang dapat menunjukkan perekatan suatu label. Pada pengukurannya dilakukan pengukuran dari 3 titik yang berbeda yaitu dari sisi kanan, tengah dan kiri. Sehingga terjadi kesamaran (*vagueness*) dalam pengukuran ketebalan lem. Oleh karena itu untuk menangani pengamatan yang melibatkan data *vagueness* digunakan peta kendali *fuzzy*. Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60?
2. Bagaimana pengendalian kualitas pada ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 dengan menggunakan peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$?
3. Bagaimana pengendalian kualitas pada ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 dengan menggunakan peta kendali *Fuzzy Exponential Weighted Moving Average* (FEWMA)?
4. Bagaimana perbandingan antara peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ dan peta kendali FEWMA pada analisis kualitas ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60?
5. Bagaimana analisis proses kapabilitas pada ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 di PT “XYZ”?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik data ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 di PT “XYZ”.
2. Memonitoring kualitas ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 dengan peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$.
3. Memonitoring kualitas ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 dengan peta kendali *Fuzzy Exponential Weighted Moving Average* (FEWMA).
4. Mengetahui perbandingan antara peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ dan peta kendali FEWMA pada analisis kualitas ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60.
5. Menganalisis kapabilitas proses pada ketebalan lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 di PT “XYZ”.

1.4 Manfaat

Pada penelitian ini manfaat yang diharapkan dapat menangani ambiguitas dalam persoalan karakteristik kualitas pada

ketebalan lem *labelstock* jenis kertas HVS P 60 (HVS Putih 60 gram). Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi bagi perusahaan mengenai pengendalian kualitas produksi *labelstock* pada jenis kertas HVS P 60, sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan guna meningkatkan kualitas produksi perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tebal lem *labelstock* pada jenis kertas HVS P 60. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data karakteristik kualitas pada produksi *labelstock* untuk bulan Juni 2019 sampai Januari 2020. Pada penelitian ini digunakan fungsi keanggotaan TFN (*Triangular Fuzzy Number*).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini diuraikan tinjauan pustaka terkait dengan metode yang digunakan untuk pengendalian ketebalan lem *labelstock*, yaitu sebagai berikut.

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian data sehingga memberikan informasi yang berguna. Metode ini bertujuan untuk menguraikan tentang sifat-sifat atau karakteristik dari suatu keadaan dan membuat gambaran yang sistematis dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat dari fenomena yang diselidiki. Penyajian data dapat dilakukan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar. Ukuran pemusatan memberikan ukuran mengenai nilai maksimum, nilai minimum, rata-rata, median, modus. Ukuran penyebaran meliputi simpangan rata-rata, standar deviasi, jangkauan kuartil dan jangkauan persentil (Walpole, 1995).

2.2 Asumsi Distribusi Normal

Pengujian normalitas yang banyak dipakai adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Kelebihan dari uji ini adalah sederhana dan tidak menimbulkan perbedaan persepsi di antara satu pengamat dengan pengamat yang lain, yang sering terjadi pada uji normalitas dengan menggunakan grafik (Daniel, 1989). Uji satu sampel distribusi normal digunakan untuk mengetahui apakah distribusi nilai-nilai sampel yang teramati telah berdistribusi normal. Berikut merupakan pengujian *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis :

H_0 : $F_0(x) = F(x)$ untuk semua nilai (data berdistribusi normal)

H_1 : $F_0(x) \neq F(x)$ untuk minimal satu x (data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji :

$$D = \sup |S_n(x) - F_0(x)|, \quad (2.1)$$

Daerah kritis:

Tolak H_0 jika $|D| > D_{(1-\alpha, n)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Keterangan :

S_n : fungsi peluang kumulatif data sampel

$F_0(x)$: fungsi distribusi kumulatif normal

D : supremum semua x dari nilai $|S_n(x) - F_0(x)|$

2.3 Logika Fuzzy

Teori *fuzzy* dikenalkan pertama kali oleh Zadeh pada 1965. Menurut Zadeh (1965) teori *fuzzy* digunakan untuk merepresentasikan masalah yang mengandung *ambiguity* atau *vagueness*. Logika *fuzzy* adalah logika yang didasarkan pada konsep nilai yang tidak jelas, tidak memiliki makna yang pasti. Dengan kata lain, logika *fuzzy* adalah logika yang telah diperluas untuk menangani konsep kebenaran parsial (nilai kebenaran antara "sepenuhnya benar" dan "sepenuhnya salah") (Abdolshah, 2012).

Metode *fuzzy* diformulasikan untuk mencari nilai tengah antara bilangan 0 dan 1. Teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik (*crisp*). Nilai keanggotaan suatu item pada himpunan klasik memiliki dua kemungkinan yaitu 0 dan 1. Satu (1) berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, dan nol (0) berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Jika pada himpunan klasik, nilai keanggotaan hanya 2 yaitu 0 dan 1, maka *fuzzy* nilai keanggotaan suatu item terletak pada rentang 0 sampai 1 (Zahdeh, 1965).

Derajat keanggotaan dibentuk dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$, maka x merupakan anggota himpunan A. Apabila item x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 0$ berarti tidak menjadi anggota himpunan A, demikian pula jika nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 1$ berarti x merupakan anggota penuh dari himpunan A. Nilai α – *cut* merupakan pemisah himpunan A dimana bila α – *cut* mendekati 1 maka keanggotaan *fuzzy* akan semakin sempit. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

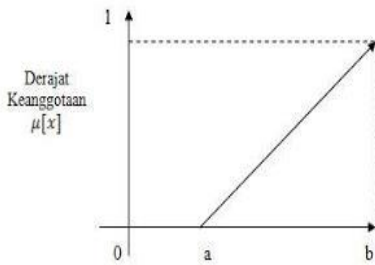
- a. Linguistik, berarti bahwa penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Parobaya, dan Tua,
- b. Numerik, berarti bahwa nilai atau angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 10, 15, 10, dan sebagainya.
 Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan atau yang biasa dikenal dengan istilah *fuzzy membership*. Terdapat beberapa fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan adalah kurva yang menggambarkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya. Untuk mendapatkan nilai keanggotaan tersebut salah satu caranya dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut,
 - a. Representasi linier
 Kurva linier adalah pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Pada representasi linear terdapat 2 kemungkinan, yaitu kurva linier naik dan turun.
 - b. Representasi kurva segitiga/ triangular
 Kurva segitiga pada dasarnya terbentuk dari gabungan antara 2 garis (linear).
 - c. Representasi kurva trapezium/trapezoidal
 Pada dasarnya kurva trapezoidal merupakan kurva segitiga, tetapi terdapat beberapa titik ditengah yang memiliki nilai keanggotaan 1.
 - d. Representasi kurva-S
 Digunakan untuk merepresentasikan kenaikan dan penurunan secara tidak linear. Untuk kurva sigmoid pertumbuhan bergerak dari sisi kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi kanan (nilai keanggotaan = 1). Untuk kurva sigmoid penyusutan bergerak dari sisi kiri (nilai keanggotaan = 1) ke sisi kanan (nilai keanggotaan = 0).
 - e. Representasi kurva bentuk lonceng
 Bentuknya lonceng (sama dengan Phi dan Gauss), tetapi lebih rapat. Menggunakan 2 parameter: γ untuk titik puncak

lonceng, dan β untuk separuh dari separuh bagian lonceng. Titik infleksi (titik belok) memberikan nilai keanggotaan 0.5. Jika β sangat besar, maka nilai keanggotaannya bisa menjadi nol.

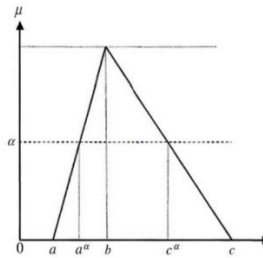
f. Representasi kurva bentuk bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* “bahu” digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.

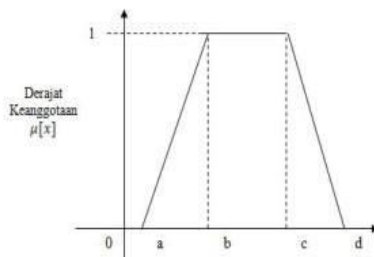
Fungsi representasi kurva himpunan *fuzzy* diilustrasikan pada Gambar 2.1 berikut,



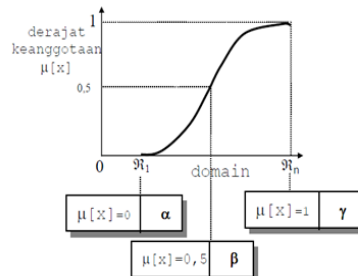
(a) Kurva Linear



(b) Kurva Triangular

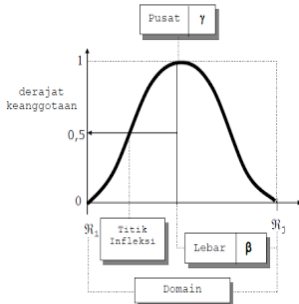


(c) Kurva Trapezium

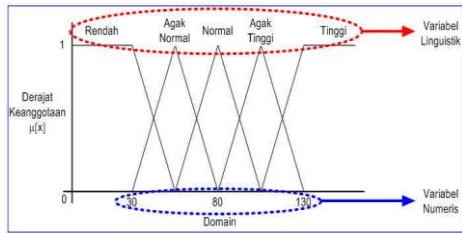


(d) Kurva-S

Gambar 2. 1 Ilustrasi Representatif Bilangan *Fuzzy*



(e) Kurva Lonceng



(f) Kurva Bentuk Bahu

Lanjutan Gambar 2.1 Ilustrasi Representatif Bilangan Fuzzy

2.4 Peta Kendali Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$

Pada metode pendekatan tradisional, peta kendali yang sering digunakan dalam mendeteksi pergeseran rata-rata proses adalah peta kendali \bar{X} , sedangkan untuk mendeteksi variansi proses digunakan peta kendali jarak atau *range* yang disebut peta kendali R (Senturk & Erginel, 2009). Batas kendali untuk peta kendali R dirumuskan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} LCL_R &= D_3 \bar{R}, \\ CL_R &= \bar{R} = \frac{\sum_{t=1}^m R_t}{m}, \\ UCL_R &= D_4 \bar{R}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

dimana D_3 dan D_4 merupakan konstanta dapat dilihat dalam tabel berbagai nilai n (Montgomery, 2009) pada Lampiran 9.

Keterangan:

\bar{R} : rata rata R_t , $t = 1, 2, \dots, m$,

R_t : *range* untuk tiap subgrup.

Kemudian untuk peta kendali \bar{X} ditunjukkan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 LCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}, \\
 CL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}}, \\
 UCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R},
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

dimana konstanta A_2 dilihat pada Lampiran 9 sebagaimana D_3 dan D_4 .

Keterangan:

$\bar{\bar{X}}$: nilai rata-rata keseluruhan sampel.

Salah satu aplikasi *fuzzy* untuk data variabel yang sering digunakan adalah *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$. Sebelumnya telah banyak penelitian yang membahas mengenai metode tersebut seperti, Rowlands dan Wang (2000), El-Shal dan Morris (2000), Zandi *et al.* (2008), Kahraman & Kaya (2011) dan lainnya. Pada kasus *fuzzy*, setiap sampel atau subgroup, merupakan representasi dari *fuzzy* triangular (a, b, c) . Fungsi keanggotaan *fuzzy* triangular direpresentasikan sebagai (X_a, X_b, X_c) untuk setiap observasi *fuzzy*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat struktur data peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$

Subgrup	X_a	X_b	X_c
1	X_{a11}	X_{b11}	X_{c11}
	X_{a12}	X_{b12}	X_{c12}
	\vdots	\vdots	\vdots
	X_{a1n}	X_{b1n}	X_{c1n}
2	X_{a21}	X_{b21}	X_{c21}
	X_{a22}	X_{b22}	X_{c22}
	\vdots	\vdots	\vdots
	X_{a2n}	X_{b2n}	X_{c2n}
\vdots	\vdots	\vdots	
m	X_{am1}	X_{bm1}	X_{cm1}
	X_{am2}	X_{bm2}	X_{cm2}
	\vdots	\vdots	\vdots
	X_{amn}	X_{bmn}	X_{cmn}

Keterangan:

X_r : pengamatan pada sisi r , dimana $r = a, b, c$,

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat dihitung batas-batas kendali peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$. Untuk peta kendali *fuzzy* \tilde{R} dapat dihitung dengan persamaan (2.4) berikut,

$$\begin{aligned} LCL_R &= D_3 \bar{R}_r = D_3 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c), \\ CL_R &= \bar{R}_r = \frac{\sum_{t=1}^m X_{rt}}{m} = (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c), \\ UCL_R &= D_4 \bar{R}_r = D_4 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c). \end{aligned} \quad (2.4)$$

Pada grafik kendali *fuzzy* \tilde{R} , *range* subgroup ke- t dapat dituliskan sebagai berikut,

$$\bar{R}_{rt} = \frac{\sum_{t=1}^m R_{rt}}{m}; r = a, b, c. \quad (2.5)$$

Ketika \bar{R}_a , \bar{R}_b , dan \bar{R}_c merupakan rata-rata urutan dari nilai kemungkinan terkecil, nilai yang paling mungkin, dan nilai kemungkinan terbesar, R_{at}, R_{bt}, R_{ct} dapat dihitung dengan persamaan (2.6) (Senturk & Erginel, 2009),

$$\begin{aligned} R_{at} &= X_{\max, a_t} - X_{\min, c_t}, \\ R_{bt} &= X_{\max, b_t} - X_{\min, b_t}, \\ R_{ct} &= X_{\max, c_t} - X_{\min, a_t}, \end{aligned} \quad (2.6)$$

dengan $t = 1, 2, \dots, m$. Selanjutnya batas kendali peta kendali *fuzzy* \tilde{X} dinyatakan dalam persamaan berikut,

$$\begin{aligned}
UCL_{\bar{X}} &= CL_{\bar{X}} + A_2 \bar{R}_r \\
&= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) + A_2 \left(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c \right) \\
&= \left(\bar{X}_a + A_2 \bar{R}_a, \bar{X}_b + A_2 \bar{R}_b, \bar{X}_c + A_2 \bar{R}_c \right), \\
CL_{\bar{X}} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right), \\
LCL_{\bar{X}} &= CL_{\bar{X}} - A_2 \bar{R}_r \\
&= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) - A_2 \left(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c \right) \\
&= \left(\bar{X}_a - A_2 \bar{R}_a, \bar{X}_b - A_2 \bar{R}_b, \bar{X}_c - A_2 \bar{R}_c \right),
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Keterangan:

$LCL_{\bar{X}}$: Lower control limit peta kendali fuzzy \tilde{X}

$UCL_{\bar{X}}$: Upper control limit peta kendali fuzzy \tilde{X}

LCL_R : Lower control limit peta kendali fuzzy \tilde{R}

UCL_R : Upper control limit peta kendali fuzzy \tilde{R}

Pada penelitian dilakukan pengukuran peta kendali dengan α -cuts. α -cuts adalah himpunan fuzzy yang mencakup elemen-elemen yang derajat keanggotaannya lebih besar daripada α . Selanjutnya digunakan α -cuts fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ berdasarkan range untuk menentukan batas-batas yang telah ditentukan perusahaan dapat dituliskan dalam persamaan (2.8) dan (2.9) berikut (Senturk & Erginel, 2009),

$$\begin{aligned}
\bar{R}_a^{\alpha-cuts} &= \bar{R}_a + \alpha - cuts \left(\bar{R}_b - \bar{R}_a \right), \\
\bar{R}_c^{\alpha-cuts} &= \bar{R}_a - \alpha - cuts \left(\bar{R}_c - \bar{R}_b \right),
\end{aligned} \tag{2.8}$$

dan,

$$\begin{aligned}
\bar{X}_a^{\alpha-cuts} &= \bar{X}_a + \alpha - cuts \left(\bar{X}_b - \bar{X}_a \right), \\
\bar{X}_c^{\alpha-cuts} &= \bar{X}_c - \alpha - cuts \left(\bar{X}_c - \bar{X}_a \right),
\end{aligned} \tag{2.9}$$

sehingga batas kendali untuk *fuzzy* \tilde{R} dengan α -cuts adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} LCL_R^{\alpha-cuts} &= D_3 \overline{R}_r^{\alpha-cuts} = D_3 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right), \\ CL_R^{\alpha-cuts} &= \overline{R}_r = \frac{\sum_{t=1}^m X_{rt}}{m} = \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right), \\ UCL_R^{\alpha-cuts} &= D_4 \overline{R}_r^{\alpha-cuts} = D_4 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right). \end{aligned} \quad (2.10)$$

sedangkan untuk batas kendali *fuzzy* \tilde{X} dengan α -cuts dirumuskan dalam persamaan (2.11),

$$\begin{aligned} LCL_{\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= CL_{\tilde{X}}^{\alpha-cuts} - A_2 \overline{R}_r^{\alpha-cuts} \\ &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts}, \overline{X}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} \right) - A_2 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \\ &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts} - A_2 \overline{R}_a, \overline{X}_b - A_2 \overline{R}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} - A_2 \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right), \\ CL_{\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts}, \overline{X}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} \right), \\ UCL_{\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= \overline{CL}_{\tilde{X}}^{\alpha-cuts} + A_2 \overline{R}_r^{\alpha-cuts} \\ &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts}, \overline{X}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} \right) + A_2 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \\ &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts} + A_2 \overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{X}_b + A_2 \overline{R}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} + A_2 \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right), \end{aligned} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$\overline{X}_r^{\alpha-cuts}$: Nilai rata-rata pengamatan pada sisi r dengan pendekatan α -cuts

$\overline{R}_r^{\alpha-cuts}$: Range pengamatan pada sisi r dengan pendekatan α -cuts

$LCL_{\bar{X}}^{\alpha-cuts}$: Lower control limit peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dengan pendekatan $\alpha-cuts$

$UCL_{\bar{X}}^{\alpha-cuts}$: Upper control limit peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dengan pendekatan $\alpha-cuts$

Dalam teori fuzzy, terdapat teknik transformasi fuzzy yang berguna dalam mentransformasi fuzzy number ke dalam data crisp (tegas). Terdapat empat transformasi fuzzy yaitu fuzzy mode, α -level fuzzy midrange, fuzzy median, dan fuzzy average (Senturk, 2010). Pada penelitian ini dilakukan analisis transformasi fuzzy dengan α -level fuzzy midrange. α -Level fuzzy midrange merupakan salah satu dari keempat teknik transformasi yang digunakan untuk menghitung batas kendali fuzzy. Batas kendali yang digunakan adalah untuk mengetahui suatu proses *in control* atau *out of control*. Untuk menghitung control limit dengan transformasi α -level fuzzy midrange untuk peta kendali fuzzy \tilde{R} didapatkan melalui persamaan (2.12) (Senturk & Erginel, 2009),

$$\begin{aligned} LCL_{mr-R}^{\alpha-cuts} &= D_3 \left(\frac{\bar{R}_a^{\alpha-cuts} + \bar{R}_c^{\alpha-cuts}}{2} \right), \\ CL_{mr-R}^{\alpha-cuts} &= \frac{\bar{R}_a^{\alpha-cuts} + \bar{R}_c^{\alpha-cuts}}{2}, \\ UCL_{mr-R}^{\alpha-cuts} &= D_4 \left(\frac{\bar{R}_a^{\alpha-cuts} + \bar{R}_c^{\alpha-cuts}}{2} \right), \end{aligned} \quad (2.12)$$

kemudian definisi dari α -level fuzzy midrange dari sampel t dapat ditulis dalam persamaan (2.13) berikut,

$$S_{mr-R,t}^{\alpha-cuts} = \frac{(R_{at} + R_{ct}) + \alpha - cuts [(R_{bt} - R_{at}) - (R_{ct} - R_{bt})]}{2}, \quad (2.13)$$

sehingga, proses kendali dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$process\ control = \begin{cases} in\ control, & LCL_{mr-R}^{\alpha-cuts} \leq S_{mr-R,t}^{\alpha-cuts} \leq UCL_{mr-R}^{\alpha-cuts} \\ out\ of\ control, & for\ otherwise. \end{cases}$$

Transformasi α -level fuzzy midrange untuk α -cuts peta kendali fuzzy \tilde{X} didapatkan melalui persamaan (2.14),

$$\begin{aligned} LCI_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= CL_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} - A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^{\alpha-cuts} + \bar{R}_c^{\alpha-cuts}}{2} \right), \\ CL_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= \frac{\bar{X}_a^{\alpha-cuts} + \bar{X}_c^{\alpha-cuts}}{2}, \\ UCI_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} &= CL_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} + A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^{\alpha-cuts} + \bar{R}_c^{\alpha-cuts}}{2} \right), \end{aligned} \quad (2.14)$$

kemudian α -level fuzzy midrange fuzzy \tilde{X} pada subgroup ke- t dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$S_{mr-\tilde{X},t}^{\alpha-cuts} = \frac{(\bar{X}_{at} + \bar{X}_{ct}) + \alpha-cuts \left[(\bar{X}_{bt} - \bar{X}_{at}) - (\bar{X}_{ct} - \bar{X}_{bt}) \right]}{2}, \quad (2.15)$$

sehingga kondisi proses kendali untuk setiap subgroup dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$process\ control = \begin{cases} in\ control, & LCI_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts} \leq S_{mr-\tilde{X},t}^{\alpha-cuts} \leq UCI_{mr-\tilde{X}}^{\alpha-cuts}, \\ out\ of\ control, & for\ otherwise. \end{cases}$$

2.5 Peta Kendali Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)

Ketidakpastian timbul dari ketidaktepatan atau subjektifitas individu dalam melakukan pengukuran. Fuzzy sets menyediakan cara matematika untuk mewakili ketidakjelasan dalam sistem humanistik (Ross, 2004). Peta kendali fuzzy sering digunakan ketika data mencakup ketidakpastian dan ketidakjelasan untuk memberikan fleksibilitas pada batas kontrol untuk mencegah terjadinya *false alarm*.

Peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) tradisional dikenalkan pertama kali pada tahun 1986 (Hunters, 1986). Peta kendali EWMA lebih disukai karena sensitif untuk mendeteksi pergeseran proses yang kecil. Peta kendali

Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) didefinisikan sebagai berikut (Senturk, et al., 2014).

$$z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda) z_{t-1}.$$

Keterangan:

z_t : EWMA pada sampel ke- t , dimana $t = 1, 2, \dots, m$,

\bar{X}_t : rata-rata sampel ke- t ,

λ : parameter pembobot, dimana $0 < \lambda \leq 1$ konstan.

$$z_0 = \bar{\bar{X}},$$

jika \bar{X}_t merupakan variabel acak independen dengan varians σ^2 / n , dimana σ adalah standar deviasi dari populasi, maka varians dari z_t adalah,

$$\sigma_{z_t}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) \left[1 - (1 - \lambda)^{2t} \right],$$

$$\sigma_{z_t} = \frac{\sigma}{n} \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right),$$

dimana n merupakan ukuran sampel dalam subgrup. Jika jumlah subgrup t cukup besar, perhitungan batas kendali untuk peta kendali EWMA dirumuskan sebagai berikut,

$$UCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}},$$

$$CL_{EWMA} = \bar{\bar{X}},$$

$$LCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)}}.$$

Untuk t kecil, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut,

$$UCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} \left[1 - (1 - \lambda)^{2t} \right]},$$

$$CL_{EWMA} = \bar{\bar{X}},$$

$$LCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} \left[1 - (1 - \lambda)^{2t} \right]}.$$

Jika σ merupakan estimasi dari sampel \bar{R} , maka digunakan rumus untuk menghitung batas kendali pada peta kendali EWMA sebagai berikut,

$$\begin{aligned} UCL_{EWMA} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \\ CL_{EWMA} &= \bar{\bar{X}}, \\ LCL_{EWMA} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}. \end{aligned}$$

Peta kendali EWMA tradisional digunakan untuk mendeteksi pergeseran proses hanya pada data *crips*, apabila terjadi *ambiguity* pada data pengamatan, maka digunakan metode *fuzzy* yaitu peta kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA). Struktur data untuk peta kendali FEWMA sama dengan struktur data pada peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ (Tabel 2.1). Berikut merupakan perhitungan pembentukan plot peta kendali FEWMA,

$$\tilde{z}_t = \lambda (\bar{X}_{a,t}, \bar{X}_{b,t}, \bar{X}_{c,t}) + (1-\lambda) \tilde{z}_{t-1},$$

dimana, $\tilde{z}_0 = \bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c$ dan $t = 1, 2, \dots, m$ (Senturk, et al., 2014)

Keterangan:

\tilde{z}_t : FEWMA pada waktu ke- t ,

$\bar{X}_{a,t}$: rata-rata pengamatan sisi a pada sampel ke- t .

Dalam membentuk peta kendali FEWMA dibutuhkan penghitungan standar deviasi *fuzzy*, rata-rata *fuzzy* dan nilai λ . Terdapat dua penghitungan batas kendali peta kendali FEWMA yaitu peta kendali FEWMA ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ diketahui dan peta kendali FEWMA ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ tidak diketahui.

2.5.1 Peta Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA) Ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ Diketahui

Saat mendeteksi pergeseran kecil proses dengan pengamatan *fuzzy*, maka digunakan peta kendali *fuzzy* EWMA untuk mengevaluasi proses. Pengamatan *fuzzy* $(X_{a,1}, X_{b,1}, X_{c,1})$ diperoleh

dari proses pengamatan *fuzzy* yang direpresentasikan oleh fungsi keanggotaan triangular dengan ukuran sampel n . $(\bar{X}_{a,t}, \bar{X}_{b,t}, \bar{X}_{c,t})$ merupakan rata-rata pada sampel t pada titik a , b , dan c , dimana $\tilde{z}_0 = (z_{a0}, z_{b0}, z_{c0}) = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)$ (Senturk, et al., 2014).

Jika jumlah sampel t cukup besar, peta kendali FEWMA diberikan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} UCL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) + \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\ &= \bar{X}_a + \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_b + \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_c + \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \end{aligned}$$

$$CL_{EWMA} = \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right),$$

$$\begin{aligned} UCL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) - \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\ &= \bar{X}_a - \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_c - \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \end{aligned}$$

Jika jumlah sampel t kecil, maka:

$$UCL_{EWMA} = \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) + \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right]$$

$$= \bar{X}_a + \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right],$$

$$\bar{X}_b + \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right],$$

$$\bar{X}_c + \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right],$$

$$CL_{EWMA} = \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right),$$

$$\begin{aligned}
UCL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) - \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right] \\
&= \bar{X}_a - \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right], \\
&\bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right], \\
&\bar{X}_c - \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right].
\end{aligned}$$

Pada penelitian dilakukan pengukuran peta kendali dengan α -cuts. Penghitungan α -cuts fuzzy untuk rata-rata dihitung berdasarkan persamaan (2.8) dan standar deviasi dihitung dengan rumus sebagai berikut (Senturk, et al., 2014),

$$\begin{aligned}
\sigma_a^{\alpha-cuts} &= \sigma_a + \alpha - cuts (\sigma_b - \sigma_a), \\
\sigma_c^{\alpha-cuts} &= \sigma_c + \alpha - cuts (\sigma_c - \sigma_a).
\end{aligned}$$

Jika jumlah subgroup t besar, peta kendali α -cuts FEWMA dirumuskan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
UCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right) + \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts}) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\
&= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts} + \frac{3\sigma_a^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \left(\bar{X}_b + \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \\
&\left(\bar{X}_c^{\alpha-cuts} + \frac{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \\
CL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right), \\
LCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right) - \frac{3}{\sqrt{n}} (\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts}) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}
\end{aligned}$$

$$= \left(\begin{array}{c} \bar{X}_a^{\alpha-cuts} - \frac{3\sigma_a^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\ \bar{X}_c^{\alpha-cuts} - \frac{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} \bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\ \bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \end{array} \right),$$

Jika jumlah subgrup t kecil, peta kendali α -cuts FEWMA dirumuskan sebagai berikut (Senturk, et al., 2014),

$$\begin{aligned} UCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right) + \frac{3}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]}, \\ &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts} + \frac{3\sigma_a^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right), \left(\bar{X}_b + \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right), \\ &\quad \left(\bar{X}_c^{\alpha-cuts} + \frac{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right), \\ \bar{C}_{LEWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right), \\ LCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right) - \frac{3}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]}, \\ &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts} - \frac{3\sigma_a^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right), \left(\bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right), \\ &\quad \left(\bar{X}_c^{\alpha-cuts} - \frac{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2t}]} \right). \end{aligned}$$

Teknik transformasi α -level fuzzy midrange diterapkan pada peta kendali fuzzy EWMA dengan α -cuts untuk mendapatkan nilai *crisp* dari batas kendali. Batas kendali untuk t sampel besar dan t sampel kecil dirumuskan sebagai berikut,

$$UCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} + \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}},$$

$$CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = \frac{1}{3} \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right),$$

$$LCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} - \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}},$$

$$UCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} + \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right]},$$

$$CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = \frac{1}{3} \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right),$$

$$LCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} - \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sigma_a^{\alpha-cuts}, \sigma_b, \sigma_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \left[1 - (1-\lambda)^{2t} \right]}.$$

Ketika mengevaluasi sampel dengan peta kendali *fuzzy* EWMA, dapat dihitung nilai α -level *fuzzy midrange* untuk setiap subgrup t ($S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts}$) sebagai berikut,

$$S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts} = \frac{1}{3} \left(\bar{X}_{a,t}^{\alpha-cuts} + \bar{X}_{b,t} + \bar{X}_{c,t}^{\alpha-cuts} \right).$$

Kondisi kendali proses untuk setiap sampel digambarkan sebagai berikut,

$$process\ control = \begin{cases} in\ control, & LCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} \leq S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts} \leq UCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts}, \\ out\ of\ control, & for\ otherwise. \end{cases}$$

2.5.2 Peta Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA) Ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ Tidak Diketahui

Ketika \bar{R}_a , \bar{R}_b , dan \bar{R}_c merupakan rata-rata urutan dari nilai kemungkinan terkecil, nilai yang paling mungkin, dan nilai kemungkinan terbesar. (R_{a1}, R_{b1}, R_{c1}) dan $(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c)$ dapat dihitung sebagaimana peta kendali $\bar{X} - R$ (Senturk & Erginel, 2009). Peta kendali FEWMA dengan $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ diketahui yaitu dirumuskan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
UCL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) + A_2 \left(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\
&= \bar{X}_a + A_2 \bar{R}_a \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_b + A_2 \bar{R}_b \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \\
&\quad \bar{X}_c + A_2 \bar{R}_c \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \\
CL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right), \\
LCL_{EWMA} &= \left(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c \right) - A_2 \left(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\
&= \bar{X}_a - A_2 \bar{R}_a \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \bar{X}_b - A_2 \bar{R}_b \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \\
&\quad \bar{X}_c - A_2 \bar{R}_c \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}.
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Peta kendali *fuzzy* EWMA dengan α -cuts ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ tidak diketahui dirumuskan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
UCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b^{\alpha-cuts}, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right) + A_2 \left(\bar{R}_a^{\alpha-cuts}, \bar{R}_b^{\alpha-cuts}, \bar{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\
&= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts} + A_2 \bar{R}_a^{\alpha-cuts} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \left(\bar{X}_b^{\alpha-cuts} + A_2 \bar{R}_b^{\alpha-cuts} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \\
&\quad \left(\bar{X}_c^{\alpha-cuts} + A_2 \bar{R}_c^{\alpha-cuts} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \\
CL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\bar{X}_a^{\alpha-cuts}, \bar{X}_b^{\alpha-cuts}, \bar{X}_c^{\alpha-cuts} \right),
\end{aligned} \tag{2.17}$$

$$\begin{aligned}
LCL_{EWMA}^{\alpha-cuts} &= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts}, \overline{X}_b, \overline{X}_c^{\alpha-cuts} \right) - A_2 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts}, \overline{R}_b, \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \\
&= \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts} - A_2 \overline{R}_a^{\alpha-cuts} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \overline{X}_b - A_2 \overline{R}_b \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right), \\
&\quad \left(\overline{X}_c^{\alpha-cuts} - A_2 \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \right).
\end{aligned}$$

Teknik transformasi α -level fuzzy midrange untuk peta kendali FEWMA dengan α -cuts ketika $(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c)$ tidak diketahui, dirumuskan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
UCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} &= CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} + \frac{1}{3} A_2 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts} + \overline{R}_b + \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}, \\
CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} &= \frac{1}{3} \left(\overline{X}_a^{\alpha-cuts} + \overline{X}_b + \overline{X}_c^{\alpha-cuts} \right), \tag{2.18}
\end{aligned}$$

$$LCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} = CL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} - \frac{1}{3} A_2 \left(\overline{R}_a^{\alpha-cuts} + \overline{R}_b + \overline{R}_c^{\alpha-cuts} \right) \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}.$$

Untuk subgroup t , nilai α -level fuzzy midrange $(S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts})$ dirumuskan sebagai berikut,

$$S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts} = \frac{1}{3} \left(\overline{X}_{a,t}^{\alpha-cuts} + \overline{X}_{b,t} + \overline{X}_{c,t}^{\alpha-cuts} \right). \tag{2.19}$$

Kendali proses untuk setiap sampel didefinisikan sebagai berikut,

$$process\ control = \begin{cases} in\ control, & LCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts} \leq S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts} \leq UCL_{mr-EWMA}^{\alpha-cuts}, \\ Out\ of\ control, & for\ otherwise. \end{cases}$$

Keterangan:

$S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts}$: Nilai statistik transformasi α - level fuzzy midrange peta kendali FEWMA dengan pendekatan α -cuts.

2.6 Diagram Ishikawa / (Sebab-Akibat)

Diagram *ishikawa* (*cause and effect matrix* atau diagram tulang ikan) merupakan diagram yang menunjukkan penyebab-

penyebab dari sebuah even yang spesifik. Diagram ini mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan memberi efek sebuah kejadian. Penyebab terjadinya masalah sering diakibatkan oleh lima elemen yaitu *man*, *method*, *machine*, *material*, dan *environment*. Penjelasan mengenai lima elemen diagram *ishikawa* adalah sebagai berikut (Montgomery, 2013),

1. *Man* (manusia), karyawan atau operator berperan sangat besar di dalam pelaksanaan proses produksi karena mereka yang berhubungan langsung dengan mesin dan bahan baku. Tingkat kedisiplinan dan keahlian operator juga menjadi faktor yang penting untuk diperhatikan.
2. *Machine* (mesin), merupakan faktor yang cukup penting karena berhubungan langsung dengan bahan baku yang akan diolah dan proses setting mesin juga merupakan salah satu hal yang cukup penting untuk diperhatikan.
3. *Material* (bahan baku), faktor material dapat mempengaruhi hasil akhir dari produk dan dapat juga mengakibatkan kecacatan.
4. *Method* (metode), kesalahan metode dapat mengakibatkan hasil akhir yang cacat atau tidak sesuai dengan yang seharusnya dibuat.
5. *Environment* (lingkungan), faktor lingkungan dapat mempengaruhi kondisi material yang akan diproses atau mempengaruhi orang atau karyawan dalam melaksanakan proses produksi

2.7 Analisis Proses Kapabilitas

Kapabilitas proses didefinisikan sebagai kemampuan suatu proses untuk memenuhi harapan pelanggan yang didefinisikan dalam batas spesifikasi. Beberapa proses yang memenuhi batas spesifikasi dikategorikan dalam *capable process*, sedangkan yang belum memenuhi dikategorikan sebagai *incapable process*. Analisis kapabilitas proses (PCA) merupakan hubungan antara kemampuan proses dan batas spesifikasi. Indeks kapabilitas proses merupakan pendekatan dalam membangun hubungan antara kinerja

proses sebenarnya dengan spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan (Tsai & Chen, 2006). C_p merupakan indeks kapabilitas proses yang pertama muncul dalam literatur dan dikenal dengan indeks presisi yang didefinisikan sebagai lebar rasio spesifikasi ($USL-LSL$) selama proses penyebaran (6σ) (Kane, 1986). Lebar spesifikasi ini mewakili persyaratan dari produk dan pelanggan. Variasi proses mewakili lebar spesifikasi. Apabila variasi proses besar, nilai C_p kecil, ini menandakan bahwa kapabilitas prosesnya rendah. Nilai C_p mengindikasikan seberapa baik proses sesuai dengan kedua batas spesifikasi (Kotz & Johnson, 2002). C_p memfokuskan pada proses yang dipelajari dan tidak memperhitungkan pemusatan proses sehingga tidak memberikan indikasi kinerja yang sebenarnya (Kahraman & Kaya, 2010). Untuk mengatasi hal ini pada tahun 1986, Kane mengenalkan C_{pk} . C_{pk} digunakan untuk mengindikasikan variabilitas suatu proses. C_{pk} mendeskripsikan seberapa baik suatu proses sesuai dengan batas spesifikasi dengan mempertimbangkan rata-rata proses.

Pada metode *fuzzy*, batas atas dan batas bawahnya merupakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dengan $\widetilde{USL} = \text{TFN}(u_1, u_2, u_3)$ dan $\widetilde{LSL} = \text{TFN}(l_1, l_2, l_3)$. Nilai α -cuts untuk batas spesifikasi dihitung dengan persamaan (2.20) (Kaya & Kahraman, 2011),

$$USL^{\alpha-cuts} = [(u_2 - u_1)(\alpha - cuts) + u_1, (u_2 - u_3)(\alpha - cuts) + u_3] \quad (2.20)$$

$$USL^{\alpha-cuts} = [(l_2 - l_1)(\alpha - cuts) + l_1, (l_2 - l_3)(\alpha - cuts) + l_3]$$

Nilai rata-rata proses *fuzzy* ($\tilde{\mu}$) dan deviasi standar *fuzzy* ($\tilde{\sigma}$) dapat dihitung dengan persamaan (2.21) berikut,

$$\begin{aligned} \mu &= \bar{X} = \text{TFN}(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) \\ \sigma &= \frac{\bar{R}_r}{d_2} = \left(\frac{\bar{R}_a}{d_2}, \frac{\bar{R}_b}{d_2}, \frac{\bar{R}_c}{d_2} \right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

dimana,

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_a^{\alpha-cuts} &= \hat{\sigma}_a + \alpha - cuts(\hat{\sigma}_b - \hat{\sigma}_a) \\ \hat{\sigma}_c^{\alpha-cuts} &= \hat{\sigma}_c - \alpha - cuts(\hat{\sigma}_c - \hat{\sigma}_a) \end{aligned} \quad (2.22)$$

maka indeks kapabilitas *fuzzy* dapat dihitung dengan persamaan (2.23) berikut,

$$\begin{aligned}
 C_p^{\alpha-cuts} &= \frac{USL^{\alpha-cuts} - LSL^{\alpha-cuts}}{6\sigma^{\alpha-cuts}} \quad (2.23) \\
 &= \text{TFN} \left(\frac{\left(\frac{\left((u_b - u_a)(\alpha - cuts) + u_a \right) - \left((l_b - l_c)(\alpha - cuts) + l_c \right)}{6\sigma_c^{\alpha-cuts}} \right), \right. \\
 &\quad \left. \frac{\left((u_b - u_c)(\alpha - cuts) + u_c \right) - \left((l_b - l_a)(\alpha - cuts) + l_a \right)}{6\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right) \\
 &= \text{TFN} \left(\frac{USL_a^{\alpha-cuts} - LSL_c^{\alpha-cuts}}{6\sigma_c^{\alpha-cuts}}, \frac{USL_c^{\alpha-cuts} - LSL_a^{\alpha-cuts}}{6\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right).
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk indeks kapabilitas *fuzzy* C_{pk} dapat dihitung dengan persamaan (2.24),

$$\begin{aligned}
 C_{pl}^{\alpha-cuts} &= \text{TFN} \left(\frac{\left(\frac{\overline{X}_a^{\alpha-cuts} - \left((l_b - l_c)(\alpha - cuts) + l_c \right)}{3\sigma_c^{\alpha-cuts}} \right), \right. \\
 &\quad \left. \frac{\overline{X}_c^{\alpha-cuts} - \left((l_b - l_a)(\alpha - cuts) + l_a \right)}{3\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right) \\
 &= \text{TFN} \left(\frac{\overline{X}_a^{\alpha-cuts} - LSL_c^{\alpha-cuts}}{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}, \frac{\overline{X}_c^{\alpha-cuts} - LSL_a^{\alpha-cuts}}{3\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right), \\
 C_{pu}^{\alpha-cuts} &= \text{TFN} \left(\frac{\left(\frac{(u_b - u_a)(\alpha - cuts) + u_a - u_c^{\alpha-cuts}}{3\sigma_c^{\alpha-cuts}} \right), \right. \\
 &\quad \left. \frac{(u_b - u_c)(\alpha - cuts) + u_c - u_a^{\alpha-cuts}}{3\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right) \quad (2.24) \\
 &= \text{TFN} \left(\frac{\overline{USL}_a^{\alpha-cuts} - \overline{X}_c^{\alpha-cuts}}{3\sigma_c^{\alpha-cuts}}, \frac{\overline{USL}_c^{\alpha-cuts} - \overline{X}_a^{\alpha-cuts}}{3\sigma_a^{\alpha-cuts}} \right), \\
 \widehat{C}_{pk}^{\alpha-cuts} &= \text{Min} \left\{ \widehat{C}_{pl}^{\alpha-cuts}; \widehat{C}_{pu}^{\alpha-cuts} \right\}.
 \end{aligned}$$

Tsai & Chen (2006) meninjau indeks kapabilitas proses (\tilde{C}_p) berdasarkan 6 status kualitas yang menunjukkan tingkat kebaikan suatu proses. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2,

Tabel 2.2 Proses Kapabilitas

Status Kualitas	Kondisi
Sangat bagus	$2,00 \leq C_p$
Bagus	$1,67 \leq C_p < 2,00$
Memuaskan	$1,33 \leq C_p < 1,67$
Mampu	$1,00 \leq C_p < 1,33$
Tidak Memadai	$0,67 \leq C_p < 1,00$
Buruk	$C_p < 0,67$

2.8 Proses Produksi *Labelstock*

Proses Pembuatan *labelstock* terdiri dari empat proses produksi, yaitu proses *coating*, *slitting*, *sheeting*, dan *packing*. Langkah langkah proses produksi *labelstock* PT “XYZ” adalah sebagai berikut,

- 1 Awal proses produksi, disiapkan bahan baku yang terdiri dari *release liner*, *facestock*, dan *adhesive*. Bahan baku tersebut kemudian dilakukan proses selanjutnya.
- 2 Proses *coating*. Kertas *release* diletakkan pada proses *unwind* yaitu penguraian kertas *release* yang dijalankan ke proses pelapisan lem dimana lem basah diletakkan di 3 titik penyesuaian tebal lem pada *release paper* kemudian dilewatkan *dryer* agar lem kering kemudian kertas *release* dipertemukan dengan kertas yang telah dilaminasi sehingga lem yang telah dikeringkan menempel pada kertas. Fungsi kertas *release* adalah sebagai media pelapisan lem sehingga saat dikeringkan item tidak rusak kemudian lem dipindahkan pada kertas setelah dilakukan proses laminasi. Setelah kedua kertas yang disatukan telah menjadi *labelsticker* kemudian digulung dalam 1 *roll* sepanjang 1000-2000 m dan diambil 1m untuk dilakukan inspeksi.
- 3 Melakukan inspeksi. Inspeksi dilakukan setelah proses *coating* selesai dijalankan dengan tujuan untuk memeriksa ketebalan lem pada produk *labelstock*, adanya cacat permukaan, dan daya rekat.

- 4 Proses *slitting*. Pada proses ini gulungan produk *labelstock* dilakukan pemotongan menggunakan mesin *slitting* yang dipotong sesuai pesanan yang diterima dari perusahaan.
- 5 Proses *sheeting*. Setelah dilakukan pemotongan sesuai dengan pesanan, maka didapatkan berupa lembaran lembaran yang siap dikemas.
- 6 Proses *packing*. Lembaran produk *labelstock* yang siap untuk dikirim kepada pihak pemesan kemudian dikemas dan diberi label yang menunjukkan identitas jenis kertas yang dipakai. Setelah dikemas dan diberi label produk disimpan di gudang dan siap dikirim kepada pemesan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder ketebalan lem untuk jenis kertas HVS P 60 di PT “XYZ”. Data yang digunakan adalah data ketebalan lem *labelstock* pada bulan Juni 2019 sampai Januari 2020. Data diambil melalui pengukuran tiga sisi yaitu sisi kanan, tengah, dan kiri.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian di PT “XYZ” adalah ketebalan lem pada produk *labelstock* jenis kertas HVS P 60. Karakteristik pengukuran tebal lem ditampilkan dalam Tabel 3.1 berikut,

Tabel 3.1 Karakteristik Tebal Lem

No	\tilde{X}	Keterangan	Satuan
1	X_a	Ketebalan lem sisi kiri	<i>gram/square meter (gsm)</i>
2	X_b	Ketebalan lem sisi tengah	<i>gram/square meter (gsm)</i>
3	X_c	Ketebalan lem sisi kanan	<i>gram/square meter (gsm)</i>

3.3 Struktur Data

Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini adalah struktur data untuk peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dan *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)*.

Struktur data yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut,

Tabel 3.2 Struktur Data

Subgrup	X_a	X_b	X_c
1	X_{a11}	X_{b11}	X_{c11}
	X_{a12}	X_{b12}	X_{c12}
	\vdots	\vdots	\vdots
	X_{a1n}	X_{b1n}	X_{c1n}
2	X_{a21}	X_{b21}	X_{c21}
	X_{a22}	X_{b22}	X_{c22}
	\vdots	\vdots	\vdots

Lanjutan Tabel 3.2 Struktur Data

Subgrup	X_a	X_b	X_c
2	X _{a2n}	X _{b2n}	X _{c2n}
⋮	⋮	⋮	⋮
<i>t</i>	X _{at1}	X _{bt1}	X _{ct1}
	X _{at2}	X _{bt2}	X _{ct2}
	⋮	⋮	⋮
	X _{atn}	X _{btn}	X _{ctn}
⋮	⋮	⋮	⋮
<i>m</i>	X _{am1}	X _{bm1}	X _{cm1}
	X _{am2}	X _{bm2}	X _{cm2}
	⋮	⋮	⋮
	X _{amn}	X _{bmn}	X _{cmn}

3.4 Langkah Analisis

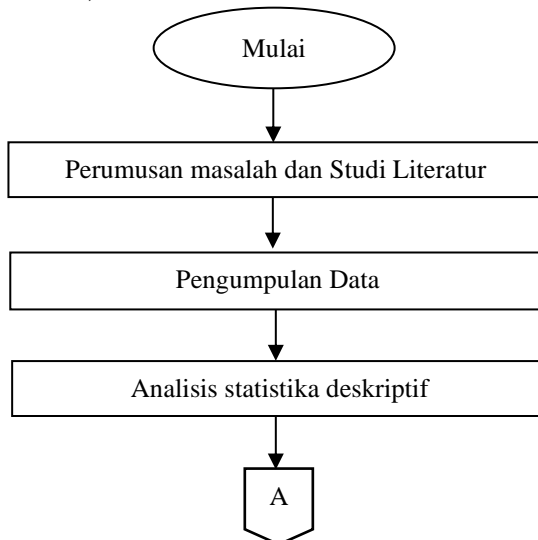
Langkah-langkah analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut,

1. Mengumpulkan data,
2. Melakukan analisis statistika deskriptif pada data,
3. Membuat peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$,
 - 3.1 Pengamatan pada sisi yang berbeda diurutkan dari yang terkecil,
 - 3.2 Menghitung nilai rata-rata dan *range* dari setiap subgrup,
 - 3.3 Menghitung nilai rata-rata dari pengamatan dan *range* semua subgrup,
 - 3.4 Menghitung batas kendali setiap sisi pengamatan,
 - 3.5 Menghitung batas kendali terhadap nilai $\alpha - cuts$,
 - 3.6 Melakukan transformasi *fuzzy* $\alpha - cuts$,
 - 3.7 Membuat peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$,
4. Membuat peta kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA),
 - 4.1 Pengamatan pada sisi yang berbeda diurutkan dari yang terkecil,
 - 4.2 Menghitung nilai rata-rata dan *range* untuk tiap subgrup,

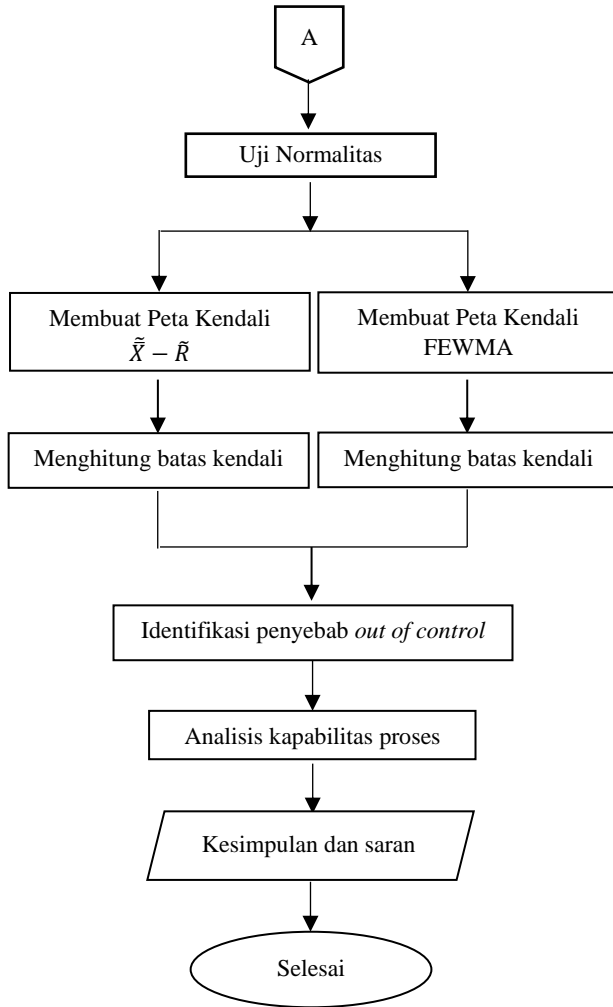
- 4.3 Menghitung batas kendali di setiap sisi pengamatan,
- 4.4 Menghitung batas kendali terhadap nilai α -cuts,
- 4.5 Melakukan transformasi *fuzzy* α -cuts,
- 4.6 Membuat peta kendali FEWMA,
5. Membandingkan peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ dan peta kendali FEWMA,
6. Melakukan identifikasi penyebab *out of control*,
7. Menganalisis proses kapabilitas berbasis *fuzzy* α -cuts,
 - 7.1 Mengubah batas spesifikasi dalam bentuk TFN,
 - 7.2 Menghitung indeks kapabilitas proses,
8. Menarik kesimpulan dan saran.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir menggambarkan alur perjalanan pembuatan laporan ini, mulai dari proses perumusan masalah dan *studi literature*, pengumpulan data hingga penarikan kesimpulan dan saran. Diagram alir dari langkah analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut,



Gambar 3.1 Diagram Alir



Lanjutan Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis karakteristik kualitas produksi *labelstock* jenis HVS P 60 di PT “XYZ” untuk data bulan Juni 2019 sampai Januari 2020. Pertama akan dilakukan analisis statistika deskriptif, kemudian dilakukan pengujian asumsi distribusi normal. Setelah asumsi distribusi normal terpenuhi, dilakukan *monitoring* secara statistik dengan menggunakan peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan FEWMA. Pada bagian akhir dilakukan analisis kapabilitas proses berbasis *fuzzy* pada kualitas *labelstock*.

4.1 Karakteristik Kualitas *Labelstock* HVS P 60

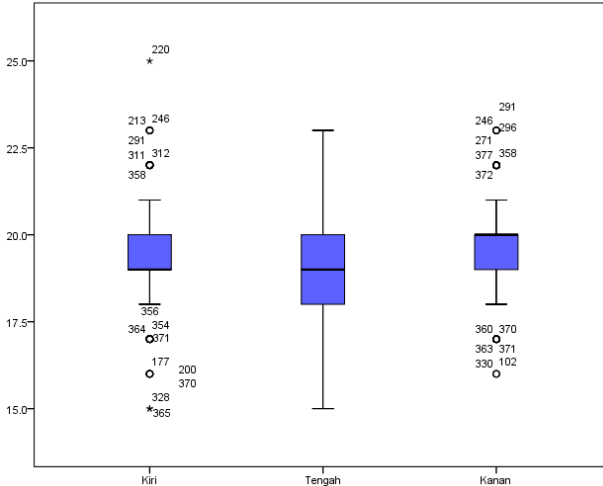
Karakteristik dari kualitas *labelstock* yang berupa perhitungan ketebalan *lem* pada *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60. Pada pengukurannya dilakukan melalui tiga sisi yaitu sisi kanan, tengah, dan kiri. Berikut merupakan hasil statistika deskriptif dari variabel ketebalan *lem labelstock*.

Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas *Labelstock*

Variabel	Mean	Variance	Min	Max	LSL	USL
Tebal Lem Kiri	19,45	2,17	15	25		
Tebal Lem Tengah	19,22	2,09	15	23	18	20
Tebal Lem Kanan	19,61	1,90	16	23		

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata tebal *lem* sisi kiri, tengah, dan kanan memiliki nilai yang berbeda. Tebal *lem* sisi kanan memiliki rata-rata ketebalan tertinggi yaitu 19,61 *gsm*. Untuk nilai variansnya, tebal *lem* sisi kiri memiliki nilai tertinggi dibandingkan pengukuran ketebalan *lem* dari sisi lain, yaitu 2,17. Nilai varians tersebut menunjukkan persebaran nilai hasil pengukuran terhadap rata-rata. Tebal *lem* pada pengukuran sisi kiri dan sisi tengah memiliki nilai minimum yang sama yaitu 15 mm, sedangkan untuk nilai maksimum yang sama ditunjukkan pada pengukuran tebal *lem* sisi tengah dan sisi kanan yaitu 23 mm. Berdasarkan Tabel 4.1 terdapat perbedaan rata-rata, varians, minimum dan maksimum dari masing-masing sisi pengukuran

ketebalan lem pada *labelstock*, sehingga diperoleh informasi bahwa terdapat indikasi ketidakpastian pengukuran atau *vagueness* pada data. Kemudian untuk lebih jelasnya dalam melihat persebaran data ketebalan lem dapat ditinjau melalui Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Boxplot Tebal Lem *Labelstock*

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan adanya *outlier* pada data pengukuran tebal lem sisi kiri dan sisi kanan, sementara pada sisi tengah tidak menunjukkan adanya *outlier*. Pada sisi kiri diketahui terdapat sebanyak 16 *outlier*. Dua data *outlier* jauh dari batas bawah yaitu pengamatan ke-326 dan ke-328. Satu *outlier* berada jauh dari batas atas yaitu data pengamatan ke-220. Pada pengukuran tebal lem dari sisi kanan terdapat 13 data *outlier*. Gambar 4.1 menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara pengamatan sisi kanan dan kiri dengan sisi tengah.

4.2 Pengujian Asumsi Normal

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian normalitas pada variabel ketebalan lem pada ketiga sisi yang berbeda. Pengujian asumsi normalitas data digunakan uji normal *Kolmogorov Smirnov* dengan taraf signifikansi (α) 5%. Suatu data dikatakan berdistribusi

normal apabila $|D| < D_{(1-\alpha; n)}$ atau nilai p -value melebihi batas signifikansi yang ditentukan. Melalui persamaan (2.1) didapatkan hasil pengujian normalitas data ketebalan lem pada *labelstock* yang ditampilkan dalam Tabel 4.2 berikut,

Tabel 4.2 Uji Asumsi Normalitas

No	Sisi Ketebalan Lem	$ D $	$P - value$
1	Kiri	0,14105	2,5446e-7
2	Tengah	0,14907	3,9754e-8
3	Kanan	0,14811	4,9968e-8

Diketahui nilai $D_{(0,95;395)}$ adalah 0,06833; maka berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan bahwa statistik hitung (D) pada data ketebalan lem dari sisi kiri, tengah, dan kanan memiliki nilai lebih besar dari nilai $D_{(0,95;395)}$. Hal tersebut berarti dihasilkan keputusan gagal tolak H_0 sehingga data ketebalan lem dari sisi kiri, tengah, dan kanan tidak berdistribusi normal. Selain itu, untuk menentukan data berdistribusi normal dapat dilihat dari nilai $p - value$, dari ketiga data ketebalan lem *labelstock* didapatkan keputusan yang sama dengan statistik uji $|D|$ karena nilai p -value kurang dari $\alpha(0,05)$. Hasil perhitungan dengan *software* dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.3 Monitoring Kualitas Peta Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$

Pada sub bab ini dilakukan perhitungan statistik dengan peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ untuk *monitoring* tebal lem pada *labelstock* jenis HVS P 60. Jumlah pengamatan yang digunakan dalam penelitian sebanyak 395 pengamatan yang diukur berdasarkan tiga sisi yaitu kiri, tengah, dan kanan.

Langkah awal dalam analisis dengan peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ adalah membentuk *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dengan cara mengurutkan data pada setiap pengamatan dimana $X_a < X_b < X_c$. Selanjutnya dilakukan pembentukan subgrup pengamatan. Subgrup yang dibentuk berdasarkan pada pergantian ketebalan *release* yaitu sebagai berikut,

Tabel 4.3 TFN Tebal Lem

Subgrup	X_a	X_b	X_c
1	17	17	19
	18	20	21
	⋮	⋮	⋮
2	18	18	20
	19	20	20
	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
89	19	19	21
	19	20	21
	⋮	⋮	⋮

Setelah pembentukan subgrup, dilakukan penghitungan R_{at}, R_{bt}, R_{ct} berdasarkan persamaan (2.6) kemudian menghitung nilai \bar{X}_r dan \bar{R}_r ,

$$\bar{X}_r = \left(\bar{X}_a / \bar{X}_b / \bar{X}_c \right) = (18,613 / 19,469 / 20,140);$$

$$\bar{R}_r = \left(\bar{R}_a / \bar{R}_b / \bar{R}_c \right) = (0,955 / 1,933 / 3,517);$$

dengan diketahui nilai \bar{X}_r dan \bar{R}_r , selanjutnya dilakukan penghitungan peta kendali *fuzzy* \tilde{R} . Namun karena jumlah sampel dalam tiap subgrup berbeda, maka digunakan jumlah sampel dari rata-rata sampel tiap subgrup dan didapatkan,

$$\bar{n} = \frac{\sum_{t=1}^{89} n_t}{m} = 4,43 \approx 4,$$

dengan $D_3 = 0$ dan $D_4 = 2,282$; *control limit* untuk peta kendali *fuzzy* \tilde{R} berdasarkan persamaan (2.4), didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut,

$$LCL_R = (LCL_{R_a} / LCL_{R_b} / LCL_{R_c}) = (0,000 / 0,000 / 0,000),$$

$$CL_R = (CL_{R_a} / CL_{R_b} / CL_{R_c}) = (0,955 / 1,932 / 3,517),$$

$$UCL_R = (UCL_{R_a} / UCL_{R_b} / UCL_{R_c}) = (2,179 / 4,410 / 8,026).$$

Pada kaitannya dengan keketatan pemeriksaan *control limit*, maka digunakan $\alpha - cuts$ dalam penghitungan *control limit*. Sebelum itu, terlebih dahulu dihitung parameter yang dipengaruhi oleh $\alpha - cuts$ yaitu $\bar{X}_a^{\alpha-cuts}$ dan $\bar{X}_c^{\alpha-cuts}$ melalui persamaan (2.8) serta $\bar{R}_a^{\alpha-cuts}$ dan $\bar{R}_c^{\alpha-cuts}$ dihitung menggunakan persamaan (2.9). Pada proses ini digunakan nilai $\alpha - cuts$ sebesar 0,60; 0,65; dan 0,70; dengan hasil perhitungan parameter sebagai berikut, untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$\bar{R}_a^{-0,60} = 1,542; \quad \bar{X}_a^{=0,60} = 19,126;$$

$$\bar{R}_c^{-0,60} = 2,566; \quad \bar{X}_c^{=0,60} = 19,737;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$\bar{R}_a^{-0,65} = 1,590; \quad \bar{X}_a^{=0,65} = 19,169;$$

$$\bar{R}_c^{-0,65} = 2,487; \quad \bar{X}_c^{=0,65} = 19,704;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$\bar{R}_a^{-0,70} = 1,639; \quad \bar{X}_a^{=0,70} = 19,212;$$

$$\bar{R}_c^{-0,70} = 2,408; \quad \bar{X}_c^{=0,70} = 19,670.$$

Berdasarkan persamaan (2.10) didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut,

untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$LCL_R^{0,60} = (0,000 / 0,000 / 0,000);$$

$$CL_R^{0,60} = (1,542 / 1,933 / 2,566);$$

$$UCL_R^{0,60} = (3,518 / 4,410 / 8,026);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$LCL_R^{0,65} = (0,000 / 0,000 / 0,000);$$

$$CL_R^{0,65} = (1,590 / 1,933 / 2,487);$$

$$UCL_R^{0,65} = (3,629 / 4,410 / 5,675);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$LCL_R^{0,70} = (0,000 / 0,000 / 0,000);$$

$$CL_R^{0,70} = (1,639 / 1,933 / 2,408);$$

$$UCL_R^{0,70} = (3,741 / 4,410 / 5,495).$$

Kemudian ditransformasikan dalam bentuk $\alpha - level$ fuzzy *midrange* dengan persamaan (2.12) sebagai berikut,

untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$LCL_{mr-R}^{0,60} = 0,000;$$

$$CL_{mr-R}^{0,60} = 2,054;$$

$$UCL_{mr-R}^{0,60} = 4,687;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$LCL_{mr-R}^{0,65} = 0,000;$$

$$CL_{mr-R}^{0,65} = 2,039;$$

$$UCL_{mr-R}^{0,65} = 4,653;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$,

$$LCL_{mr-R}^{0,70} = 0,000;$$

$$CL_{mr-R}^{0,70} = 2,024;$$

$$UCL_{mr-R}^{0,70} = 4,618.$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai statistik tiap pengamatan untuk $\alpha - cuts = 0,65$ digunakan persamaan (2.13),

subgrup ke-1,

$$\begin{aligned} S_{mr-R,1}^{0,65} &= \frac{(R_{a1} + R_{c1}) + \alpha - cuts [(R_{b1} - R_{a1})(R_{c1} - R_{b1})]}{2} \\ &= \frac{(1+5) + 0,65 [(4-1)(5-4)]}{2} \\ &= 3,975; \end{aligned}$$

subgrup ke-2,

$$\begin{aligned} S_{mr-R,2}^{0,65} &= \frac{(R_{a2} + R_{c2}) + \alpha [(R_{b2} - R_{a2})(R_{c2} - R_{b2})]}{2} \\ &= \frac{(0+2) + 0,65 [(2-0)(2-2)]}{2} \\ &= 1; \end{aligned}$$

seterusnya sampai dengan subgrup ke-89, begitupun penghitungan nilai statistik untuk $\alpha - cuts = 0,60$ dan $\alpha - cuts = 0,70$. Untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan *control limit* dari peta kendali *fuzzy* \tilde{X} , dengan nilai \bar{n} dan $A_2 = 0,729$ didapatkan peta kendali sesuai persamaan (2.7) sebagai berikut,

$$\begin{aligned} LCL_{\tilde{X}} &= (LCL_{\tilde{X}_a} / LCL_{\tilde{X}_b} / LCL_{\tilde{X}_c}) = (17,912 / 18,061 / 17,578); \\ CL_{\tilde{X}} &= (CL_{\tilde{X}_a} / CL_{\tilde{X}_b} / CL_{\tilde{X}_c}) = (18,613 / 19,469 / 20,140); \\ UCL_{\tilde{X}} &= (UCL_{\tilde{X}_a} / UCL_{\tilde{X}_b} / UCL_{\tilde{X}_c}) = (19,308 / 20,877 / 22,703). \end{aligned}$$

Seperti halnya pada peta kendali *fuzzy* \tilde{R} , pada peta kendali *fuzzy* \tilde{X} , juga dilakukan perhitungan batas kendali dengan $\alpha - cuts$. Kemudian berdasarkan persamaan (2.11) didapatkan batas kendali untuk peta kendali *fuzzy* \tilde{X} dengan $\alpha - cuts$, untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$\begin{aligned} LCL_{\tilde{X}}^{0,60} &= (18,003 / 18,061 / 17,868); \\ CL_{\tilde{X}}^{0,60} &= (19,127 / 19,469 / 19,737); \end{aligned}$$

$$UCL_{\bar{X}}^{0,60} = (20,250 / 20,877 / 21,607);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$LCL_{\bar{X}}^{0,65} = (18,010 / 18,061 / 17,892);$$

$$CL_{\bar{X}}^{0,65} = (19,169 / 19,469 / 19,704);$$

$$UCL_{\bar{X}}^{0,65} = (20,328 / 20,877 / 21,516);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$LCL_{\bar{X}}^{0,70} = (18,018 / 18,061 / 17,916);$$

$$CL_{\bar{X}}^{0,70} = (19,212 / 19,469 / 19,670);$$

$$UCL_{\bar{X}}^{0,70} = (20,406 / 20,877 / 21,425).$$

Setelah didapatkan batas kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dengan $\alpha - cuts$, selanjutnya dilakukan transformasi $\alpha - level$ fuzzy midrange dengan persamaan (2.14),

untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,60} = 17,935;$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,60} = 19,432;$$

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,60} = 20,928;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 17,951;$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 19,437;$$

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 20,922;$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,70} = 17,967;$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,70} = 19,441;$$

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,70} = 20,916.$$

Berdasarkan persamaan (2.15) dihitung nilai statistik hasil transformasi untuk pengamatan ke- t $S_{mr-\bar{X},t}^{0,65}$ sebagai berikut,

subgrup ke-1,

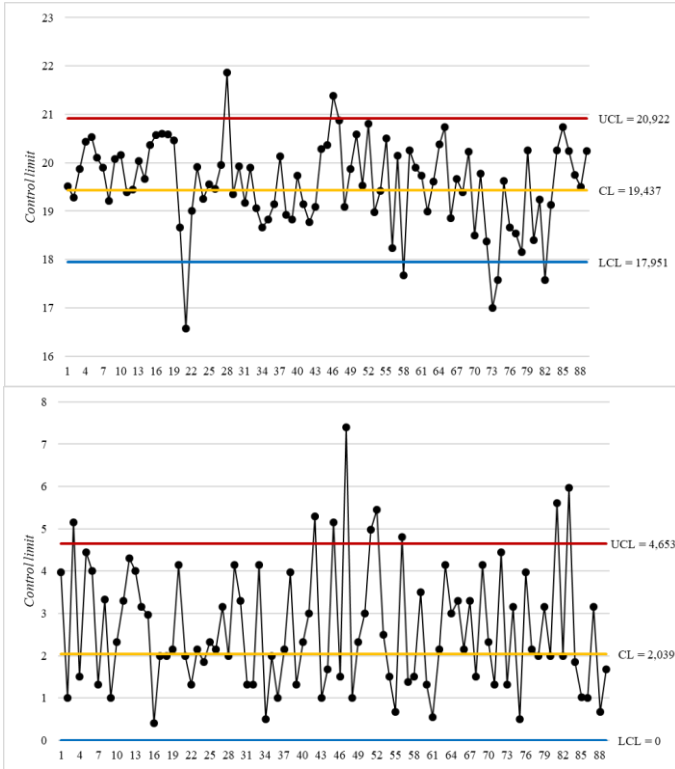
$$\begin{aligned} S_{mr-\bar{X},1}^{0,65} &= \frac{(\bar{X}_{a1} + \bar{X}_{c1}) + \alpha \left[(\bar{X}_{b1} - \bar{X}_{a1})(\bar{X}_{c1} - \bar{X}_{b1}) \right]}{2} \\ &= \frac{(18,200 + 20,200) + 0,65 \left[(19,400 - 18,200)(20,2 - 19,400) \right]}{2} \\ &= 19,512; \end{aligned}$$

subgrup ke-2,

$$\begin{aligned} S_{mr-\bar{X},2}^{0,65} &= \frac{(\bar{X}_{a2} + \bar{X}_{c2}) + \alpha \left[(\bar{X}_{b2} - \bar{X}_{a2})(\bar{X}_{c2} - \bar{X}_{b2}) \right]}{2} \\ &= \frac{(18,700 + 19,700) + 0,65 \left[(19,300 - 18,700)(19,700 - 19,300) \right]}{2} \\ &= 19,278; \end{aligned}$$

dan seterusnya sampai subgrup ke-89, begitu pun dengan penghitungan $S_{mr-\bar{X},t}^{0,60}$ dan $S_{mr-\bar{X},t}^{0,70}$, lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Hasil transformasi α - level fuzzy midrange untuk α - cuts = 0,65 ada fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut,



Gambar 4.2 Peta Kendali $\alpha - cuts$ Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$

Gambar 4.2 merupakan peta kendali $\alpha - cuts$ fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ untuk nilai $\alpha - cuts = 0,65$. Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada peta kendali $\alpha - cuts$ fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ data tebal lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 tidak terkendali secara statistik. Untuk peta kendali $\alpha - cuts = 0,65$ fuzzy \tilde{R} menunjukkan terdapat 9 pengamatan *out of control*, sedangkan pada peta kendali $\alpha - cuts$ fuzzy \tilde{X} didapatkan bahwa terdapat 7 pengamatan yang berada di luar batas kendali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.4,

Tabel 4.4 Nilai Statistik $\alpha - cuts$ Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$

Subgrup	$S_{mr-R,t}^{0,65}$	Keterangan	$S_{mr-\tilde{X},t}^{0,65}$	Keterangan
3	5,150	<i>Out of Control</i>	19,876	<i>In Control</i>
21	2,000	<i>In Control</i>	16,572	<i>Out of control</i>
28	2,000	<i>In Control</i>	21,869	<i>Out of control</i>
42	5,300	<i>Out of control</i>	18,765	<i>In control</i>
45	5,150	<i>Out of control</i>	20,36	<i>In control</i>
46	1,500	<i>In Control</i>	21,378	<i>Out of control</i>
47	7,400	<i>Out of control</i>	20,868	<i>In control</i>
51	4,975	<i>Out of control</i>	19,534	<i>In control</i>
52	5,450	<i>Out of control</i>	20,805	<i>In control</i>
56	4,800	<i>Out of control</i>	18,238	<i>In control</i>
58	1,500	<i>In Control</i>	17,667	<i>Out of control</i>
73	1,325	<i>In Control</i>	17,000	<i>Out of control</i>
74	3,150	<i>In Control</i>	17,578	<i>Out of control</i>
81	5,600	<i>Out of control</i>	19,234	<i>In control</i>
82	2,000	<i>In Control</i>	17,572	<i>Out of control</i>
83	5,975	<i>Out of control</i>	19,133	<i>In control</i>

Tabel 4.4 menunjukkan semua nilai statistik pada pengamatan *out of control* untuk peta kendali fuzzy \tilde{R} berada di atas *upper control limit*. Pada peta kendali fuzzy \tilde{X} terdapat 7 pengamatan yang berada di luar *control limit*. Pada pengamatan ke-28 dan ke-46 menunjukkan nilai statistik $S_{mr-\tilde{X},t}^{0,65}$ berada di atas UCL, sedangkan 5 pengamatan lainnya berada di bawah LCL.

Selanjutnya, untuk peta kendali $\alpha - cuts = 0,60$ dan $0,70$ didapatkan bahwa terdapat 7 pengamatan *out of control* pada peta kendali fuzzy \tilde{X} dan 9 OOC pada peta kendali $\alpha - cuts$ fuzzy \tilde{R} . Untuk lebih jelasnya dalam mengetahui OOC dari peta kendali $\alpha - cuts$ fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ dengan nilai $\alpha - cuts = 0,60$ dan $0,70$ dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4 Monitoring Kualitas dengan Peta Kendali Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)

Selain dilakukan analisis menggunakan peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ juga dilakukan analisis menggunakan peta kendali fuzzy exponentially weighted moving average (FEWMA). Berbeda dengan peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$, peta kendali FEWMA memiliki kelebihan yaitu *robust* terhadap distribusi normal sehingga dapat digunakan pada data yang tidak berdistribusi normal (Senturk, *et al*, 2014).

Sama halnya dengan peta kendali fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ pada FEWMA juga dilakukan pengurutan data untuk membentuk *Triangular Fuzzy Number* (TFN). Kemudian dilakukan perhitungan R_{at}, R_{bt}, R_{ct} dengan persamaan (2.6) dilanjutkan dengan meng-hitung \bar{X}_r dan \bar{R}_r . Selanjutnya menghitung batas kendali untuk peta kendali FEWMA. Karena nilai varians data tidak diketahui, maka batas kendali peta kendali FEWMA dihitung dengan persamaan (2.16). Pada perhitungan peta kendali FEWMA dilakukan pembobotan (λ) bernilai antara 0 hingga 1 dengan jarak pembobot sebesar 0,1. Untuk pembobotan dengan nilai $\lambda = 0,1$ didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 LCL_{EWMA} &= \left(18,613 - 0,729 * 0,955 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \left(19,469 - 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \\
 &\quad \left(20,140 - 0,729 * 3,517 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right); \\
 &= (18,453 / 19,146 / 19,552); \\
 CL_{EWMA} &= (18,613 / 19,469 / 20,140); \\
 UCL_{EWMA} &= \left(18,613 + 0,729 * 0,955 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \left(19,469 + 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \\
 &\quad \left(20,140 + 0,729 * 3,517 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right); \\
 &= (18,772 / 19,792 / 20,728);
 \end{aligned}$$

Untuk pembobotan dengan nilai $\lambda = 0,2$;

$$\begin{aligned}
 LCL_{EWMA} &= \left(18,613 - 0,729 * 0,955 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \left(19,469 - 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \\
 &\quad \left(20,140 - 0,729 * 3,517 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right); \\
 &= (18,381 / 18,999 / 19,286); \\
 CL_{EWMA} &= (18,613 / 19,469 / 20,140); \\
 UCL_{EWMA} &= \left(18,613 + 0,729 * 0,955 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \left(19,469 + 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \\
 &\quad \left(20,140 + 0,729 * 3,517 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right); \\
 &= (18,845 / 19,938 / 20,994);
 \end{aligned}$$

dan seterusnya sampai $\lambda = 0,9$.

Kemudian dilakukan perhitungan batas kendali FEWMA $\alpha - cuts = 0,60; 0,65; \text{ dan } 0,70$ menggunakan persamaan (2.17), peta kendali FEWMA $\alpha - cuts (0,65)$ dengan $\lambda = 0,1$;

$$\begin{aligned}
 LCL_{EWMA}^{0,65} &= \left(19,169 - 0,729 * 1,590 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \left(19,469 - 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \\
 &\quad \left(19,704 - 0,729 * 2,487 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right); \\
 &= (18,903 / 19,146 / 19,288); \\
 CL_{EWMA}^{0,65} &= (19,169 / 19,469 / 19,704); \\
 UCL_{EWMA}^{0,65} &= \left(19,169 + 0,729 * 1,590 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \left(19,469 + 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right) / \\
 &\quad \left(19,704 + 0,729 * 2,487 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} \right); \\
 &= (19,435 / 19,792 / 19,120);
 \end{aligned}$$

peta kendali FEWMA $\alpha - cuts (0,65)$ dengan $\lambda = 0,2$;

$$\begin{aligned}
 LCL_{EWMA}^{0,65} &= \left(19,169 - 0,729 * 1,590 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \left(19,469 - 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \\
 &\quad \left(19,704 - 0,729 * 2,487 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right); \\
 &= (18,783 / 18,999 / 19,100); \\
 CL_{EWMA}^{0,65} &= (19,169 / 19,469 / 19,704); \\
 UCL_{EWMA}^{0,65} &= \left(19,169 + 0,729 * 1,590 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right) / \left(19,469 + 0,729 * 1,933 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right); \\
 &\quad \left(19,704 + 0,729 * 2,487 \sqrt{\frac{0,2}{2-0,2}} \right); \\
 &= (19,556 / 19,938 / 20,308);
 \end{aligned}$$

dan seterusnya sampai $\lambda = 0,9$; begitupun dengan keketatan pemeriksaan $\alpha - cuts = 0,60$ dan $0,70$. Hasil perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Kemudian dilakukan transformasi $\alpha - level$ fuzzy midrange dengan persamaan (2.18),

$\lambda = 0,1$;

$$\begin{aligned}
 LCL_{mr-EWMA}^{0,65} &= 19,447 - \frac{1}{3} 0,729 (1,590 + 1,933 + 2,487) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}}; \\
 &= 19,112; \\
 CL_{mr-EWMA}^{0,65} &= \frac{1}{3} (19,169 + 19,469 + 19,704) = 19,447;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCL_{mr-EWMA}^{0,65} &= 19,447 + \frac{1}{3} 0,729 (1,590 + 1,933 + 2,487) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}}; \\
 &= 19,782;
 \end{aligned}$$

$\lambda = 0,2$;

$$\begin{aligned}
 LCL_{mr-EWMA}^{0,65} &= 19,447 - \frac{1}{3} 0,729 (1,590 + 1,933 + 2,487) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)}}; \\
 &= 18,961;
 \end{aligned}$$

$$CL_{mr-EWMA}^{0,65} = \frac{1}{3}(19,169 + 19,469 + 19,704) = 19,447;$$

$$UCL_{mr-EWMA}^{0,65} = 19,447 + \frac{1}{3}0,729(1,590 + 1,933 + 2,487) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)}};$$

$$= 19,934;$$

dan seterusnya hingga $\lambda = 0,9$; begitupun $\alpha - cuts = 0,60$ dan $0,70$. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Setelah didapatkan batas kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan transformasi $\alpha - level midrange$, dilakukan penghitungan statistik $(S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts})$ untuk sampel t menggunakan rumus (2.19),

untuk $t = 1$;

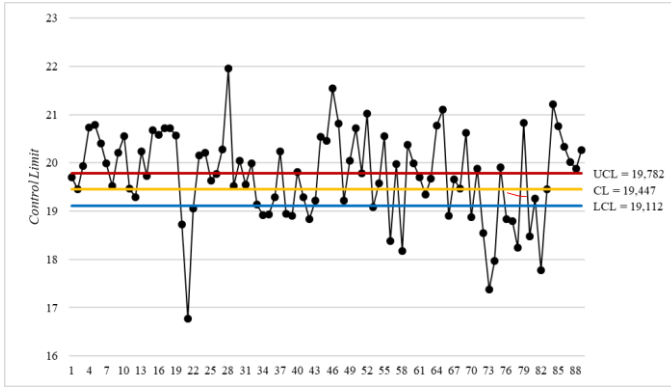
$$S_{mr-EWMA,1}^{0,65} = \frac{1}{3}(18,980 + 19,400 + 20,720) = 19,700;$$

untuk $t = 2$;

$$S_{mr-EWMA,2}^{0,65} = \frac{1}{3}(19,090 + 19,300 + 19,960) = 19,450;$$

dan seterusnya sampai $t = 89$. Hasil perhitungan untuk t lainnya dengan nilai $\alpha - cuts = 0,60$ dan $0,70$ dapat dilihat pada Lampiran 7.

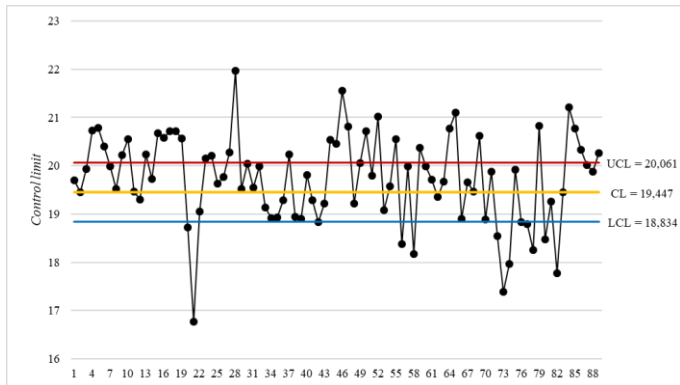
Kemudian setelah didapatkan nilai statistik $(S_{mr-EWMA,t}^{\alpha-cuts})$, dilakukan pembentukan peta kendali FEWMA $\alpha - cuts$ menggunakan transformasi $\alpha - level fuzzy midrange$ dengan batas kendali yang telah dihitung sebelumnya. Untuk peta kendali FEWMA untuk pembobotan $\lambda = 0,1$ dengan keketatan pemeriksaan $\alpha - cuts = 0,60$ pada Gambar 4.3 sebagai berikut,



Gambar 4.3 Peta Kendali FEWMA α – cuts dengan Transformasi α – Level Fuzzy Midrange untuk $\lambda = 0,1$

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 66 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atau *out of control*. Berdasarkan plot dapat diketahui bahwa terdapat titik $S_{mr-EWMA,t}^{0,65}$ terjauh dari batas kendali adalah pengamatan ke-21 dengan nilai sebesar 16,772. Nilai *Upper Control Limit* (UCL) hasil perhitungan pada Gambar 4.3 adalah 19,782 dan *Lower Control Limit* (LCL) adalah 19,112. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa proses kualitas *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 belum terkendali secara statistik.

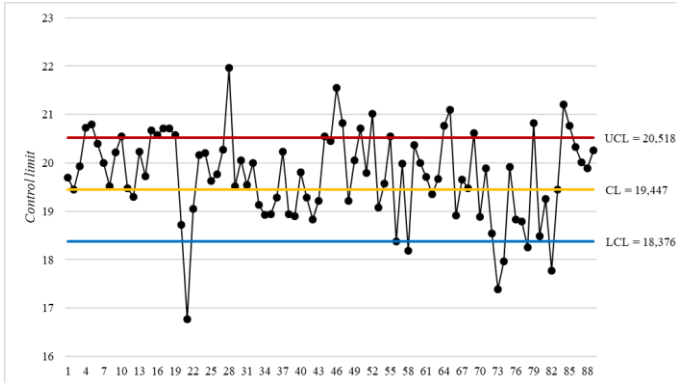
Penelitian dilanjutkan dengan menggunakan pembobotan $\lambda = 0,3$. Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa terdapat banyak pengamatan yang *out of control*. *Upper Control Limit* untuk peta kendali FEWMA α – cuts menggunakan transformasi α – level fuzzy midrange adalah 20,061 dan batas kendali bawahnya sebesar 18,834. Jumlah pengamatan *out of control* sebanyak 44 pengamatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut,



Gambar 4.4 Peta Kendali FEWMA α – cuts dengan Transformasi α – Level Fuzzy Midrange untuk $\lambda = 0,3$

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa proses kualitas *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 dengan peta kendali FEWMA α – cuts dengan transformasi α – level fuzzy Midrange untuk $\lambda = 0,3$ belum terkendali secara statistik. Hal ini karena terdapat banyak pengamatan yang *out of control*.

Jika dilihat perbandingan antara peta kendali dengan pembobotan $\lambda = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$ dapat diketahui bahwa peta kendali dengan pembobotan $\lambda = 0,3$ memiliki daerah batas yang lebih lebar dibandingkan dengan peta kendali dengan $\lambda = 0,1$. Selain itu dilihat dari banyaknya pengamatan yang *out of control*, peta kendali dengan pembobotan $\lambda = 0,3$ memiliki jumlah pengamatan *out of control* yang lebih sedikit. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan menggunakan pembobotan $\lambda = 0,7$ dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan Transformasi $\alpha - Level$ Fuzzy Midrange untuk $\lambda = 0,7$

Gambar 4.5 menunjukkan masih terdapat banyak pengamatan yang *out of control* yaitu sebanyak 28 pengamatan. *Lower Control Limit* (LCL) yang diperoleh pada penghitungan peta kendali FEWMA $\alpha - cuts$ dengan transformasi $\alpha - level$ fuzzy midrange dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,7$ adalah 18,376 dan *Upper Control Limit* (UCL) sebesar 20,518. Berdasarkan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa proses kualitas *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60 belum terkendali secara statistik. Untuk percobaan dengan nilai pembobot lainnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

Dalam menentukan pembobot optimal dapat dilihat dari nilai pengamatan yang *out of control*. Hal ini dapat diketahui dengan cara melihat jumlah pengamatan *Out of Control* (OOC) dari peta kendali FEWMA. Pembobot yang optimum merupakan pembobot dengan jumlah *Out of Control* (OOC) terbanyak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut,

Tabel 4.5 Perbandingan Plot FEWMA Berdasarkan Nilai λ

λ	Banyaknya OOC
0,1	66
0,2	59
0,3	44
0,4	40

Lanjutan Tabel 4.5 Perbandingan Plot FEWMA Berdasarkan Nilai λ

λ	Banyaknya OOC
0,5	34
0,6	30
0,7	28
0,8	21
0,9	13

Tabel 4.5 menunjukkan jumlah OOC tiap bobot λ untuk peta kendali FEWMA $\alpha - cuts = 0,65$ dengan transformasi $\alpha - level$ fuzzy midrange. Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan bahwa jumlah OOC terbanyak adalah peta kendali dengan pembobot $\lambda = 0,1$ yaitu sebanyak 66 OOC. Selain itu, dapat diketahui bahwa peta kendali FEWMA untuk pembobot $\lambda = 0,1$ sampai $\lambda = 0,9$ masih terdapat pengamatan OOC. Hal ini dapat disimpulkan bahwa proses kualitas *labelstock* jenis kertas HVS P 60 di PT “XYZ” belum terkendali secara statistik. Selanjutnya untuk penggambaran peta kendali FEWMA dengan pembobot dan $\alpha - cuts$ lainnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.5 Perbandingan Peta Kendali

Setelah dilakukan penghitungan peta kendali fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan FEWMA, kemudian pada bagian ini ditunjukkan perbedaan jumlah pengamatan yang berada di luar UCL dan LCL pada data tebal lem *labelstock* untuk jenis kertas HVS P 60. Berikut merupakan tabel perbedaan jumlah pengamatan OOC dari masing masing peta kendali,

Tabel 4.6 Perbandingan Peta Kendali Fuzzy

No	Metode	$\alpha - Cuts$	LCL	UCL	OOC
1	fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$	0,60	17,935	20,928	7
		0,65	17,951	20,922	7
		0,70	17,967	20,916	7
		0,60	0	4,687	9
		0,65	0	4,653	9
		0,70	0	4,618	9

Lanjutan Tabel 4.6 Perbandingan Peta Kendali *Fuzzy*

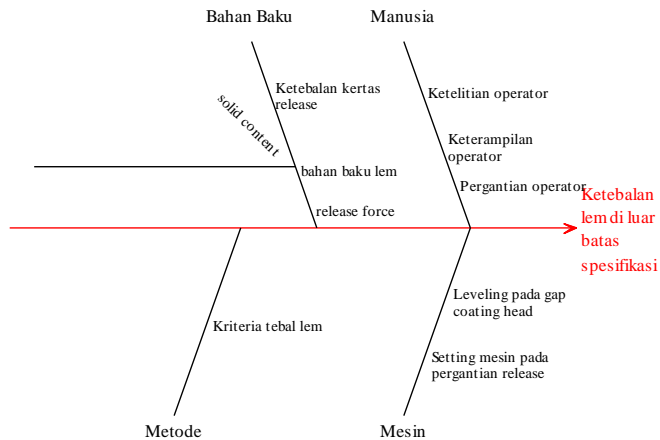
No	Metode	$\alpha - Cuts$	LCL	UCL	OOC
		0,60	19,108	19,781	65
2	FEWMA	0,65	19,113	19,782	66
		0,70	19,117	19,784	67

Tabel 4.6 menunjukkan jumlah pengamatan *out of control* untuk setiap metode peta kendali *fuzzy*. Pada peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dari berbagai nilai $\alpha - cuts$ didapatkan bahwa jumlah pengamatan OOC menunjukkan angka yang sama yaitu 9 pengamatan OOC untuk peta kendali *fuzzy* \tilde{R} dan 7 pengamatan OOC untuk peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$. Pada peta kendali FEWMA jumlah pengamatan di luar LCL dan UCL lebih banyak daripada peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$. Untuk peta kendali FEWMA dengan $\alpha - cuts = 0,60$ jumlah OOC sebanyak 65 pengamatan, peta kendali FEWMA dengan $\alpha - cuts = 0,65$ terdapat 66 pengamatan di luar *control limit*, dan 67 pengamatan OOC pada peta kendali FEWMA dengan $\alpha - cuts = 0,70$. Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa peta kendali FEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses pada data tebal lem *labelstock* karena dapat mendeteksi adanya pengamatan di luar *control limit* lebih banyak dibandingkan pada peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$. Hal ini sesuai dengan Senturk *et al.* (2011) bahwa peta kendali FEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses dibandingkan peta kendali *Shewhart* seperti peta kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$. Peta kendali FEWMA juga *robust* terhadap distribusi normal sehingga peta kendali ini sangat sesuai untuk data yang tidak normal seperti tebal lem *labelstock* pada penelitian ini.

4.6 Identifikasi Penyebab *Out of Control*

Kemudian untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan proses produksi *labelstock* belum terkendali secara statistik dapat dilakukan dengan membentuk diagram sebab-akibat. Berikut merupakan hasil diagram sebab-akibat setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan.

Berdasarkan penelusuran penyebab adanya proses yang tidak terkendali secara statistik dapat dilihat pada Gambar 4.6. Penyebab adanya ketebalan lem berada di luar batas yang telah ditentukan perusahaan dapat dilihat dari 4 faktor, yaitu manusia, mesin, bahan baku yang digunakan, dan metode.



Gambar 4.6 Diagram Sebab-Akibat Ketebalan Lem di Luar Batas Spesifikasi

Berdasarkan pada faktor manusia, operator memiliki peran penting dalam proses produksi *labelstock*. Keterampilan dan ketelitian operator pada proses pengukuran ketebalan lem mempengaruhi hasil perhitungan ketebalan lem sehingga apabila hal ini dilakukan dengan kurang teliti dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran. Selain itu, pada saat proses *setting* mesin saat pergantian *release* diperlukan keterampilan dari operator, sehingga mesin dapat berjalan stabil seperti sebelum dilakukan pergantian kertas *release*. Pergantian operator saat pergantian *shift* juga dapat menyebabkan terjadinya perbedaan pengukuran.

Pada kaitannya dengan bahan baku, beberapa hal yang mempengaruhi ketebalan lem adalah ketebalan kertas *release*, *release force* yang lebih dari standar, dan bahan baku lem dapat

mempengaruhi ketebalan lem. Bahan baku lem dapat mempengaruhi ketebalan lem apabila *soil content* tidak diketahui. Faktor lain yang mempengaruhi ketebalan lem adalah dari segi mesin. Untuk menjaga kestabilan ketebalan lem, setiap 2 minggu sekali pada *gap coating head* dilakukan proses *levelling*, yaitu proses meratakan *gap coating head* sehingga kerataan *gap* dari sisi kiri, tengah, dan kanan tidak jauh berbeda. Selain itu dilakukannya *setting* mesin ulang saat proses pergantian *release* juga mempengaruhi ketebalan lem *labelstock*.

Faktor lainnya yang cukup berpengaruh pada ketebalan lem adalah metode yang digunakan. Perusahaan saat ini menerapkan perhitungan S+1, S+2, dan S+3 untuk memonitor pergeseran proses ketebalan lem *labelstock*. Ketika ketebalan lem berada pada S+3 maka akan dilakukan karantina pada produk *labelstock*. Pengukuran S+1 merupakan pengukuran standar perusahaan, sedangkan S+2 merupakan ukuran ketebalan lem yang masih dapat diterima. Hal ini berpengaruh pada proses perhitungan peta kendali dimana pada peta kendali ketebalan lem yang diterima adalah pada kondisi S+1.

4.7 Proses Kapabilitas Berbasis *Fuzzy*

Setelah peta kendali diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis proses kapabilitas berbasis *fuzzy* pada data ketebalan lem. Indeks kapabilitas proses yang dihitung berdasarkan pada presisi dan akurasi yaitu indeks C_p dan C_{pk} . *Upper Specification Limit* (USL) yang ditentukan oleh perusahaan untuk tebal lem *labelstock* adalah 20 gsm (*gram square meters*) dan *Lower Specification Limit* (LSL) sebesar 18 gsm.

Selanjutnya nilai LSL dan USL diubah ke dalam bentuk TFN, dimana LSL dan USL didefinisikan “mendekati 18” dan “mendekati 20”, sehingga diperoleh,

$$LSL = (17,99 / 18 / 18,01);$$

$$USL = (19,99 / 20 / 20,01).$$

Berdasarkan persamaan (2.20), didapatkan *control limit* dengan keketatan pemeriksaan $\alpha - cuts$ sebagai berikut, untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$LSL^{0,60} = (17,996 / 18,000 / 18,004);$$

$$USL^{0,60} = (19,996 / 20,000 / 20,004);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$LSL^{0,65} = (17,997 / 18,000 / 18,004);$$

$$USL^{0,65} = (19,997 / 20,000 / 20,004);$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$LSL^{0,70} = (17,997 / 18,000 / 18,003);$$

$$USL^{0,70} = (19,997 / 20,000 / 20,003);$$

Kemudian untuk menghitung indeks kapabilitas berbasis *fuzzy* dibutuhkan perhitungan nilai keragaman proses *fuzzy* dan rata-rata jangkauan *fuzzy*. Sebelumnya telah didapatkan nilai rata-rata jangkauan *fuzzy* $\bar{R}_r^{\alpha-cuts}$, selanjutnya untuk nilai keragaman proses *fuzzy* dan keragaman proses *fuzzy* $\alpha - cuts$ dihitung berdasarkan persamaan (2.21) dan (2.22), dimana untuk $n = 4$ nilai statistik $d_2 = 2,059$;

$$\tilde{\sigma}_r = (0,464 / 0,939 / 1,708),$$

untuk $\alpha - cuts = 0,60$;

$$\tilde{\sigma}_r^{0,60} = (0,749 / 0,939 / 0,962),$$

untuk $\alpha - cuts = 0,65$;

$$\tilde{\sigma}_r^{0,65} = (0,773 / 0,939 / 0,899),$$

untuk $\alpha - cuts = 0,70$;

$$\tilde{\sigma}_r^{0,70} = (0,825 / 0,939 / 0,837).$$

Berdasarkan persamaan (2.23) dan (2.24) didapatkan indeks kapabilitas \tilde{C}_p dan \tilde{C}_{pk} yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut,

Tabel 4.7 Indeks Proses Kapabilitas

TFN									
	$\alpha - cuts = 0,60$			$\alpha - cuts = 0,65$			$\alpha - cuts = 0,70$		
\tilde{C}_p	0,345	0,355	0,721	0,369	0,355	0,721	0,397	0,355	0,721
\tilde{C}_{pl}	0,389	0,522	0,775	0,432	0,522	0,737	0,481	0,522	0,700
\tilde{C}_{pu}	0,090	0,189	0,391	0,108	0,189	0,360	0,130	0,189	0,331
\tilde{C}_{pk}	0,090	0,189	0,391	0,108	0,189	0,360	0,130	0,189	0,331

Tabel 4.7 menunjukkan indeks proses kapabilitas tebal lem *labelstock* di PT “XYZ”. Pada Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa proses kapabilitas tebal lem *labelstock* belum kapabel karena indeks \tilde{C}_p dan \tilde{C}_{pk} memiliki nilai kurang dari satu. Indeks \tilde{C}_p kecil menunjukkan variabilitas produknya masih besar antar pengamatan, dengan kata lain presisinya masih kurang baik. Sedangkan nilai \tilde{C}_{pk} yang rendah (kurang dari satu) menunjukkan bahwa akurasinya kurang baik atau rata-rata yang dihasilkan oleh produknya masih cukup jauh dari target rata-rata yang telah ditentukan. Nilai \tilde{C}_{pk} dihitung berdasarkan pemilihan nilai minimum antara \tilde{C}_{pl} dan \tilde{C}_{pu} , dari Tabel 4.7 diketahui bahwa nilai \tilde{C}_{pk} lebih cenderung mendekati \tilde{C}_{pl} atau kapabilitas proses rendah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan analisis dan pembahasan yang diuraikan pada Bab IV yaitu sebagai berikut,

1. Karakteristik kualitas tebal lem *labelstock* menunjukkan bahwa terdapat pengamatan yang berada di luar batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Berdasarkan *boxplot* diketahui terdapat banyak data *outlier* pada tebal lem sisi kiri dan sisi kanan.
2. Penelitian ini menggunakan peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dengan tingkat ketelitian $\alpha - cuts$ 0,60; 0,65; dan 0,70. Pada peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dengan ketiga nilai $\alpha - cuts$ menunjukkan bahwa belum terkendali secara statistik karena terdapat pengamatan yang berada di luar *control limit* yaitu sebanyak 9 pengamatan pada peta kendali *fuzzy* \tilde{R} dan 7 pengamatan pada peta kendali *fuzzy* \tilde{X} .
3. Pada penelitian menggunakan peta kendali FEWMA juga dilakukan penghitungan dengan tiga tingkat ketelitian $\alpha - cuts$ seperti pada peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$. Pada peta kendali FEWMA didapatkan pembobot optimumnya adalah $\lambda = 0,1$ dengan jumlah OOC sebanyak 66 pengamatan.
4. Peta kendali FEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses tebal lem *labelstock* daripada peta kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$, selain itu peta kendali FEWMA *robust* terhadap distribusi normal.
5. Kapabilitas dalam mengukur kualitas *labelstock* pada PT “XYZ” menunjukkan hasil bahwa proses belum kapabel karena nilai \tilde{C}_p dan \tilde{C}_{pk} kurang dari satu. Hal ini berarti bahwa variabilitas produk antar pengamatannya masih besar dan rata-rata yang dihasilkan oleh produk masih jauh dari target rata-rata yang telah ditentukan.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diberikan kepada pihak PT “XYZ”. Perusahaan perlu terus menerus memantau keseluruhan proses produksi *labelstock* terutama pada proses pengukuran tebal lem, sebaiknya dilakukan penambahan intensitas *levelling* pada *gap coating head* agar proses pemberian lem pada kertas *release* tetap rata untuk ketiga sisi pengamatan. Saran lain untuk PT “XYZ” adalah dilakukan analisis dengan peta kendali FEWMA dalam mengevaluasi proses produksi *labelstock* pada karakteristik tebal lem. Peta kendali FEWMA juga merupakan peta kendali yang *robust* terhadap distribusi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolshah, M., 2012. Fuzzy Process Capability Indices: A Review. *World Applied Science Journal* 16(12), pp. 1734-1740.
- Bradshaw, C. W., 1983. A Fuzzy Set Theoretic Interpretation of Economic Control Limits. *European Journal of Operational Research*, Volume 13, pp. 403-408.
- Buckley, J. J., 2004. *Fuzzy Statistics*. Springer.
- Daniel, W. W., 1989. *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT Gramedia.
- El-Shal, S. M., & Morris, A. S., 2000. A Fuzzy Rule-Based Algorithm to Improve the Performance of Statistical Process Control in Quality System. *Journal of Intelligence of Fuzzy Systems*, pp. 165-184.
- Estuningtyas, I., & Wibawati, 2013. Analisis Pengendalian Kualitas Produk *Labelstock* Menggunakan Diagram Kontrol Kernel di PT "X". *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. pp. 2337-3520.
- Faraz, A., & Moghadam M. B., 2007. Fuzzy Control Chart A Better Alternative for Shewhart Average Chart. *Journal of Quality and Quantity*, pp. 375-385.
- Hunters, J. S., 1986. The Exponentially Weighted Moving Average. *Journal of Quality Technology*, pp. 203-210.
- Kahraman, C. & Kaya, I., 2010. Fuzzy Process Capability Analysis and Applications. *Production Engineering and Management under Fuzziness*, pp. 483-513.
- Kane, V. E., 1986. Process Capability Indices. *Journal of Quality Technology*, pp. 41-52.
- Kaya, I. & Kahraman, C., 2011. Process Capability Analysis with Fuzzy Parameters. *Expert Systems with Applications*, pp. 11918-11927.
- Kotz, S. & Johnson, N., 2002. Process Capability Indices-A Review 1992-2000. *Journal of Quality Technology*, Volume 34, pp. 2-19.

- Montgomery, D. C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C., 2013. *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Parchami, A. & Mashinchi, M., 2007. Fuzzy Estimation for Process Capability Indices. *Information Science*, Volume 177, pp. 1452-1462.
- Purtomo, T., 2014. Analisis Kualitas Pada Produksi Labelstock Kertas HVS di PT "X". *Journal Teknik Industri Heuristic*, pp. 1693-8232.
- Raz, T. & Wang, J. H., 1990. Probabilistic and Membership Approach in the Construction of Control Chart for Linguistic Data. *Prod. Plan Control*, Volume 1, p. 147.
- Ross, T. J., 2004. *Fuzzy Logic with Engineering Applications Second Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Rowlands, H., & Wang, L. R. (2002). An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC. *Qual. Reliab. Eng. Intell*, pp. 91-98.
- Senturk, S., 2010. Fuzzy Regression Control Chart Based on Alfa-cut Approximation. *International Journal of Computational Intelligence System*, Volume 3, pp. 123-140.
- Senturk, S. & Erginel, N., 2009. Development of Fuzzy X-R and X-S Control Chart Using alpha cuts. *Information Science 179*, pp. 1542-1551.
- Senturk, S., Erginel, N., Kaya, I. & Kahraman, C., 2014. Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average Control Chart for Univariate Data with a Real Case Application. *Applied Soft Computing*.
- Sooroshian, S., 2013. Fuzzy Approach to Statistical Control Charts. *Jornal of Applied Mathematics*, pp. 1-6.
- Tsai, C. C. & Chen, C. C., 2006. Making Decision to Evaluated Process Capability Index C_p with Fuzzy Numbers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 30, pp. 334-339.

- Walpole, R. E., 1995. *Pengantar Metode Statistika Edisi Ketiga*.
Diterjemahkan: Bambang Sumantri. Jakarta: PT Gramedia
Pustaka Utama.
- Zahdeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets. *Inf. Control*, Volume 8, pp. 338-
353.
- Zarandi, M. H., Alaeddini, A., & Turksen, I. B., 2008. A Hybrid
Fuzzy Adaptive Sampling Run Rules for Shewhart Control
Charts. *Information Science*, pp. 1152-1170.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Tebal Lem *Labelstock*

No	Kiri	Tengah	Kanan
1	19	17	17
2	21	18	20
3	21	20	22
4	20	18	20
5	19	18	19
6	18	20	18
7	19	20	20
8	20	19	20
9	20	19	19
10	20	19	20
11	18	19	19
12	19	20	19
13	18	19	19
14	19	20	19
15	19	20	19
16	18	19	18
17	22	21	21
18	23	22	22
⋮	⋮	⋮	⋮
393	19	20	20
394	19	19	21
395	19	20	21

Lampiran 2 Output Uji Asumsi Normal

Lampiran 2a Output Uji Asumsi Normal Data Sisi Kiri

Normal [#44]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	395				
Statistic	0.14105				
P-Value	2.5446E-7				
Rank	5				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.05399	0.06154	0.06833	0.07638	0.08196
Reject?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Lampiran 2b Output Uji Asumsi Normal Data Sisi Tengah

Normal [#44]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	395				
Statistic	0.14907				
P-Value	3.9754E-8				
Rank	10				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.05399	0.06154	0.06833	0.07638	0.08196
Reject?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Lampiran 2c Output Uji Asumsi Normal Data Sisi Kanan

Normal [#44]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	395				
Statistic	0.14811				
P-Value	4.9968E-8				
Rank	4				
α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Critical Value	0.05399	0.06154	0.06833	0.07638	0.08196
Reject?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Lampiran 3 Nilai Statistik Transformasi α – Level Fuzzy

Midrange Peta Kendali Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$

Lampiran 3a Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ α – cuts = 0,60

Subgrup	$S_{mr-\tilde{X},t}^{0,60}$	$S_{mr-\tilde{R},t}^{0,60}$
1	19,488	3,9
2	19,272	1
3	19,867	5,1
4	20,433	1,5
5	20,516	4,3
6	20,100	4
7	19,900	1,3
8	19,200	3,3
9	20,075	1
10	20,167	2,3
11	19,367	3,2
⋮	⋮	⋮
86	20,233	1
87	19,731	3,1
88	19,500	0,7
89	20,225	1,7

Lampiran 3b *Fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R} \alpha - cuts = 0,65$

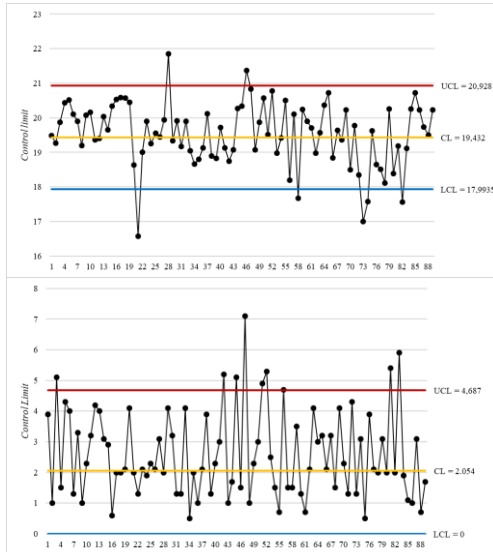
Subgrup	$S_{mr-\bar{X},t}^{0,65}$	$S_{mr-R,t}^{0,65}$
1	19,512	3,975
2	19,278	1
3	19,876	5,15
4	20,442	1,5
5	20,534	4,45
6	20,108	4
7	19,906	1,325
8	19,206	3,325
9	20,081	1
10	20,167	2,325
11	19,383	3,3
⋮	⋮	⋮
86	20,233	1
87	19,731	3,1
88	19,500	0,7
89	20,225	1,7

Lampiran 3c *Fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R} \alpha - cuts = 0,70$

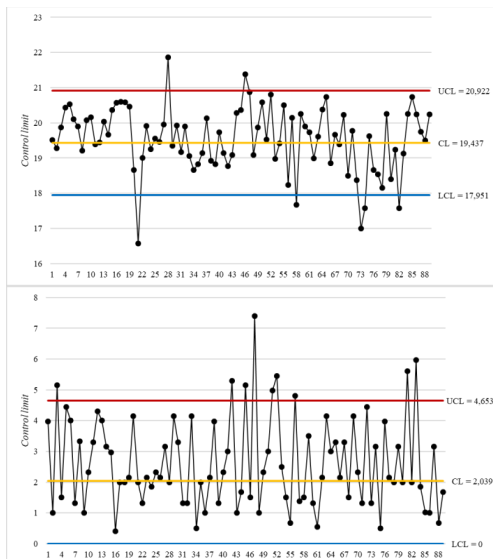
Subgrup	$S_{mr-\bar{X},t}^{0,70}$	$S_{mr-R,t}^{0,70}$
1	19,536	4,05
2	19,284	1
3	19,886	5,2
4	20,450	1,5
5	20,552	4,6
6	20,117	4
7	19,911	1,35
8	19,213	3,35
9	20,088	1
10	20,167	2,35
11	19,400	3,4
⋮	⋮	⋮
86	20,244	1
87	19,759	3,2
88	19,500	0,65
89	20,263	1,65

Lampiran 4 Peta Kendali $Fuzzy \tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$

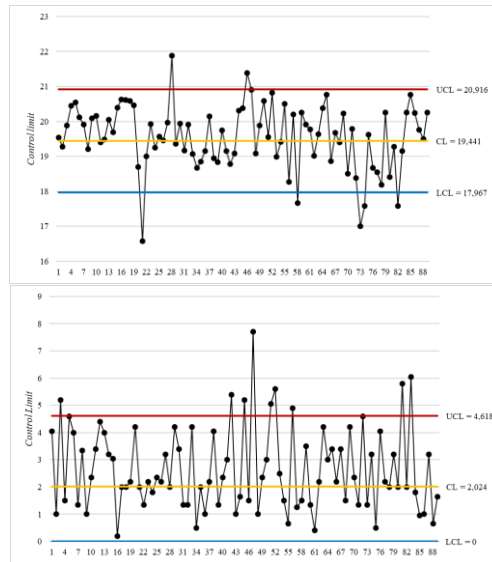
Lampiran 4a Peta Kendali $Fuzzy \tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dengan $\alpha - cuts = 0,60$



Lampiran 4b Peta Kendali $Fuzzy \tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dengan $\alpha - cuts = 0,65$



Lampiran 4c Peta Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dengan $\alpha - cuts = 0,70$



Lampiran 5 Nilai Control Limit FEWMA

Lampiran 5a FEWMA $\alpha - cuts = 0,60$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
1	0,1	a	18,869	19,126	19,384
		b	19,146	19,469	19,792
		c	19,308	19,737	20,166
2	0,2	a	18,752	19,126	19,501
		b	19,000	19,469	19,938
		c	19,114	19,737	20,361
3	0,3	a	18,655	19,126	19,598
		b	18,877	19,469	20,060
		c	18,952	19,737	20,523
4	0,4	a	18,565	19,126	19,688
		b	18,765	19,469	20,173
		c	18,803	19,737	20,672
5	0,5	a	18,478	19,126	19,775
		b	18,656	19,469	20,282
		c	18,658	19,737	20,817

Lanjutan lampiran 5a FEWMA $\alpha - cuts = 0,60$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
6	0,6	a	18,391	19,126	19,862
		b	18,547	19,469	20,391
		c	18,513	19,737	20,961
7	0,7	a	18,302	19,126	19,951
		b	18,436	19,469	20,502
		c	18,365	19,737	21,109
8	0,8	a	18,209	19,126	20,043
		b	18,319	19,469	20,619
		c	18,211	19,737	21,264
9	0,9	a	18,110	19,126	20,142
		b	18,195	19,469	20,743
		c	18,046	19,737	21,429

Lampiran 5b FEWMA $\alpha - cuts = 0,65$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
1	0,1	a	18,903	19,169	19,435
		b	19,146	19,469	19,792
		c	19,288	19,704	20,120
2	0,2	a	18,783	19,169	19,555
		b	19,000	19,469	19,938
		c	19,100	19,704	20,308
3	0,3	a	18,682	19,169	19,656
		b	18,877	19,469	20,060
		c	18,943	19,704	20,465
4	0,4	a	18,590	19,169	19,749
		b	18,765	19,469	20,173
		c	18,798	19,704	20,610
5	0,5	a	18,500	19,169	19,838
		b	18,656	19,469	20,282
		c	18,658	19,704	20,750

Lanjutan lampiran 5b FEWMA $\alpha - cuts = 0,65$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
6	0,6	a	18,411	19,169	19,928
		b	18,547	19,469	20,391
		c	18,518	19,704	20,890
7	0,7	a	18,319	19,169	20,020
		b	18,436	19,469	20,502
		c	18,374	19,704	21,034
8	0,8	a	18,223	19,169	20,115
		b	18,319	19,469	20,619
		c	18,224	19,704	21,183
9	0,9	a	18,121	19,169	20,217
		b	18,195	19,469	20,743
		c	18,065	19,704	21,343

Lampiran 5c FEWMA $\alpha - cuts = 0,70$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
1	0,1	a	18,938	19,212	19,486
		b	19,146	19,469	19,792
		c	19,268	19,670	20,073
2	0,2	a	18,814	19,212	19,610
		b	19,000	19,469	19,938
		c	19,086	19,670	20,255
3	0,3	a	18,710	19,212	19,714
		b	18,877	19,469	20,060
		c	18,933	19,670	20,407
4	0,4	a	18,615	19,212	19,809
		b	18,765	19,469	20,173
		c	18,793	19,670	20,547
5	0,5	a	18,522	19,212	19,902
		b	18,656	19,469	20,282
		c	18,657	19,670	20,683

Lanjutan Lampiran 5c FEWMA $\alpha - cuts = 0,70$

No	Lamda (λ)	Fuzzy	LCL	CL	UCL
6	0,6	a	18,430	19,212	19,994
		b	18,547	19,469	20,391
		c	18,522	19,670	20,819
7	0,7	a	18,336	19,212	20,088
		b	18,436	19,469	20,502
		c	18,383	19,670	20,958
8	0,8	a	18,237	19,212	20,187
		b	18,319	19,469	20,619
		c	18,238	19,670	21,103
9	0,9	a	18,132	19,212	20,292
		b	18,195	19,469	20,743
		c	18,083	19,670	21,257

Lampiran 6 Control Limit Transformasi $\alpha - Level$ FEWMA

No	Bobot (λ)	$\alpha - Cuts$	LCL	CL	UCL
1	0,1	0,6	19,108	19,444	19,781
		0,65	19,112	19,447	19,782
		0,7	19,117	19,450	19,784
2	0,2	0,6	18,955	19,444	19,933
		0,65	18,961	19,447	19,934
		0,7	18,966	19,450	19,935
3	0,3	0,6	18,828	19,444	20,061
		0,65	18,834	19,447	20,061
		0,7	18,840	19,450	20,060
4	0,4	0,6	18,711	19,444	20,178
		0,65	18,718	19,447	20,177
		0,7	18,724	19,450	20,177
5	0,5	0,6	18,597	19,444	20,291
		0,65	18,605	19,447	20,290
		0,7	18,612	19,450	20,289

Lanjutan Lampiran 6 *Control Limit* Transformasi $\alpha - Level$
FEWMA

No	Bobot (λ)	$\alpha - Cuts$	LCL	CL	UCL
6	0,6	0,6	18,484	19,444	20,405
		0,65	18,492	19,447	20,403
		0,7	18,500	19,450	20,401
7	0,7	0,6	18,368	19,444	20,521
		0,65	18,376	19,447	20,518
		0,7	18,385	19,450	20,516
8	0,8	0,6	18,246	19,444	20,642
		0,65	18,256	19,447	20,639
		0,7	18,265	19,450	20,636
9	0,9	0,6	18,117	19,444	20,771
		0,65	18,127	19,447	20,768
		0,7	18,137	19,450	20,764

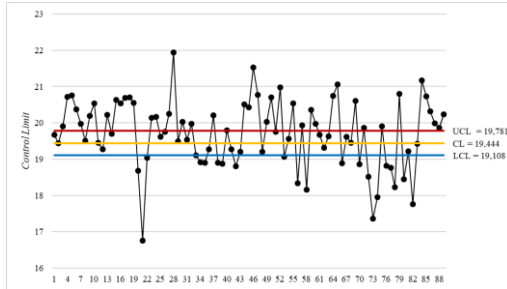
Lampiran 7 Nilai Statistik Transformasi $\alpha - level$ FEWMA

Subgrup	$\alpha - Cuts$		
	0,6	0,65	0,7
1	19,667	19,700	19,733
2	19,433	19,450	19,467
3	19,911	19,936	19,961
4	20,711	20,733	20,756
5	20,760	20,790	20,820
6	20,378	20,400	20,422
7	19,978	19,994	20,011
8	19,500	19,521	19,542
9	20,200	20,217	20,233
10	20,533	20,550	20,567
:	:	:	:
86	20,311	20,328	20,344
87	19,992	20,019	20,046
88	19,867	19,883	19,900
89	20,233	20,267	20,300

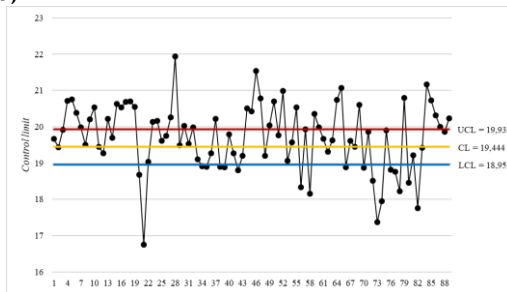
Lampiran 8 Peta kendali FEWMA

Lampiran 8a Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts = 0,60$

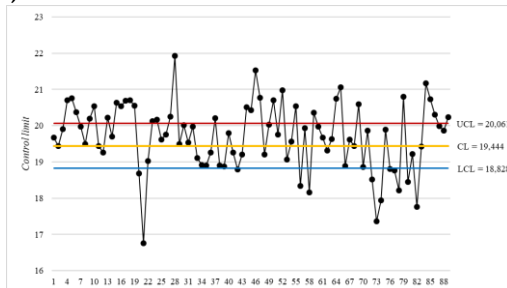
1. $\lambda = 0,1$

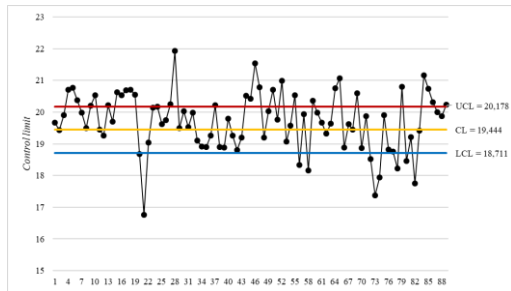
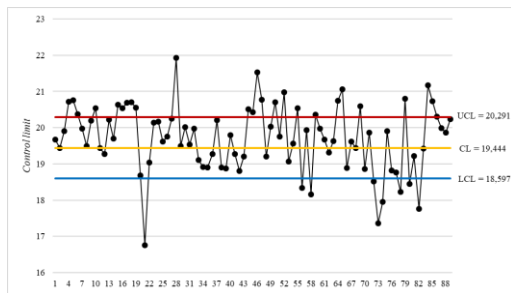
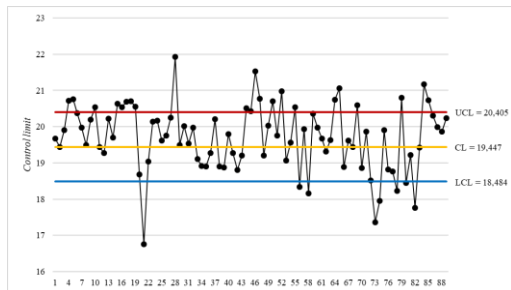


2. $\lambda = 0,2$

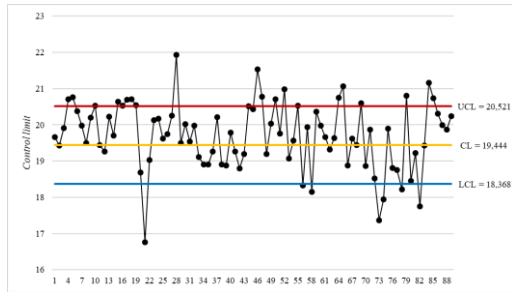


3. $\lambda = 0,3$

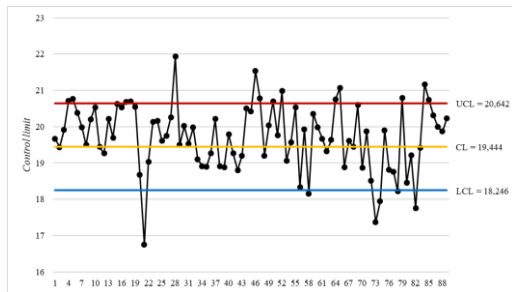


4. $\lambda = 0,4$ 5. $\lambda = 0,5$ 6. $\lambda = 0,6$ 

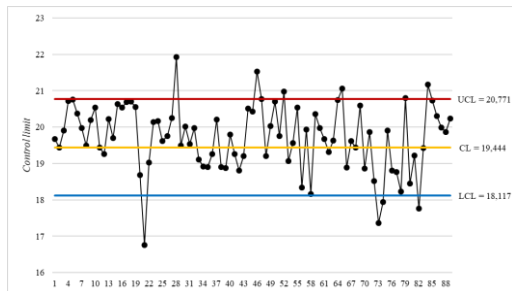
7. $\lambda = 0,7$



8. $\lambda = 0,8$

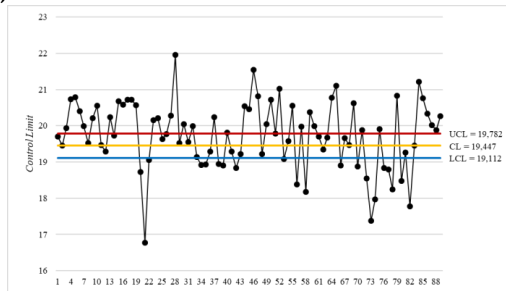


9. $\lambda = 0,9$

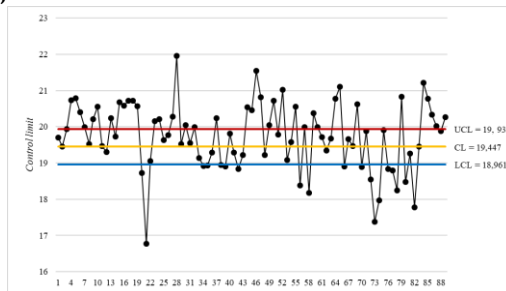


Lampiran 8b Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts = 0,65$

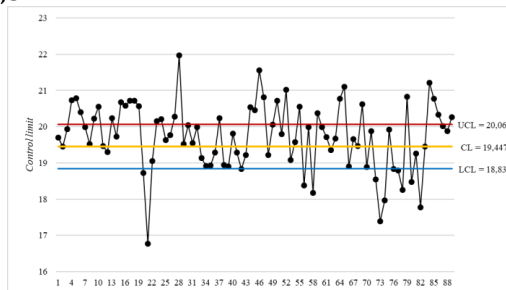
1. $\lambda = 0,1$



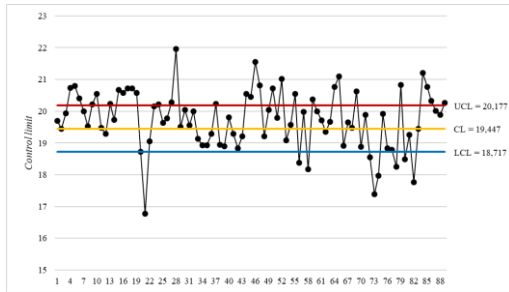
2. $\lambda = 0,2$



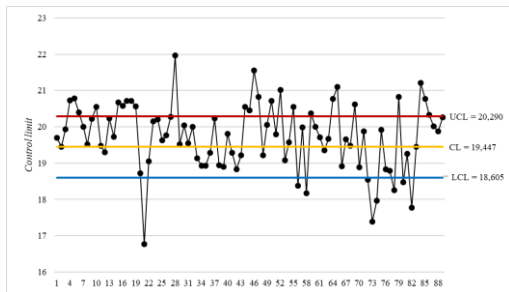
3. $\lambda = 0,3$



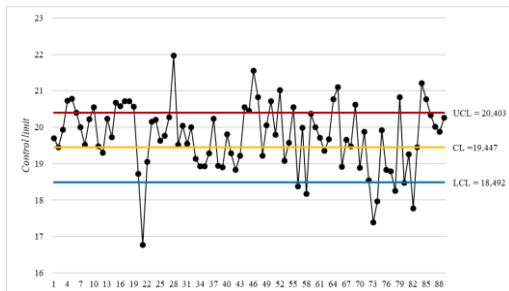
4. $\lambda = 0,4$



5. $\lambda = 0,5$

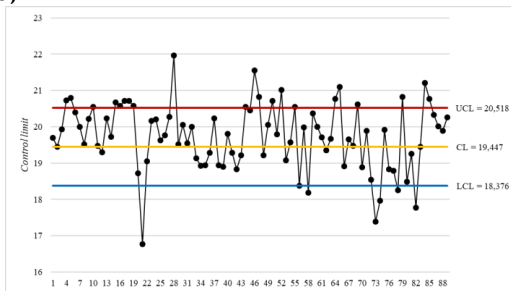


6. $\lambda = 0,6$

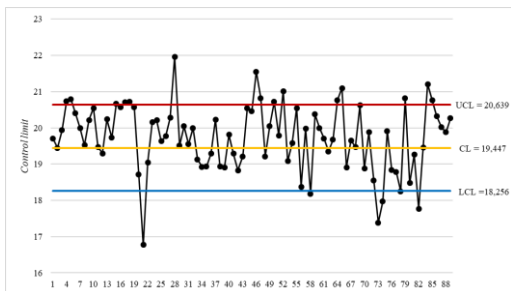


80

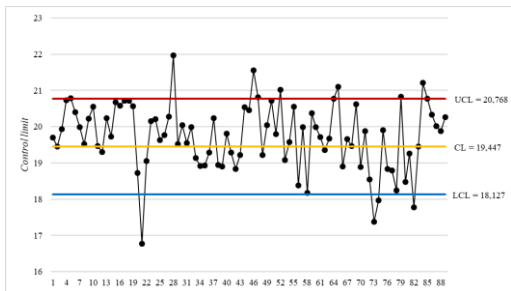
7. $\lambda = 0,7$



8. $\lambda = 0,8$

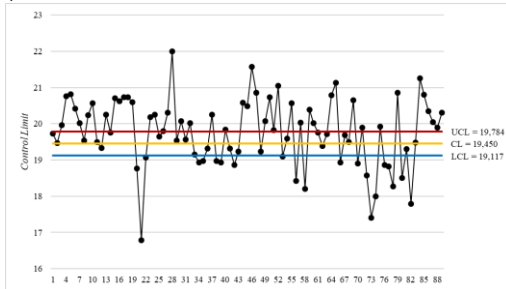


9. $\lambda = 0,9$

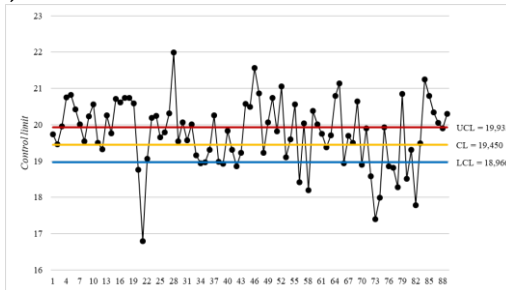


Lampiran 8c Peta Kendali FEWMA $\alpha - cuts = 0,70$

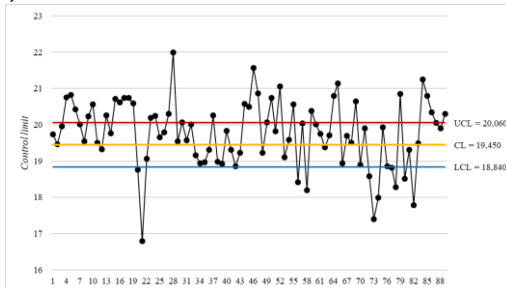
1. $\lambda = 0,1$

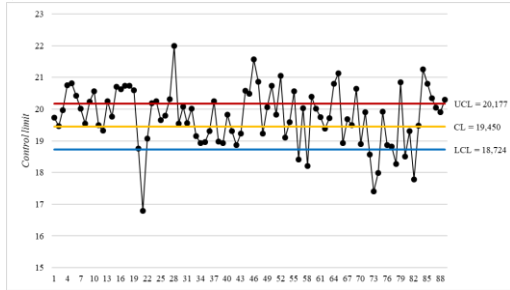
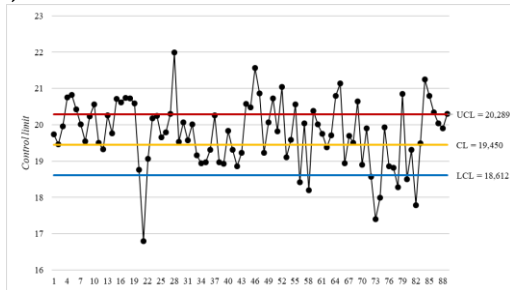
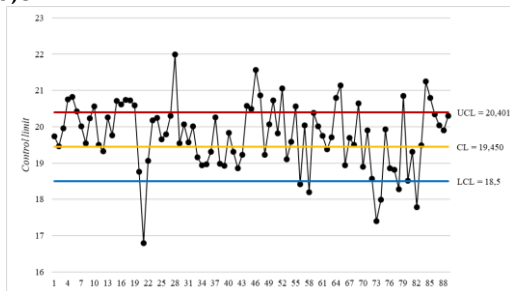


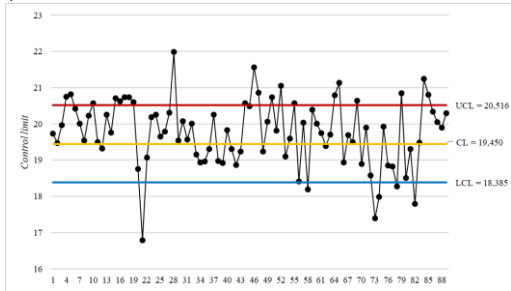
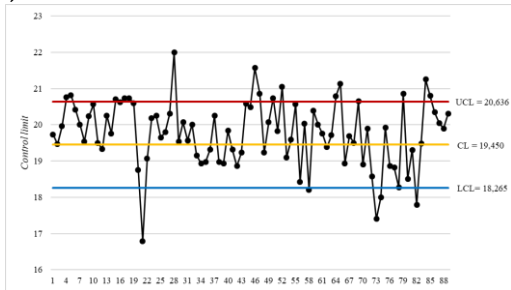
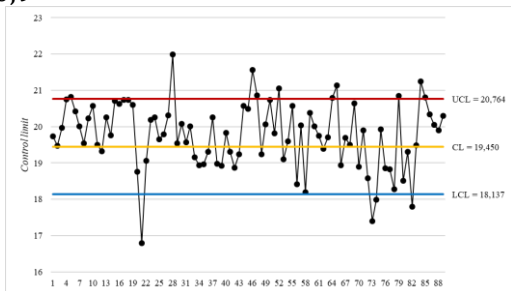
2. $\lambda = 0,2$



3. $\lambda = 0,3$



4. $\lambda = 0,4$ 5. $\lambda = 0,5$ 6. $\lambda = 0,6$ 

7. $\lambda = 0,7$ 8. $\lambda = 0,8$ 9. $\lambda = 0,9$ 

Lampiran 9 Tabel Statistika

n	A_2	d_2	D_2	D_3	D_4
2	1,880	1,128	3,686	0,000	3,267
3	1,023	1,693	4,358	0,000	2,575
4	0,729	2,059	4,698	0,000	2,282
5	0,577	2,326	4,918	0,000	2,114
6	0,483	2,534	5,079	0,000	2,004
7	0,419	2,704	5,204	0,076	1,924
8	0,373	2,847	5,307	0,136	1,864
9	0,337	2,970	5,394	0,184	1,816
10	0,308	3,078	5,469	0,223	1,777
11	0,285	3,173	5,535	0,256	1,744
12	0,266	3,258	5,594	0,283	1,717
13	0,249	3,336	5,647	0,307	1,693
14	0,235	3,407	5,696	0,328	1,672
15	0,223	3,472	5,740	0,347	1,653
16	0,212	3,532	5,782	0,363	1,637
17	0,203	3,588	5,820	0,378	1,622
18	0,194	3,640	5,856	0,391	1,609
19	0,187	3,689	5,889	0,404	1,596
20	0,180	3,735	5,921	0,415	1,585
21	0,173	3,778	5,951	0,425	1,575
22	0,167	3,819	5,979	0,435	1,565
23	0,162	3,858	6,006	0,443	1,557
24	0,157	3,895	6,032	0,452	1,548
25	0,153	3,931	6,056	0,459	1,541

Lampiran 10 Surat Keterangan Data

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FSAD-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Rivi Monica Pratiwi

NRP : 0621164000047

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PT

Divisi/ bagian : QA & QC

sejak bulan Juni 2019 sampai dengan Januari 2020 untuk keperluan

Tugas Akhir/ ~~Thesis~~ Semester ~~Gasal~~/Genap* 2019/ 2020.

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

Surabaya, Juni 2020
Pimpinan Perusahaan
HR Manager



Adang Saputra

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Semarang, 30 Mei 1998 dengan nama lengkap Rivi Monica Pratiwi, biasa dipanggil Rivi. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan suami istri Suwaji Andriatno dan Fadillah. Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis antara lain SDN Watugung 02 (2004-2010), SMPN 9 Salatiga (2010-2013), dan SMAN 1 Salatiga (2013-2016). Setelah lulus, penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Statistika ITS melalui jalur SNMPTN dengan NRP 1316100047 yang kemudian berganti menjadi 0621164000047. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, kepanitiaan, dan pelatihan. Organisasi kampus yang pernah di ikuti oleh penulis adalah PSt Himpunan Mahasiswa Statistika ITS (HIMASTA-ITS) sebagai staf Departemen Analisis Data periode 2017-2018 dan Bendahara pada periode 2018-2019. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan yang diadakan oleh HIMASTA-ITS seperti Pekan Raya Statistika (PRS) 2018 sebagai Sie Acara dan merangkap sebagai Penanggung Jawab Region Semarang serta kepanitiaan dalam kegiatan yang diadakan oleh PSt HIMASTA-ITS lainnya. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan kesenian HIMASTA-ITS yaitu tari saman, dan beberapa kali ikut mengisi acara yang diadakan oleh mahasiswa ITS. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran, dan kritik mengenai Tugas Akhir ini untuk perbaikan kedepannya dapat disampaikan melalui *e-mail* rivipratiwi05@gmail.com.