



TUGAS AKHIR - KS184822

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE* (BOPP) DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk, MENGGUNAKAN GRAFIK KENDALI FUZZY $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$

**GUNAWAN TANJUM
NRP 062115 4000 0092**

**Dosen Pembimbing
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si, M.Sc.
Haryono, MSIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR - KS184822

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI FILM *BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE* (BOPP) DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk, MENGGUNAKAN GRAFIK KENDALI FUZZY $\tilde{X} - \tilde{R}$

**GUNAWAN TANJUM
NRP 062115 4000 0092**

**Dosen Pembimbing
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si, M.Sc.
Haryono, MSIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - KS184822

**QUALITY CONTROL OF BIAXIALLY ORIENTED
POLYPROPYLENE (BOPP) FILM PRODUCTION IN PT.
TRIAS SENTOSA Tbk, USING FUZZY $\bar{\bar{X}} - \bar{R}$ CONTROL
CHARTS.**

**GUNAWAN TANJUM
SN 062115 4000 0092**

**Supervisors
Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si, M.Sc.
Haryono, MSIE**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI FILM
BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE (BOPP)
DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk, MENGGUNAKAN
GRAFIK KENDALI FUZZY $\tilde{X} - \tilde{R}$**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :
Gunawan Tanjung
NRP. 062115 4000 0092

Disetujui oleh Pembimbing:

Ni Luh Putu Satyaning P. Paramitha, S.Si, M.Sc
NIP. 1991 2017 12036

Haryono MSIE.
NIP. 19520919 197901 1 001



Mengetahui,
Kepala Departemen

Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI FILM
BIAXIALLY ORIENTED POLYPROPYLENE (BOPP)
DI PT. TRIAS SENTOSA Tbk, MENGGUNAKAN
GRAFIK KENDALI FUZZY $\tilde{X} - \tilde{R}$**

Nama Mahasiswa : Gunawan Tanjum
NRP : 062115 4000 0092
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Ni Luh Putu Satyaning P.
Paramita, S.Si, M.Sc.
Haryono, MSIE.

Abstrak

Kebutuhan plastik di Indonesia masih cukup tinggi, tercatat produksi plastik di Indonesia di tahun 2018 mencapai 4,6 juta ton/tahun. PT. Trias Sentosa Tbk, sebagai salah satu produsen terbesar produk film kemasan fleksibel dengan bahan utama Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) telah mengaplikasikan standar internasional dalam menghasilkan produk yang bernilai tinggi bagi pelanggan, namun pada proses produksi seringkali masih ditemukan kecatatan produk. Pada penelitian ini akan dianalisis karakteristik kualitas BOPP menggunakan grafik kendali $\tilde{X} - R$ dan grafik kendali fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$. Selanjutnya akan ditinjau proses kapabilitas pada setiap karakteristik kualitas. Didapatkan metode fuzzy dengan alpha ($\alpha = 0.65$) lebih sesuai digunakan jika terdapat kesamaran (pengamatan pada sisi yang berbeda) karena lebih informatif. Selanjutnya proses kapabilitas setiap karakteristik kualitas sudah berada pada batas mampu atau memuaskan, kecuali pada karakteristik stiffness yang memiliki kapabilitas masih kurang baik sehingga disarankan dilakukan perbaikan atau peninjauan kembali.

Kata kunci: BOPP, Fuzzy, Karakteristik Kualitas, Proses Kapabilitas, Stiffness.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**QUALITY CONTROL OF BIAXIALLY ORIENTED
POLYPROPYLENE (BOPP) FILM PRODUCTION IN
PT. TRIAS SENTOSA Tbk, USING FUZZY $\bar{\tilde{X}} - \tilde{R}$
CONTROL CHARTS.**

Name : Gunawan Tanjung
Student Number : 062115 4000 0092
Department : Statistics
Supervisor : Ni Luh Putu Satyaning P.
Paramita, S.Si, M.Sc
Haryono, MSIE.

Abstract

Plastic needs in Indonesia are still quite high, recorded plastic production in Indonesia in 2018 reached 4.6 million tons / year. PT. Trias Sentosa Tbk, as one of the largest manufacturers of flexible packaging films with the main ingredients Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) has applied international standards in producing high value products for customers however, in the production process it is often found product records/damaged. In this study, BOPP quality characteristics will analyze using $\bar{X} - R$ control chart and fuzzy $\bar{\tilde{X}} - \tilde{R}$ control charts. Furthermore, with fuzzy based capability process of each quality characteristic will be reviewed. Obtained fuzzy method with alpha ($\alpha = 0.65$) is more suitable to use if vagueness exists (observation on different side) because it is more informative. Furthermore, the capability process of each quality characteristic is at the level of being able or satisfying, except for the characteristics of stiffness which have poor capability, so that repairs or reviews are suggested.

Keywords: *BOPP, Capability Process, Fuzzy, Quality Characteristics, Stiffness.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih, hikmat, serta rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Pengendalian Kualitas Produksi Film Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) di PT. TRIAS SENTOSA Tbk, Menggunakan Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$* ” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Suhartono selaku Kepala Departemen Statistika FMKSD ITS
2. Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Departemen Statistika FMKSD ITS
3. Ibu Ni Luh Putu Satyaning P. Paramita, S.Si, M.Sc dan bapak Haryono MSIE selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan dengan sabar memberikan bimbingan, saran, motivasi dan dukungan selama proses penulisan laporan Tugas Akhir
4. Ibu Wibawati, S.Si, M.Si dan bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, MS. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir
5. Ibu Dr. Kartika Fithriasari, S.Si, M.Si. selaku dosen wali yang telah banyak memberikan motivasi, bimbingan dan dukungan selama proses belajar di Departemen Statistika
6. Seluruh dosen dan *staff* pengajar Program Studi Sarjana Departemen Statistika FMKSD ITS yang telah membantu penulis selama menempuh masa kuliah
7. Seluruh *staff* PT. Trias Sentosa, Tbk yang telah memberikan kesempatan dan meluangkan waktu serta memeberikan bimbingan dan saran selama proses penulisan laporan Tugas Akhir
8. Ibu Hj. Jumaini Amin dan Bapak H. Thamrin P. selaku orang tua kandung penulis yang telah memberikan doa, motivasi, kasih sayang dan telah berjuang secara mandiri supaya

penulis dapat menyelesaikan proses perkuliahan dengan baik dan lancar

9. Hepta Setianing, S.Stat. yang telah bersedia meluangkan waktu, memberikan saran selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir
10. Teman-teman Statistika ITS angkatan 2015, Vivacious, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis
11. Semua teman, relasi, dan berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dalam keberhasilan proses yang panjang ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu memberkati.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun akan sangat membantu penulis dalam memperbaikinya di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan bagi ilmu pengetahuan.

Surabaya, 3 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Statistika Deskriptif	5
2.2 Uji Distribusi Normal	5
2.3 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ dan $\bar{X} - S$	6
2.4 Grafik Kendali <i>Fuzzy</i>	8
2.5.1 Logika <i>Fuzzy</i>	8
2.5.2 <i>Fuzzy</i> $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dan $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$	9
2.5 Analisis Proses Kapabilitas.....	14
2.6 Proses Produksi Film Kemasan Fleksibel.....	17
BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Sumber Data	19
3.2 Variabel Penelitian.....	19
3.3 Langkah Analisis	20
3.4 Grafik Alir.....	20
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakteristik Kualitas BOPP	23
4.2 Penugjian Asumsi	27

4.3	Analisis Grafik Kendali $\bar{X} - R$	28
4.3.1	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Tensile Strength</i> MD..	28
4.3.2	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Tensile Strength</i> TD...	29
4.3.3	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> MD	30
4.3.4	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> TD	31
4.3.5	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Stiffness</i> MD.....	32
4.3.6	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Stiffness</i> TD.....	33
4.4	Analisis Grafik Kendali $\alpha - Cuts$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$	34
4.4.1	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Tensile Strength</i> MD	35
4.4.2	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Tensile Strength</i> TD	39
4.4.3	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Elongation</i> MD.	40
4.4.4	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Elongation</i> TD..	41
4.4.5	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Stiffness</i> MD	43
4.4.6	Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Stiffness</i> TD	43
4.5	Perbedaan Grafik Kendali	45
4.6	Proses Kapabilitas Berbasis Fuzzy	46
4.6.1	Proses Kapabilitas <i>Tensile Strength</i> MD.....	46
4.6.2	Proses Kapabilitas <i>Tensile Srength</i> TD.....	47
4.6.3	Proses Kapabilitas <i>Elongation</i> MD	48
4.6.4	Proses Kapabilitas <i>Elongation</i> TD	49
4.6.5	Proses Kapabilitas <i>Stiffness</i> MD	49
4.6.6	Proses Kapabilitas <i>Stiffness</i> TD.....	50
BAB V	.....	51
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	.....	53
LAMPIRAN	.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Grafik Kendali	6
Gambar 2.2	<i>Triangular Fuzzy</i>	9
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	21
Gambar 4.1	Boxplot <i>Tensile Strength</i> MD.....	24
Gambar 4.2	Boxplot <i>Tensile Strength</i> TD	25
Gambar 4.3	Boxplot <i>Elongation</i> MD	25
Gambar 4.4	Boxplot <i>Elongation</i> TD	26
Gambar 4.5	Boxplot <i>Stiffness</i> MD	26
Gambar 4.6	Boxplot <i>Stiffness</i> TD.....	27
Gambar 4.7	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Tensile Strength</i> MD	29
Gambar 4.8	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Tensile Strength</i> TD	30
Gambar 4.9	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> MD.....	31
Gambar 4.10	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> TD.....	32
Gambar 4.11	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Stiffness</i> MD	33
Gambar 4.12	Grafik Kendali $\bar{X} - R$ <i>Stiffness</i> TD	34
Gambar 4.13	Grafik Kendali <i>Fuzzy Tensile Strength</i> MD	38
Gambar 4.14	Grafik Kendali <i>Fuzzy Tensile Strength</i> TD	39
Gambar 4.15	Grafik Kendali <i>Fuzzy Elongation</i> MD.....	41
Gambar 4.16	Grafik Kendali <i>Fuzzy Elongation</i> TD.....	42
Gambar 4.17	Grafik Kendali <i>Fuzzy Stiffness</i> MD	43
Gambar 4.18	Grafik Kendali <i>Fuzzy Stiffness</i> TD	44

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Proses Kapabilitas	16
Tabel 2.2	Biaxially Oriented Polypropylene	17
Tabel 3.1	Variabel penelitian	19
Tabel 3.2	Struktur Data	19
Tabel 4.1	Tabel Kontingensi Karakteristik Kualitas BOPP	23
Tabel 4.2	Uji Normalitas	28
Tabel 4.3	Nilai Kendali $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> MD.....	31
Tabel 4.4	Nilai Kendal $\bar{X} - R$ <i>Elongation</i> TD.....	32
Tabel 4.5	Nilai Kendal $\bar{X} - R$ <i>Stiffness</i> TD	34
Tabel 4.6	TFN Karakteristik <i>Tensile Strength</i> MD	35
Tabel 4.7	α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Tensile Strength</i> TD	40
Tabel 4.8	α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Elongation</i> MD	41
Tabel 4.9	α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Elongation</i> TD	42
Tabel 4.10	α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ <i>Stiffness</i> TD.....	44
Tabel 4.11	Perbedaan Grafik Kendali	45
Tabel 4.12	Parameter Proses Kapabilitas <i>Tensile Strength</i> MD..	47
Tabel 4.13	Parameter Proses Kapabilitas <i>Tensile Strength</i> TD...	48
Tabel 4.14	Parameter Proses Kapabilitas <i>Elongation</i> MD	48
Tabel 4.15	Parameter Proses Kapabilitas <i>Elongation</i> TD	49
Tabel 4.16	Parameter Proses Kapabilitas <i>Stiffness</i> MD	50
Tabel 4.17	Parameter Proses Kapabilitas <i>Elongation</i> MD	50

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Karakteristik Kualitas BOPP.....	55
Lampiran 2 Syntax Grafik Kendali Fuzzy.....	60
Lampiran 3. Surat Izin Penggunaan Data.....	63

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$\sum_{i=1}^n X_{ij}$	: Jumlah pengamatan ke-i pada subgrup ke-j
$A_2/D_3/D_4$	: Konstanta apendik
$\tilde{\lambda}$	: Tilde
TFN	: <i>Triangular Fuzzy Number</i>
(a, b, c) / (a/b/c)	: <i>Fuzzy number</i>
α	: Bilangan Aristoteles 0 sampai 1 / tingkat ketelitian
$\bar{\bar{X}}_a^\alpha$	: Nilai rata-rata pengamatan pada sisi 'a' dengan tingkat ketelitian α
$\overline{UCL}_{\bar{X}}$	: Batas kendali atas grafik kendali <i>fuzzy</i> - $\bar{\bar{X}}$
$\overline{UCL}_{\bar{X}}^\alpha$	: Batas kendali atas grafik kendali <i>fuzzy</i> - $\bar{\bar{X}}$ dengan tingkat ketelitian α
$UCL_{mr-\bar{X}}^\alpha$	: Batas kendali atas transformasi midrange grafik kendali <i>fuzzy</i> - $\bar{\bar{X}}$ dengan tingkat ketelitian α
$S_{mr-\bar{X}.j}^\alpha$	: Nilai statistik transformasi midrange grafik kendali <i>fuzzy</i> - $\bar{\bar{X}}$ dengan tingkat ketelitian α pada subgrup ke-j
$\overline{USL}(\alpha)$	: Batas spesifikasi atas tingkat ketelitian α
$\tilde{\sigma}$	: Keragaman proses berbentuk <i>triangular fuzzy</i>
$\hat{C}_p(\alpha)$	: Proses kapabilitas berbentuk <i>triangular fuzzy</i> dengan tingkat α

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi plastik nasional terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, pada tahun 2018 produksi plastik nasional mencapai 4,6 juta ton/tahun. hal tersebut menunjukkan kebutuhan masyarakat terhadap plastik di Indonesia masih cukup tinggi. Selain itu kementerian perindustrian juga terus mendorong peningkatan investasi industri plastik dan karet dalam negeri, upaya ini guna memperkuat struktur manufaktur agar mampu mendongkrak nilai tambah dan mengurangi bahan baku impor. Pengembangan industri plastik dan karet di Indonesia diyakini masih cukup prospektif. Saat ini, potensi industri plastik nasional, didukung dengan jumlah 925 perusahaan dan mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 37.327 orang (Jawapo.com, 2018).

Salah satu perusahaan yang bergerak di industri plastik adalah PT. Trias Sentosa Tbk, perusahaan ini merupakan produsen film kemasan fleksibel terbesar di Indonesia. PT. Trias Sentosa Tbk juga telah mengembangkan produknya secara spesifik untuk menyesuaikan kebutuhan masing-masing pelanggan. Terdapat dua tipe film yaitu *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP) yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kelembaban dan *Biaxially Oriented Polyester* (BOPET) yang memiliki ketahanan tinggi terhadap udara yang diproduksi oleh perusahaan ini. Kedua tipe film saling melengkapi satu sama lainnya dan merupakan bahan baku utama dari film kemasan fleksibel untuk produk-produk konsumen baik makanan maupun non-makanan.

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan yang ada dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 2013). PT. Trias Sentosa sendiri telah mengaplikasikan standar internasional dalam menghasilkan produk yang bernilai tinggi bagi pelanggan. Kualitas menjadi kunci keberhasilan perusahaan agar tetap dipercaya dan bertahan di

masyarakat. Untuk menjaga kualitas produk film kemasan fleksibel dalam proses *inspecting* dilakukan pengukuran kualitas terhadap *thickness*, *tensile strength*, *elongation*, dan *stiffness*.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Tinambunan, 2017) mengenai pengendalian kualitas produk plastik di PT Megah Plastik. Dalam penelitian ini menunjukkan terdapat tiga jenis kecacatan yang ditemukan yaitu plastik yang berkerut, sobek dan sompel, faktor-faktor yang menyebabkan kecacatan adalah manusia (operator), mesin dan material, bahan baku/material dan kurangnya perawatan mesin. Erni dan Sarjono (2014) juga melakukan penelitian mengenai pengendalian kualitas produk kantong plastik jenis HPDE (*High Density Polyethlen*) menggunakan *Seven Tools* di PT. Dua Tunas Kelapa, didapatkan empat jenis kecacatan kantong plastik yaitu bitnik putih atau noda, keriput, *thickness* tidak rata, dan lebar pegangan kantong yang tidak sama. Grafik kendali $\bar{X} - R$ dan $\bar{X} - S$ telah banyak diaplikasikan pada penelitian di bidang industri, penelitian sebelumnya dilakukan oleh Abdullah (2015) mengenai aplikasi peta kendali statistik hasil produksi markisa di CV. Citra Sari Makassar. Pada penelitian ini digunakan grafik kendali $\bar{X} - R$ didapatkan jumlah produksi telah terkendali secara statistik.

Logika *fuzzy* adalah cabang dari ilmu matematika yang memungkinkan untuk memodelkan kondisi nyata. Metode ini menyediakan cara sederhana untuk bernalar dengan ketidakjelasan, ambigu, dan tidak tepat. Subjektifitas manusia sangat diperhitungkan daripada hanya menggunakan ukuran probabilitas obyektif (Kahraman C. , 2008). Metode ini sendiri telah banyak digunakan dan dikembangkan, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Sentruk (2010) pada pengendalian kualitas proses pengeboran dan pemotongan sebuah pabrik dengan menggunakan grafik kendali *fuzzy* regresi berdasarkan nilai α -cut. Penelitian menunjukkan bahwa grafik kendali *fuzzy* regresi lebih baik dari pada grafik kendali regresi tradisional. Metode *fuzzy* sendiri sudah banyak di aplikasikan pada grafik kendali data attribute. Pradini (2016) melakukan perbandingan metode *fuzzy u* dan demerit pada produk Kaca *Automotive* tipe *laminated*. Penelitian menunjukkan grafik kendali *fuzzy u* lebih sensitif jika dibandingkan dengan

grafik kendali demerit yang ditinjau berdasarkan banyaknya titik pengamatan yang berada diluar batas kendali. Septiana (2018) melakukan penelitian terkait pengendalian kualitas produk kain Grey C1016 dengan menggunakan grafik kendali *fuzzy c* yang berbenruk trapezoidal. Pada penelitian ini didapatkan grafik kendali *fuzzy c* lebih sensitif dibandingkan dengan grafik kendali *c* yang ditinjau berdasarkan banyaknya titik pengamatan yang berada diluar batas kendali. Serta disimpulkan pula bahwa kecatatan disebabkan oleh faktor manusia/operator, lingkungan kerja, mesin dan bahan baku.

Kebutuhan industri dalam meningkatkan kualitas saat ini terus berkembang, diperlukan metode atau cara yang lebih akurat, presisi, dan informatif khususnya pada data numerik dalam menunjukkan kondisi kualitas perusahaan. Untuk menunjang kebutuhan tersebut metode *fuzzy* dikembangkan. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Faraz dan Moghadam (2007) mengenai metode alternatif yang lebih baik untuk Shewhart \bar{X} . Dalam penelitian ini grafik kendali Shewhart \bar{X} dan grafik kendali berbasis *fuzzy* \bar{X} digunakan untuk mengontrol rata-rata proses produksi lantai. Didapatkan bahwa ARL grafik kendali *fuzzy* \bar{X} lebih baik dibandingkan Shewhart \bar{X} . Namun pada penelitian tersebut proses yang dikendalikan hanya rata-rata proses saja tanpa memperhatikan *range* atau deviasi standar proses. Sehubungan dengan hal ini, peneliti ingin mengetahui perbandingan metode berbasis Shewhart dan *fuzzy*. Selain itu akan diteliti proses kapabilitas setiap karakteristik kualitas produk, sehingga perusahaan dapat memprediksi kebaikan proses produksinya. Selanjutnya diharapkan informasi yang dihasilkan dapat membantu perusahaan dalam melakukan perbaikan yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi kecatatan produk.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam proses produksi BOPP seringkali ditemukan beberapa produk yang tidak memenuhi standar/batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan, untuk mengetahui kebaikan proses produksi perlu digunakan metode yang sesuai agar

menghasilkan keputusan yang paling tepat. Oleh sebab itu rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana grafik kendali $\bar{X} - R$ pada karakteristik kualitas *tensile strength, elongation, dan stiffness* ?
2. Bagaimana grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ pada karakteristik kualitas *tensile strength, elongation, dan stiffness* ?
3. Bagaimana proses kapabilitas produksi pada karakteristik kualitas produk BOPP di PT. Trias Sentosa Tbk?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa grafik kendali $\bar{X} - R$ pada karakteristik kualitas *tensile strength, elongation, dan stiffness*.
2. Menganalisa grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ pada karakteristik kualitas *tensile strength, elongation, dan stiffness*
3. Menganalisis proses kapabilitas produksi pada karakteristik kualitas produk BOPP di PT. Trias Sentosa Tbk.

1.4 Manfaat

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi bagi pihak perusahaan dalam pengambil keputusan dan menggunakan hasil analisis pengendalian kualitas untuk meningkatkan kualitas produk film kemasan fleksibel. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan belajar dari aplikasi pengendalian kualitas statistik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Produk yang diteliti adalah produk film kemasan fleksibel BOPP *thickness* 20 μm .
2. Data yang digunakan merupakan data karakteristik kualitas dari tahun 2017 s/d 2018
3. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah *thickness, tensile strength, elongation, dan stiffness*.
4. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan adalah triangular.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Statistika Deskriptif

Distribusi 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 sifatsifat 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 Uji 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:

$$D = \sup |S_n(x) - F_0(x)| \quad (1)$$

Keterangan:

S_n = fungsi peluang kumulatif data sampel

$F_0(x)$ = fungsi distribusi kumulatif normal

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

Daerah Kritis :

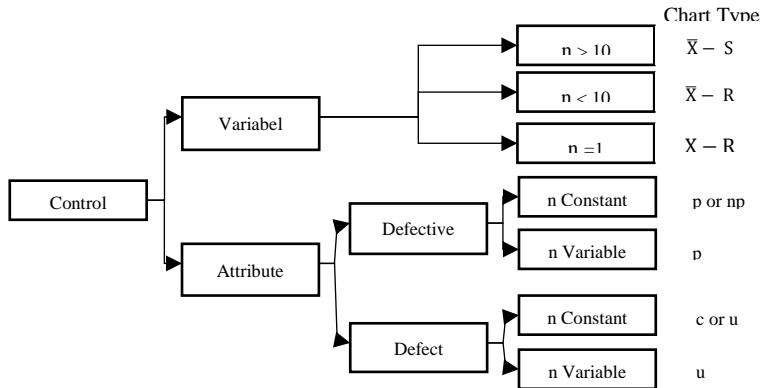
Tolak H_0 , jika $|D| > D_{(1-\alpha; n)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Uji Normalitas juga dapat dilakukan dengan menggunakan program paket Statistik seperti Minitab, SPSS, dan lainnya.

2.3 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ dan $\bar{X} - S$

Grafik kendali merupakan alat pengendalian proses statistik berupa grafik yang menggambarkan hasil dari proses produksi, grafik kendali terdiri atas 3 komponen penting yaitu Batas Kendali Atas (BKA), Garis Tengah (GT), Batas Kendali Bawah (BKB). Garis Tengah (GT) atau sering juga disebut *Center Line* (CL) merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkendali, jika suatu titik berada diluar batas kendali atas dan batas kendali bawah maka dinyatakan bahwa proses bekerja diluar kendali dan disarankan untuk dilakukan penyelidikan dan perbaikan (Montgomery, 2013)

Pada dasarnya terdapat tujuh jenis utama grafik kendali yaitu $\bar{X} - R$, $\bar{X} - S$, $X - R$, np, p, c dan u. Namun setiap grafik kendali digunakan bergantung pada data yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 2. 1 Jenis Grafik Kendali

Grafik kendali $\bar{X} - R$ adalah grafik yang digunakan untuk data variabel dan tidak digunakan untuk data atribut. Grafik kendali \bar{X} menggambarkan rata-rata dari nilai data, sedangkan grafik kendali R menggambarkan range dari nilai data. Ukuran sampel yang baik untuk grafik kendali ini biasanya 10 atau kurang (Swanson, 1995). Batas kendali untuk grafik kendali \bar{X} diberikan sebagai berikut,

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$BKA_{\bar{X}} = UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + (A_2 \bar{R}) \quad (3)$$

$$GT_{\bar{X}} = CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_j}{m} \quad (4)$$

$$BKB_{\bar{X}} = LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - (A_2 \bar{R}) \quad (5)$$

kemudian batas kendali untuk grafik kendali R ditunjukkan sebagai berikut,

$$R_j = X_{j \text{ maks}} - X_{j \text{ min}} \quad (6)$$

$$BKA_R = UCL_R = D_4 \bar{R} \quad (7)$$

$$GT_R = CL_R = \bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j}{m} \quad (8)$$

$$BKB_R = LCL_R = D_3 \bar{R}. \quad (9)$$

Pada grafik kendali $\bar{X} - S$ seperti halnya grafik $\bar{X} - R$, tetapi khusus bila besar sampel subgrup ≥ 10 . Hal ini disebabkan untuk besar sampel \geq deviasi standar adalah penaksiran yang lebih baik dari R. Batas-batas kendali untuk grafik \bar{X} berbasis deviasi standar diberikan sebagai berikut,

$$BKA_{\bar{X}} = UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + (A_3 \bar{S}) \quad (10)$$

$$BKB_{\bar{X}} = LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - (A_3 \bar{S}) \quad (11)$$

kemudian batas kendali untuk grafik kendali S ditunjukkan sebagai berikut,

$$BKA_S = UCL_S = B_4 \bar{S} \quad (12)$$

$$GT_S = CL_S = \bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{m} \quad (13)$$

$$BKB_S = LCL_S = B_3 \bar{S} \quad (14)$$

keterangan :

j = banyak subgrup

n = besar sampel tiap subgrup

\bar{X}_j = rata-rata subgrup ke-j

$GT_{\bar{X}}$ = garis tengah grafik \bar{X}

R_j = range dari subrup ke-j

\bar{R} = garis tengah grafik R

S_j = deviasi standar dari subrup ke-j

\bar{S} = garis tengah grafik S

2.4 Grafik Kendali *Fuzzy*

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai digram kendali berbasis *fuzzy*, sebelumnya akan dijelaskan mengenai logika *fuzzy* dan aplikasinya pada SPC (*statistic process control*).

2.5.1 Logika *Fuzzy*

Himpunan fuzzy dapat digunakan untuk merepresentasikan masalah yang mengandung ketidakjelasan atau kesamaran *vagueness* (Zadeh, 1965). Metode *fuzzy* diformulasikan untuk mencari nilai tengah antara bilangan Aristoteles 0 dan 1. Teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik (*crisp*). Nilai keanggotaan suatu item x pada himpunan klasik $\mu_A(x)$ 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 x terletak pada rentan 0 sampai 1.

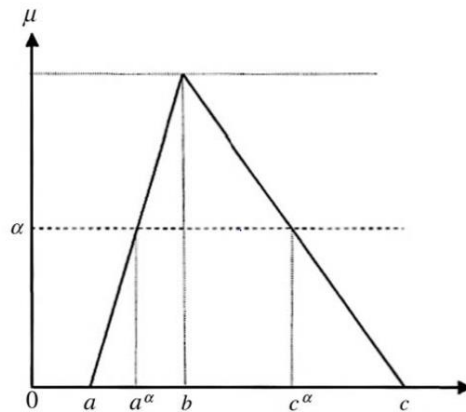
Apabila item x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A, demikian pula jika nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 1$ berarti x merupakan anggota penuh dari himpunan A. Nilai α -cut merupakan pemisah himpunan A dimana bila α -cut mendekati 1 maka keanggotaan *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, dsb.

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:

1. Representasi linier
2. Representasi kurva segitiga/ triangular
3. Representasi kurva trapezium
4. Representasi kurva bentuk bahu
5. Representasi kurav-S
6. Representasi kurva bentuk lonceng

Representasi bilangan *fuzzy* yang banyak digunakan adalah representasi kurva bentuk triangular di mana $a < b < c$ yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *Triangular Fuzzy*

Pada Penelitian ini, untuk membentuk *Triangular Fuzzy Number* (TFN) digunakan pendekatan dengan aturan sebagai berikut,

1. TFN dibentuk berdasarkan nilai hasil replikasi pengambilan data (pengambilan data sebanyak tiga kali pada sampel yang sama). Bila tidak terdapat replikasi maka,
2. TFN dibentuk berdasarkan pendapat ahli (*expert*). Bila tidak ada maka,
3. TFN dibentuk berdasarkan nilai estimasi.

2.5.2 *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ dan $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{S}}$

Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ dan $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{S}}$ pada dasarnya merupakan salah satu aplikasi dari *fuzzy* dengan jenis data variabel. Sebelumnya telah banyak peneliti yang membahas mengenai metode tersebut seperti,

Rowlands and Wang [2000], El-Shal et al [2000], Zandi et al.[2008], Ihsan Kaya dan Cengiz Kahraman[2011] dan lainnya. Pada proses produksi tentu hasil pengukuran merupakan hal yang dapat menunjukkan kualitas dari suatu produk, namun seringkali terdapat penilaian yang subjektif yang dilakukan oleh operator pada penentuan kualitas suatu produk. Pada kondisi sesungguhnya seringkali terdapat ketidak pastian atau hasil yang samar dalam suatu pengukuran. Maka pada kondisi ini metode *fuzzy* sangat berguna untuk memodelkan data yang tidak pasti. Metode ini memiliki nilai limit kendali yang fleksibel, sehingga dapat mengatasi limit kendali yang kaku.

Ukuran tendensi sentral dalam statistik deskriptif digunakan dalam bagan kendali variabel. ukuran ini dapat digunakan untuk mengonversi set *fuzzy* menjadi skalar dengan metode metode *fuzzy*, α -level *fuzzy* midrange, *fuzzy* median, dan *fuzzy* average. tidak ada dasar teori untuk memilih ukuran *fuzzy* tepat di antara empat metode ini. Berikut adalah langkah-langkah dalam membuat grafik kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan $\tilde{X} - \tilde{S}$,

1. Transformasikan nilai batas kendali $\bar{X} - R$ dan $\bar{X} - S$ dalam bentuk grafik kendali *fuzzy* pada bagian ini digunakan *fuzzy* triangular dimana digunakan nilai (a, b, c).
2. Dimasukkan nilai $\alpha - cut$ *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan $\tilde{X} - \tilde{S}$ dengan menggunakan pendekatan $\alpha - cut$.
3. Kemudian dibentuk $\alpha - level$ *fuzzy* *midrange* untuk *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan $\tilde{X} - \tilde{S}$ dengan menggunakan transformasi $\alpha - level$ *fuzzy* *midrange*
4. Dengan bantuan *numerical example* grafik kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dan $\tilde{X} - \tilde{S}$ akan dihasilkan.

Pada penggunaan grafik kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$, pada umumnya setiap subgrup direpresentasikan dalam bentuk angka *triangel fuzzy number* (a, b, c). Namun pada penelitian ini *triangel fuzzy number* direpsentasikan dalam bentuk (X_a, X_b, X_c) pada setiap sampel observasi. Batas-batas kendali grafik kendali *fuzzy* \tilde{X} dapat ditulis sebagai berikut,

$$\bar{X}_{rj} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{rij}}{n} ; r = a, b, c ; i = 1, 2, 3..n ; j = 1, 2, 3 \dots m \quad (15)$$

$$\bar{X}_r = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{rj}}{m}; r = a, b, c; j = 1, 2, 3 \dots m \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}_{\bar{X}} &= \widetilde{CL} + A_2 \bar{R} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) + A_2 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) \\ &= (\bar{X}_a + A_2 \bar{R}_a, \bar{X}_b + A_2 \bar{R}_b, \bar{X}_c + A_2 \bar{R}_c) \\ &= (\widetilde{UCL}_1, \widetilde{UCL}_2, \widetilde{UCL}_3) \end{aligned} \quad (17)$$

$$\widetilde{CL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{cj}}{m} \right\} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}_{\bar{X}} &= \widetilde{CL} - A_2 \bar{R} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) - A_2 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) \\ &= (\bar{X}_a - A_2 \bar{R}_a, \bar{X}_b - A_2 \bar{R}_b, \bar{X}_c - A_2 \bar{R}_c) \\ &= (\widetilde{LCL}_1, \widetilde{LCL}_2, \widetilde{LCL}_3). \end{aligned} \quad (19)$$

Selanjutnya digunakan α -cut fuzzy \bar{X} berdasarkan range untuk menentukan batas-batas yang telah ditentukan perusahaan dapat dituliskan dalam persamaan berikut,

$$\bar{X}_a^\alpha = \bar{X}_a + \alpha(\bar{X}_b - \bar{X}_a) \quad (20)$$

$$\bar{X}_c^\alpha = \bar{X}_c - \alpha(\bar{X}_c - \bar{X}_b) \quad (21)$$

$$\widetilde{UCL}_{\bar{X}}^\alpha = \widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha + A_2 \bar{R}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b, \bar{X}_c^\alpha) + A_2 (\bar{R}_a^\alpha, \bar{R}_b, \bar{R}_c^\alpha) \quad (22)$$

$$\widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b, \bar{X}_c^\alpha) \quad (23)$$

$$\widetilde{LCL}_{\bar{X}}^\alpha = \widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha - A_2 \bar{R}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b, \bar{X}_c^\alpha) - A_2 (\bar{R}_a^\alpha, \bar{R}_b, \bar{R}_c^\alpha) \quad (24)$$

di mana,

$$\bar{R}_a^\alpha = \bar{R}_a + \alpha(\bar{R}_b - \bar{R}_a) \quad (25)$$

$$\bar{R}_c^\alpha = \bar{R}_c - \alpha(\bar{R}_c - \bar{R}_b). \quad (26)$$

Batas Kendali α -cut fuzzy \bar{X} selanjutnya akan di transformasi menggunakan α -level fuzzy midrange yang dapat dituliskan sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha + A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^\alpha + \bar{R}_c^\alpha}{2} \right) \quad (27)$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^\alpha = f_{mr-\bar{X}}^\alpha(\widetilde{CL}) = \frac{\bar{X}_a^\alpha + \bar{X}_c^\alpha}{2} \quad (28)$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha - A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^\alpha + \bar{R}_c^\alpha}{2} \right) \quad (29)$$

kemudian definisi dari α -Level fuzzy midrange dari sampel j dapat ditulis sebagai berikut,

$$S_{mr-\bar{X}.j}^\alpha = \frac{(\bar{X}_{aj} + \bar{X}_{cj}) + \alpha[(\bar{X}_{bj} - \bar{X}_{aj})(\bar{X}_{cj} - \bar{X}_{bj})]}{2} \quad (30)$$

di mana pada proses kendali dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$\text{Process Control} = \begin{cases} \text{In Control ; for } LCL_{(mr-\bar{x})}^{\alpha} \leq S_{(mr-\bar{x},j)}^{\alpha} \leq UCL_{(mr-\bar{x})}^{\alpha} \\ \text{Out of Control ; Otherwise} \end{cases} . \quad (31)$$

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

$$\bar{R}_{rj} = \frac{\sum_{j=1}^m R_{rj}}{m} ; r = a, b, c ; j = 1, 2, 3 \dots m \quad (32)$$

di mana R_{rj} didapatkan berdasarkan persamaan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} R_{aj} &= X_{max. aj} - X_{min aj} ; \\ R_{bj} &= X_{max. bj} - X_{min bj} ; \\ R_{cj} &= X_{max. cj} - X_{min cj} ; j = 1, 2, 3 \dots m \end{aligned} \quad (33)$$

kemudian untuk batas kendali grafik kendali *fuzzy* \tilde{R} ditulis dalam persamaan sebagai berikut,

$$\widetilde{UCL}_R = D_4 \tilde{R}_r = D_4 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) \quad (34)$$

$$\widetilde{CL}_R = (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) \quad (35)$$

$$\widetilde{LCL}_R = D_3 \tilde{R}_r = D_3 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) \quad (36)$$

selanjutnya digunakan pula α -cut *fuzzy* \tilde{R} yang dituliskan sebagai berikut,

$$\widetilde{UCL}_R^{\alpha} = D_4 \tilde{R}^{\alpha} = D_4 (\bar{R}_a^{\alpha}, \bar{R}_b^{\alpha}, \bar{R}_c^{\alpha}) \quad (37)$$

$$\widetilde{CL}_R^{\alpha} = (\bar{R}_a^{\alpha}, \bar{R}_b^{\alpha}, \bar{R}_c^{\alpha}) \quad (38)$$

$$\widetilde{LCL}_R^{\alpha} = D_3 \tilde{R}^{\alpha} = D_3 (\bar{R}_a^{\alpha}, \bar{R}_b^{\alpha}, \bar{R}_c^{\alpha}) \quad (39)$$

dengan transformasi α -level *fuzzy midrange* untuk α -cut *fuzzy* \tilde{R} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = D_4 f_{mr-R}^{\alpha}(\widetilde{CL}) \quad (40)$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = f_{mr-R}^{\alpha}(\widetilde{CL}) = \frac{\bar{R}_a^{\alpha} + \bar{R}_c^{\alpha}}{2} \quad (41)$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = D_3 f_{mr-R}^{\alpha}(\widetilde{CL}) \quad (42)$$

kemudian α -level *fuzzy midrange* untuk α -cut *fuzzy* \tilde{R} pada subgroup ke- j dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$S_{mr-R}^{\alpha} = \frac{(R_{aj} + R_{cj}) + \alpha[(R_{bj} - R_{aj})(R_{cj} - R_{bj})]}{2} \quad (43)$$

di mana pada proses kendali, subgroup ke- j dapat didefinisikan,

$$\text{Process Control} = \begin{cases} \text{In Control ; for } LCL_{(mr-R)}^{\alpha} \leq S_{(mr-R,j)}^{\alpha} \leq UCL_{(mr-R)}^{\alpha} . \\ \text{Out of Control ; Otherwise} \end{cases} \quad (44)$$

Selanjutnya pada saat jumlah subgroup meningkat ($n > 10$) maka dapat disarankan menggunakan *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{S}$, secara teorikal metode ini telah dikembangkan oleh Senturk dan Erginel [2009].

Fuzzy \tilde{X} tidak jauh berbeda dari sebelumnya memiliki batas kendali sebagai berikut,

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(X_a, X_b, X_c)_{ij} - (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)_j]^2}{n-1}} \quad (45)$$

sehingga didapatkan,

$$\tilde{S} = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m S_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m S_{cj}}{m} \right\} = (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \quad (46)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}_{\bar{X}} &= \bar{X} + A_3 \tilde{S} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) + A_3 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \\ &= \bar{X}_a + A_3 \bar{S}_a, \bar{X}_b + A_3 \bar{S}_b, \bar{X}_c + A_3 \bar{S}_c \\ &= (\widetilde{UCL}_1, \widetilde{UCL}_2, \widetilde{UCL}_3) \end{aligned} \quad (47)$$

$$\widetilde{CL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) \quad (48)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}_{\bar{X}} &= \bar{X} - A_3 \tilde{S} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) - A_3 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \\ &= \widetilde{LCL}_1, \widetilde{LCL}_2, \widetilde{LCL}_3. \end{aligned} \quad (49)$$

Seperti yang digunakan sebelumnya juga digunakan α -cut fuzzy \tilde{X} berdasarkan deviasi standar yang dapat dituliskan dalam persamaan berikut,

$$\widetilde{UCL}_{\bar{X}}^\alpha = \widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha + A_3 \tilde{S}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) + A_3 (\bar{S}_a^\alpha, \bar{S}_b^\alpha, \bar{S}_c^\alpha) \quad (50)$$

$$\widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) \quad (51)$$

$$\widetilde{LCL}_{\bar{X}}^\alpha = \widetilde{CL}_{\bar{X}}^\alpha - A_3 \tilde{S}^\alpha = (\bar{X}_a^\alpha, \bar{X}_b^\alpha, \bar{X}_c^\alpha) - A_3 (\bar{S}_a^\alpha, \bar{S}_b^\alpha, \bar{S}_c^\alpha) \quad (52)$$

di mana,

$$\bar{S}_a^\alpha = \bar{S}_a + \alpha(\bar{S}_b - \bar{S}_a) \quad (53)$$

$$\bar{S}_c^\alpha = \bar{S}_c - \alpha(\bar{S}_c - \bar{S}_b). \quad (54)$$

Batas kendali α -cut fuzzy \tilde{X} berdasarkan deviasi standar kemudian di transformasi menggunakan α -level fuzzy midrange yang dapat dituliskan sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha + A_3 \left(\frac{\bar{S}_a^\alpha + \bar{S}_c^\alpha}{2} \right) \quad (55)$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^\alpha = f_{mr-\bar{X}}^\alpha(\widetilde{CL}) = \frac{\bar{X}_a^\alpha + \bar{X}_c^\alpha}{2} \quad (56)$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^\alpha = CL_{mr-\bar{X}}^\alpha - A_3 \left(\frac{\bar{S}_a^\alpha + \bar{S}_c^\alpha}{2} \right) \quad (57)$$

kemudian definisi dari α -Level fuzzy Midrange dari sampel j dapat ditulis sebagai berikut,

$$S_{mr-\bar{X}.j}^\alpha = \frac{(\bar{X}_{aj} + \bar{X}_{cj}) + \alpha[(\bar{X}_{bj} - \bar{X}_{aj})(\bar{X}_{cj} - \bar{X}_{bj})]}{2} \quad (58)$$

di mana pada proses kendali subgrup ke- j dapat didefinisikan sebagai berikut,

$$\text{Process Control} = \begin{cases} \text{In Control ; for } LCL_{(mr-\bar{x})}^{\alpha} \leq S_{(mr-\bar{x},j)}^{\alpha} \leq UCL_{(mr-\bar{x})}^{\alpha} . & (59) \\ \text{Out of Control ; Otherwise} \end{cases}$$

Batas kendali *fuzzy* \tilde{S} dituliskan dalam persamaan sebagai berikut,

$$\widehat{UCL}_S = B_4 \tilde{S} = B_4 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \quad (60)$$

$$\widehat{CL}_S = (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \quad (61)$$

$$\widehat{LCL}_S = B_3 \tilde{S} = B_3 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) \quad (62)$$

selanjutnya digunakan pula α -cut *fuzzy* \tilde{S} yang dituliskan sebagai berikut,

$$\widehat{UCL}_S^{\alpha} = B_4 \tilde{S}^{\alpha} = B_4 (\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{S}_b^{\alpha}, \bar{S}_c^{\alpha}) \quad (63)$$

$$\widehat{CL}_S^{\alpha} = (\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{S}_b^{\alpha}, \bar{S}_c^{\alpha}) \quad (64)$$

$$\widehat{LCL}_S^{\alpha} = B_3 \tilde{S}^{\alpha} = B_3 (\bar{S}_a^{\alpha}, \bar{S}_b^{\alpha}, \bar{S}_c^{\alpha}) \quad (65)$$

dengan transformasi α -level *fuzzy midrange* untuk α -cut *fuzzy* \tilde{S} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-S}^{\alpha} = B_4 f_{mr-S}^{\alpha}(\widehat{CL}) \quad (66)$$

$$CL_{mr-S}^{\alpha} = f_{mr-S}^{\alpha}(\widehat{CL}) = \frac{\bar{S}_a^{\alpha} + \bar{S}_c^{\alpha}}{2} \quad (67)$$

$$LCL_{mr-S}^{\alpha} = B_3 f_{mr-S}^{\alpha}(\widehat{CL}). \quad (68)$$

Nilai sklalar deviasi standar setiap subgrup ke- j didapatkan sebagai berikut,

$$S_{mr-S}^{\alpha} = \frac{(S_{aj} + S_{cj}) + \alpha[(S_{bj} - S_{aj})(S_{cj} - S_{bj})]}{2} \quad (69)$$

di mana pada proses kendali dapat didefinisikan,

$$\text{Process Control} = \begin{cases} \text{In Control ; for } LCL_{(mr-S)}^{\alpha} \leq S_{(mr-S,j)}^{\alpha} \leq UCL_{(mr-S)}^{\alpha} . & (70) \\ \text{Out of Control ; Otherwise} \end{cases}$$

Berikut merupakan notasi yang digunakan pada grafik kendali *fuzzy*,

2.5 Analisis Proses Kapabilitas

Indeks proses kapabilitas yang pertama kali muncul dalam literatur adalah C_p dan disebut indeks presisi (Kane, 1986). Proses kapabilitas (*process capability*) adalah kisaran di mana variasi alami suatu proses terjadi akibat penyebab umum suatu system, atau dengan kata lain, pencapaian suatu proses proses dalam kondisi stabil (James, 2016). Pada proses kapabilitas terdapat dua

indeks nilai yang sering digunakan yaitu C_p dan C_{pk} , nilai indeks C_p menunjukkan seberapa baik suatu proses dalam dua batas yang berfokus pada penyebaran dari proses yang dipelajari. Sedangkan C_{pk} adalah indeks yang digunakan untuk memberikan indikasi variabilitas yang terkait dengan suatu proses. Ini menunjukkan bagaimana suatu proses mengonfirmasi spesifikasi-spesifikasinya. Indeks ini biasanya digunakan untuk menghubungkan “*natural tolerances* (3σ)” dengan batas spesifikasi. C_{pk} menjelaskan seberapa baik proses cocok dalam batas-batas spesifikasi, dengan mempertimbangkan lokasi rata-rata proses (Kotz & Johnson, 2002).

Namun pada metode *fuzzy* nilai C_p dan C_{pk} dapat dihitung menggunakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) (Kahraman & Kaya, 2011). Sehingga batas spesifikasi atas dapat ditulis $\widetilde{USL} = TFN(u_a, u_b, u_c)$ dan batas spesifikasi bawahnya $\widetilde{LSL} = TFN(l_a, l_b, l_c)$. Selanjutnya α - cut untuk batas spesifikasi ditunjukkan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\widetilde{USL}(\alpha) &= [(u_b - u_a)\alpha + u_a, (u_b - u_c)\alpha + u_c] \\ &= (\widetilde{USL}_a^\alpha, \widetilde{USL}_c^\alpha)\end{aligned}\quad (71)$$

$$\begin{aligned}\widetilde{LSL}(\alpha) &= [(l_b - l_a)\alpha + l_a, (l_b - l_c)\alpha + l_c] \\ &= (\widetilde{LSL}_a^\alpha, \widetilde{LSL}_c^\alpha)\end{aligned}\quad (72)$$

Nilai rata-rata proses *fuzzy* ($\widetilde{\mu}$) dan deviasi standar *fuzzy* ($\widetilde{\sigma}$) dapat dihitung sebagai berikut,

$$\widetilde{\mu} = \widetilde{\overline{X}} = TFN(\mu_a, \mu_b, \mu_c) \quad (73)$$

$$\widetilde{\sigma} = \frac{\widetilde{R}_r}{d_2} = \left(\frac{\widetilde{R}_a}{d_2}, \frac{\widetilde{R}_b}{d_2}, \frac{\widetilde{R}_c}{d_2} \right) \quad (74)$$

di mana,

$$\mu_a^\alpha = \mu_a + \alpha(\mu_b - \mu_a) \quad (75)$$

$$\mu_c^\alpha = \mu_c - \alpha(\mu_c - \mu_b) \quad (76)$$

$$\hat{\sigma}_a^\alpha = \hat{\sigma}_a + \alpha(\hat{\sigma}_b - \hat{\sigma}_a) \quad (77)$$

$$\hat{\sigma}_c^\alpha = \hat{\sigma}_c - \alpha(\hat{\sigma}_c - \hat{\sigma}_b) \quad (78)$$

sehingga indeks kapabilitas *fuzzy* dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$\hat{C}_p(\alpha) = \frac{\widetilde{USL}(\alpha) - \widetilde{LSL}(\alpha)}{6\widetilde{\sigma}(\alpha)} \quad (79)$$

di mana,

$$\begin{aligned}\hat{C}_p(\alpha) &= TFN \left(\frac{((u_b-u_a)\alpha+u_a)-((l_b-l_c)\alpha+l_c)}{6\hat{\sigma}_c^\alpha}, \frac{((u_b-u_c)\alpha+u_c)-((l_b-l_a)\alpha+l_a)}{6\hat{\sigma}_a^\alpha} \right) \\ &= TFN \left(\frac{USL_a^\alpha - LSL_c^\alpha}{6\hat{\sigma}_c^\alpha}, \frac{USL_c^\alpha - LSL_a^\alpha}{6\hat{\sigma}_a^\alpha} \right).\end{aligned}\quad (80)$$

Selanjutnya indeks fuzzy C_{pk} dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\tilde{C}_{pl}(\alpha) &= TFN \left(\frac{\mu_a(\alpha)-((l_b-l_c)\alpha+l_c)}{3\tilde{\sigma}_c(\alpha)}, \frac{\mu_c(\alpha)-((l_b-l_a)\alpha+l_a)}{3\tilde{\sigma}_a(\alpha)} \right) \\ &= TFN \left(\frac{\mu_a(\alpha)-LSL_c^\alpha}{3\tilde{\sigma}_c(\alpha)}, \frac{\mu_c(\alpha)-LSL_a^\alpha}{3\tilde{\sigma}_a(\alpha)} \right)\end{aligned}\quad (81)$$

$$\begin{aligned}\tilde{C}_{pu}(\alpha) &= TFN \left(\frac{(u_b-u_a)\alpha+u_a-\mu_c(\alpha)}{3\tilde{\sigma}_c(\alpha)}, \frac{(u_b-u_c)\alpha+u_c-\mu_a(\alpha)}{3\tilde{\sigma}_a(\alpha)} \right) \\ &= TFN \left(\frac{USL_a^\alpha-\mu_c(\alpha)}{3\tilde{\sigma}_c(\alpha)}, \frac{USL_c^\alpha-\mu_a(\alpha)}{3\tilde{\sigma}_a(\alpha)} \right)\end{aligned}\quad (82)$$

$$\tilde{C}_{pk}(\alpha) = \text{Min}\{\tilde{C}_{pl}(\alpha); \tilde{C}_{pu}(\alpha)\}.\quad (83)$$

Indeks proses kapabilitas (\tilde{C}_p) dapat ditinjau berdasarkan tabel berikut (Tsai & Chen, 2006),

Tabel 2. 1 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	$C_p < 0,67$

Tabel diatas menunjukkan tingkat kebaikan suatu proses berdasarkan indeks \tilde{C}_p .

2.6 Proses Produksi Film Kemasan Fleksibel

Produk utama dari PT. Trias Sentosa Tbk, salah satunya adalah film Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) yang digunakan secara luas sebagai bahan kemasan untuk bermacam-macam produk. Jenis dan aplikasi penggunaan film BOPP antara lain sebagai berikut,

Tabel 2. 2 Biaxially Oriented Polypropylene

BOPP Product Range	
Jenis Produk	Penggunaan
Printing & Laminating	Food Packaging
Overwrap	Tobacco and BOX Overwrap
Anti-Fog	Anti-Fog Bag forr Vegetable, fresh fruits, and salad
Matte	Paper Look Packaging & Paper Laminating
Pearlize	Ice Cream, Candy, Soap Packaging
White Opaque	Food Packaging
Label	Clear, White and Metallized Label
Metallized	Food Packaging
Coated (PVDC & Acrylic)	Food Packaging
Thermal Film	Paper Lamination

Proses pembuatan BOPP film sendiri dimulai dengan pelelehan *raw material* pada mesin ekstruder yang terdiri dari mesin utama dan satelit-satelitnya, sehingga akan dihasilkan film (*cast film*) yang terdiri dari tiga lapis.

Selanjutnya film akan ditarik sebanyak dua kali, penarikan pertama dilakukan pada mesin MDO (*machine direction oriented*) film ditarik dengan rasio satu banding lima. Selanjutnya ditarik pada mesin TDO (*transverse direction oriented*) dilakukan penarikan hingga sepuluh kali panjang mula-mula.

Kemudian film akan diberikan *treatment* khusus, permukaan plastik akan dihantarkan energi (*surface energy*) jenis, yaitu pemberian aliran listrik atau pemanasan (api). Pemberian *treatment* ini bertujuan agar film dapat dibentuk atau digunakan sesuai kebutuhan, hingga pada tahap akhir film akan digulung pada rol dan dipotong sesuai pesanan pelanggan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian merupakan data sekunder dari PT. Trias Sentosa , Tbk berupa nilai-nilai hasil pengukuran variabel kendali film kemasan fleksibel BOPP *thickness* 20 μm tahun 2017 s/d 2018.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah variabel control yang mempengaruhi kualitas film.

Tabel 3. 1 Variabel penelitian

No	Variabel	Keterangan	Satuan
1	X_1	<i>Tensile Strength</i>	Kg/mm^2
2	X_2	<i>Elongation</i>	%
3	X_3	<i>Stiffness</i>	Kg/mm^2

Struktur data grafik kendali *fuzzy* $\tilde{X} - \tilde{R}$ dapat dilihat pada table 3.2 sebagai 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}
	X_{a13}	X_{b13}	X_{c13}
	X_{a14}	X_{b14}	X_{c14}
2	X_{a21}	X_{b21}	X_{c21}
	X_{a22}	X_{b22}	X_{c22}
	X_{a23}	X_{b23}	X_{c23}
	X_{a24}	X_{b24}	X_{c24}
.	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
j	X_{amn}	X_{bmn}	X_{cmn}
	X_{amn}	X_{bmn}	X_{cmn}
	X_{amn}	X_{bmn}	X_{cmn}
	X_{amn}	X_{bmn}	X_{cmn}

di mana $j = 1, 2, \dots, m$; $i = 1, 2, \dots, n$. ('j' menjelaskan subgrup pengamatan dan 'i' menjelaskan pengamatan pada setiap subgroup).

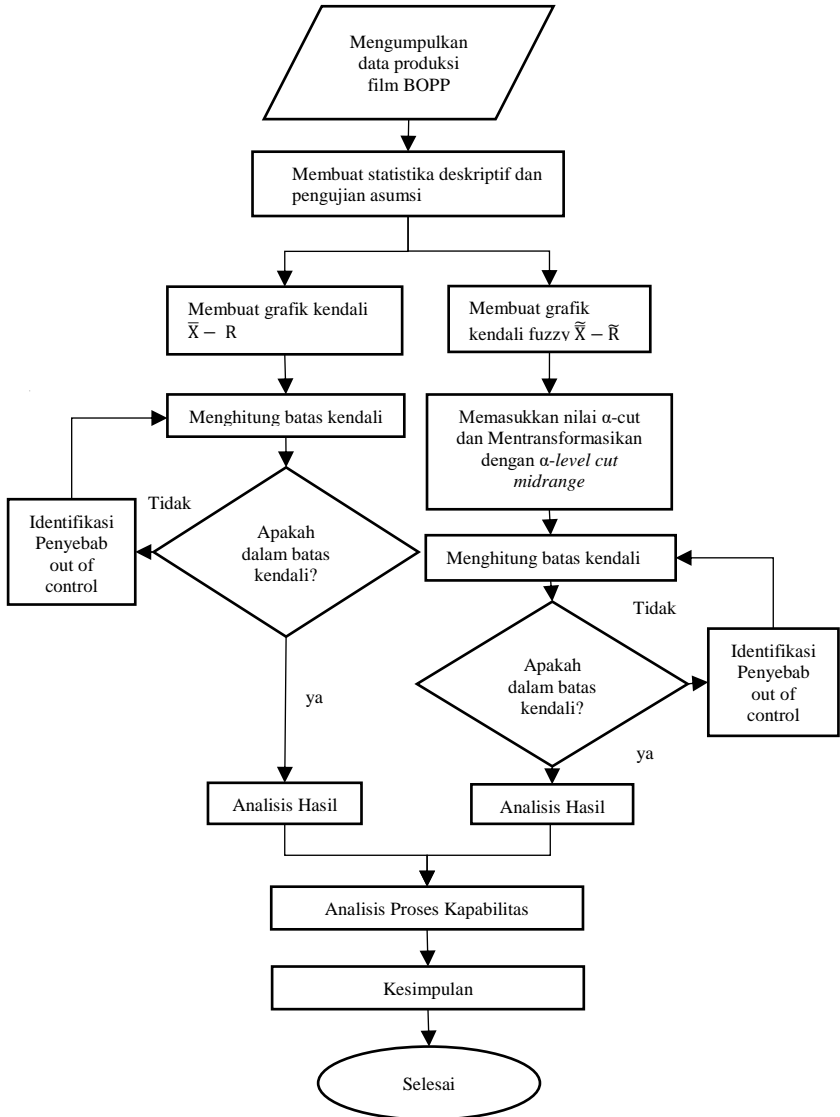
3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengumpulan data produksi film kemasan fleksibel.
2. Membuat statistika deskriptif dan pengujian asumsi
3. Membuat grafik kendali $\bar{X} - \bar{R}$
4. Membuat grafik kendali *fuzzy* $\bar{\tilde{X}} - \bar{\tilde{R}}$
 - 4.1 Pengamatan pada sisi yang berbeda diurutkan dari yang terkecil
 - 4.2 Menghitung nilai rata-rata dan *range* dari setiap subgroup
 - 4.3 Menghitung nilai rata-rata dari pengamatan dan range semua subgroup
 - 4.4 Menghitung batas kendali disetiap sisi pengamatan
 - 4.5 Menghitung batas kendali terhadap nilai α -cuts
 - 4.6 Menghitung batas kendali setelah dilakukan transformasi
5. Menganalisis proses kapabilitas berbasis *fuzzy*
 - 5.1 Menghitung nilai rata-rata pengamatan dan keragaman proses terhadap α -cuts
 - 5.2 Menghitung batas spesifikasi produk terhadap α -cuts
 - 5.3 Menghitung indeks proses kapabilitas
6. Penarikan kesimpulan

3.4 Grafik Alir

Langkah penelitian yang akan dilakukan dapat digambarkan melalui grafik alir sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan dianalisis setiap karakteristik kualitas pada produk kemasan fleksibel *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP). Pertama-tama akan dilakukan analisis statistik deskriptif, selanjutnya dilakukan pengujian asumsi distribusi normal. Setelah asumsi terpenuhi akan dilakukan perhitungan nilai batas kendali secara statistik menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$ dan *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$, pada tahap akhir akan dilakukan analisis proses kapabilitas berbasis *fuzzy* pada karakteristik kualitas.

4.1 Karakteristik Kualitas BOPP

Data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini berisi tentang data karakteristik kualitas Produk BOPP yang terdiri dari beberapa variabel yaitu *tensile strength* (kekuatan tekanan), *elongation* (pemanjangan), dan *stiffness* (kekakuan). Kemudian setiap variabel diukur dengan dua kategori yaitu *Machine Direction* (MD) dan *Transverse Direction* (TD), selanjutnya setiap variabel diukur pada tiga sisi berbeda yaitu *right* (kanan), *center* (tengah), dan *left* (kiri). Pada Tabel 4.1 telah disajikan tabel kontingensi untuk setiap karakteristik kualitas.

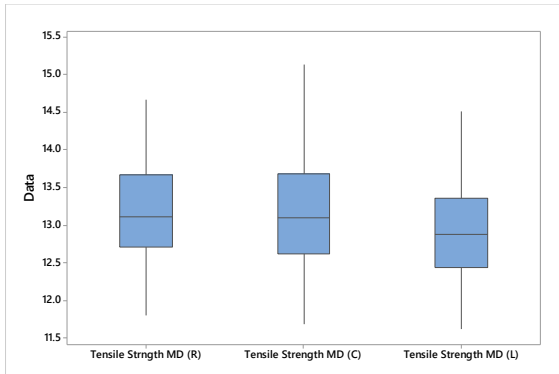
Tabel 4. 1 Tabel Kontingensi Karakteristik Kualitas BOPP

Variabel	Mean	StDev	Min	Max	Specs
Tensile Strength MD R	13,15	0,67	11,80	14,67	
Tensile Strength MD C	13,16	0,70	11,69	15,13	11-18
Tensile Strength MD L	12,90	0,66	11,62	14,51	
Tensile Strength TD R	30,99	1,807	26,54	34,24	
Tensile Strength TD C	31,21	1,657	25,90	35,28	22-40
Tensile Strength TD L	30,60	1,538	26,87	33,21	
Elongation MD R	168,3	12,38	144,5	214,2	
Elongation MD C	168	13,01	141,6	204,33	120-240
Elongation MD L	168,67	13,65	144,87	214	

Tabel 4. 1 Tabel Kontingensi Karakteristik Kualitas BOPP (Lanjutan)

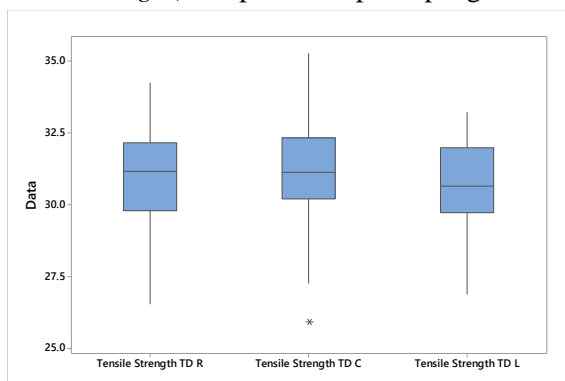
Variabel	Mean	StDev	Min	Max	Specs
Elongation TD R	44,97	5,64	32,53	64,27	
Elongation TD C	45,84	5,54	31,93	61,60	30-90
Elongation TD L	42,86	5,76	31,77	57,30	
Stiffness MD R	157,05	19,31	121,6	197,8	
Stiffness MD C	155,56	19,38	124	195,67	120-180
Stiffness MD L	155,19	17,98	121,63	193,6	
Stiffness TD R	282,16	34,21	213,4	357,53	
Stiffness TD C	284,08	31,43	215,23	364,4	210-300
Stiffness TD L	283,64	31,88	221,53	361,17	

Pada setiap karakteristik kualitas digunakan data sampel dengan jumlah 76 data. Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan informasi bahwa karakteristik *tensile strength* MD R (*right*) memiliki rata-rata 13,154 dengan deviasi standar sebesar 0,674. Sedangkan untuk karakteristik lain menunjukkan rata-rata yang berbeda disetiap sisi pengambilan sampel pada karakteristik yang sama sehingga mengindikasikan terdapat kesamaran (*vagueness*). Pada gambar 4.1 ditunjukkan perbandingan antara karakteristik *tensile strength* MD pada setiap sisi pengamatan, ingin ditinjau persebaran data terhadap kuartil 1, 2 dan 3.

**Gambar 4. 1** Boxplot *Tensile Strength* MD

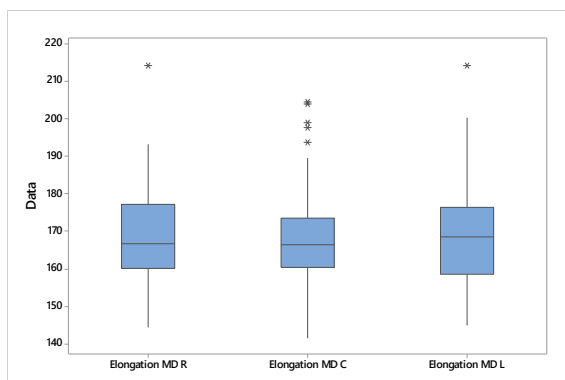
Gambar 4.1 menunjukkan tidak terdapat *outlier* atau data yang keluar dari batas atas dan bawah pada masing-masing sisi

pengamatan. Selain itu dapat ditunjukkan bahwa antar kekuatan tekan di sebelah kanan (*Right*), tengah (*Center*), dan kiri (*Left*) tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Gambar 4.2 selanjutnya akan menampilkan perbandingan antara karakteristik kekuatan tekana (*tensile strength*) TD pada setiap sisi pengambilan data.



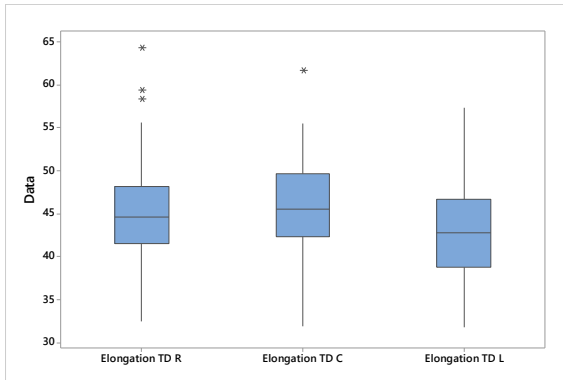
Gambar 4. 2 Boxplot *Tensile Strength* TD

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan *tensile strength center* (C) terdapat satu *outlier*, data berada jauh dari batas bawah yaitu pada pengamatan ke-27. Selanjutnya ditunjukkan juga bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap sisi pengamatan. Gambar 4.3 selanjutnya menunjukkan perbandingan antara karakteristik pemanjangan (*elongation*) MD pada setiap sisi pengamatan. Ingin ditinjau persebaran data terhadap kuartil 1,2, dan 3 dari pengamatan.



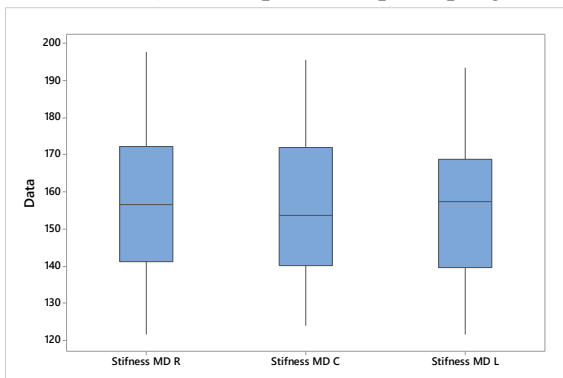
Gambar 4. 3 Boxplot *Elongation* MD

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas didapatkan informasi bahwa ditemukan *outlier* pada objek pengamatan, khususnya pada sisi *center* terdapat lebih dari satu pengamatan yang diluar batas atas. Namun pada setiap sisi pengamatan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Gambar 4.4 selanjutnya menunjukkan perbandingan antara karakteristik *elongation* TD pada setiap sisi pengambilan data.



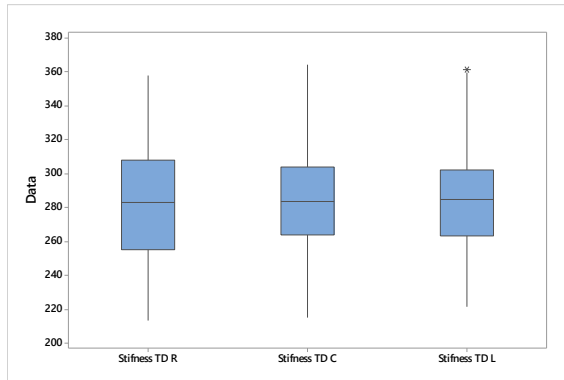
Gambar 4. 4 Boxplot *Elongation* TD

Gambar 4.4 menunjukkan terdapat tiga *outlier* pada sisi pengamatan *right* dan satu *outlier* pada sisi *center*. Selain itu juga dapat ditunjukkan bahwa antar sisi pengamatan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Gambar 4.5 ditampilkan perbandingan antara karakteristik *stifnes* TD pada setiap sisi pengambilan data.



Gambar 4. 5 Boxplot *Stiffness* MD

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan karakteristik *stiffness* tidak memiliki *outlier*, setiap pengamatan berada dalam batas atas dan bawah. Selanjutnya ditunjukkan juga bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap sisi pengamatan. Gambar 4.6 selanjutnya menunjukkan perbandingan antara karakteristik kekakuan (*stiffness*) TD.



Gambar 4. 6 Boxplot *Stiffness* TD

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan pada pengamatan sisi kiri terdapat *outlier*, namun ditunjukkan juga bahwa pada setiap sisi pengamatan tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

4.2 Penugjian Asumsi

Pada umumnya penggunaan metode grafik kendali memiliki asumsi yang harus dipenuhi yaitu asumsi data mengikuti distribusi normal, sehingga pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap setiap karakteristik kualitas.

Pengujian asumsi kenormalan data akan digunakan uji kenormalan *Kolmogorov-Smirnov* dimana bila nilai melebihi batas signifikansi ($\alpha = 0.05$) maka dapat disimpulkan data berdistribusi normal.

Dilakukan pengujian pada setiap karakteristik, namun karena terdapat pengamatan pada sisi yang berbeda maka hanya ditinjau pengamatan sisi *center* (tengah) saja. Berikut adalah uji kenormalan setiap karakteristik kualitas,

Tabel 4. 2 Uji Normalitas

No	Variabel	P-Value
1	Tensile Strength MD C	0,13
2	Tensile Strength TD C	0,15
3	Elongation MD C	0,08
4	Elongation TD C	0,15
5	Stiffness MD C	0,15
6	Stiffness TD C	0,15

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui setiap karakteristik kualiatls telah berdistribusi normal. Ditinjau dari nilai *P-Value* pengujian yang lebih besar dari 0,05, sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya.

4.3 Analisis Grafik Kendali $\bar{X} - R$

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan statistik menggunakan metode $\bar{X} - R$ pada setiap karakteristik kualitas kualitas secara *Machine Direction* (MD) dan *Transvers Direction* (TD). Jumlah pengamatan yang digunakan sebanyak 76, namun karena pada pengamatan karakteristik terdapat replikasi atau pengamatan pada sisi yang berbeda, maka akan digunakan pengamatan sisi *center* (tengah) untuk mewakili variabel.

4.3.1 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Tensile Strength* MD

Pada bagian akan dianalisis karakteristik *tensile strength* MD menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai \bar{X}_j dan nilai R_j seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2), (6) ditunjukkan pada gambar 4.7. Sehingga $\bar{\bar{X}}$ dan \bar{R} dapat dihitung menggunakan persamaan (4), (8)

$$\bar{\bar{X}} = 13,16276$$

$$\bar{R} = 1,406316.$$

Batas kendali \bar{X} karakteristik *tensile strength* MD dapat dihitung menggunakan persamaan (3), (4), (5)

$$UCL = 14,18$$

$$CL = 13,16$$

$$LCL = 12,13.$$

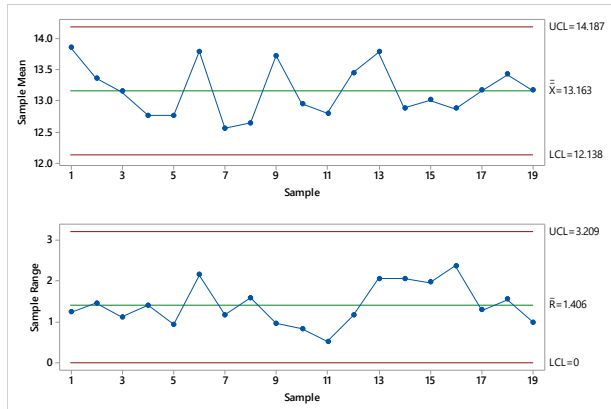
Batas kendali R (*Range*) karakteristik *tensile strength* MD dapat dihitung menggunakan persamaan (7), (8), (9)

$$UCL = 3,21$$

$$CL = 1,40$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalnya,



Gambar 4. 7 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Tensile Strength* MD

Berdasarkan gambar 4.7 menunjukkan karakteristik *tensile strength* MD telah terkendali secara statistik.

4.3.2 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Tensile Strength* TD

Karakteristik *tensile strength* TD juga akan dianalisis menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya. Sehingga batas kendali \bar{X} *tensile strength* TD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 33,40$$

$$CL = 31,21$$

$$LCL = 29,02$$

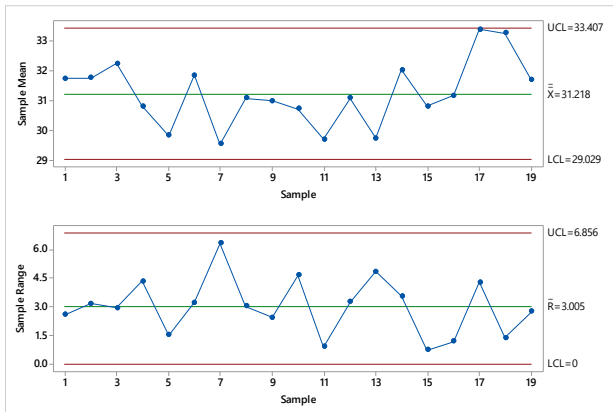
kemudian batas kendali R (*Range*) *tensile strength* TD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 6,85$$

$$CL = 3,00$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalinya,



Gambar 4. 8 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Tensile Strength* TD

Berdasarkan gambar 4.8 menunjukkan karakteristik *tensile strength* TD telah terkendali secara statistik.

4.3.3 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Elongation* MD

Karakteristik *elongation* MD selanjutnya akan dianalisis menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$, dengan langkah seperti pada bagian sebelumnya. Batas kendali \bar{X} *elongation* MD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 185,19$$

$$CL = 167,99$$

$$LCL = 150,80$$

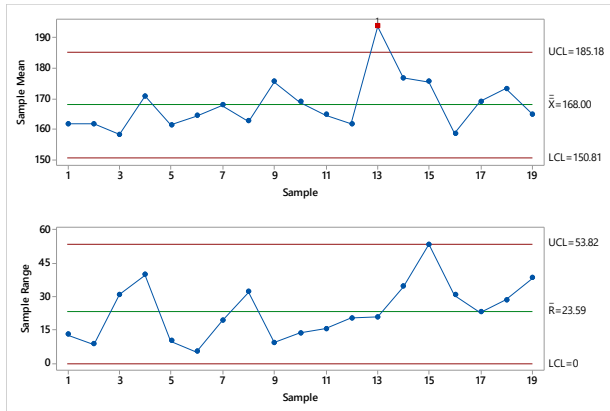
kemudian batas kendali R (*Range*) *elongation* MD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 53,82$$

$$CL = 23,58$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalinya,



Gambar 4.9 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ Elongation MD

Berdasarkan gambar 4.9 karakteristik *elongation* MD belum terkendali secara statistik. Tepatnya pada subgrup ke-13 yang ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4.3 Nilai Kendali $\bar{X} - R$ Elongation MD

Subgrup	\bar{X}_j	Keterangan	R_j	Keterangan
13	193,40	Out of control	20,9	In Control
14	176,66	In Control	34,5	In Control
15	175,54	In Control	53,6	In Control

Pada subgrup ke-13 rata-rata pengamatan lebih besar dari UCL grafik kendali.

4.3.4 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ Elongation TD

Karakteristik kualitas *elongation* TD akan dianalisis menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya, sehingga batas kendali \bar{X} *elongation* TD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 52,75$$

$$CL = 45,84$$

$$LCL = 38,93$$

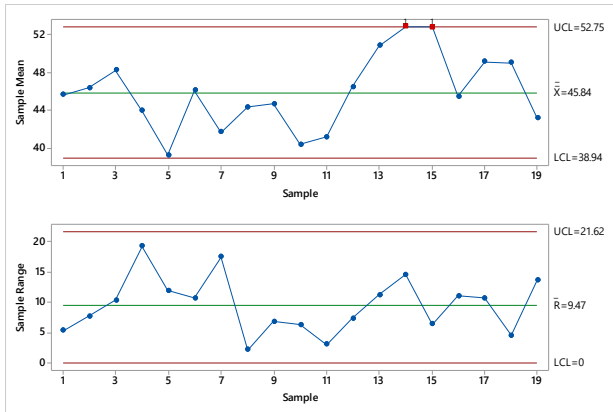
kemudian batas kendali R (*Range*) *elongation* TD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 21,61$$

$$CL = 9,47$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalinya,



Gambar 4. 10 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ Elongation TD

Berdasarkan gambar 4.10 menunjukkan karakteristik *elongation* TD belum terkendali secara statistik. Tepatnya pada subgroup ke-14 dan 15 yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Nilai Kendali $\bar{X} - R$ Elongation TD

Subgroup	\bar{X}_j	Keterangan	R_j	Keterangan
13	50,79	In Control	11,17	In Control
14	52,79	Out of control	14,53	In Control
15	52,77	Out of control	6,37	In Control

Subgroup ke-14, 15 memiliki rata-rata diatas UCL grafik kendali.

4.3.5 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ Stiffness MD

Pada karakteristik kualitas *Stiffness* MD juga akan dianalisis menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya, sehingga batas kendali \bar{X} *stiffness* MD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 184,54$$

$$CL = 155,55$$

$$LCL = 126,57$$

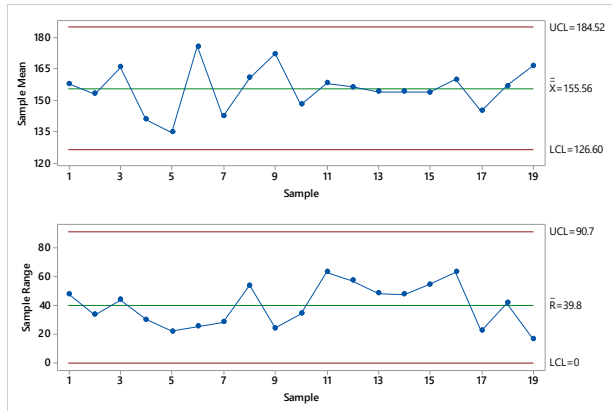
kemudian batas kendali R (*Range*) *stiffness* MD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 90,72$$

$$CL = 39,75$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalinya,



Gambar 4.11 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Stiffness* MD

Berdasarkan gambar 4.11 menunjukkan karakteristik *stiffness* MD telah terkendali secara statistik.

4.3.6 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ *Stiffness* TD

Pada karakteristik kualitas *Stiffness* TD juga akan dianalisis menggunakan grafik kendali $\bar{X} - R$. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya, sehingga batas kendali \bar{X} *stiffness* TD didapatkan sebagai berikut,

$$UCL = 329,20$$

$$CL = 284,08$$

$$LCL = 238,96$$

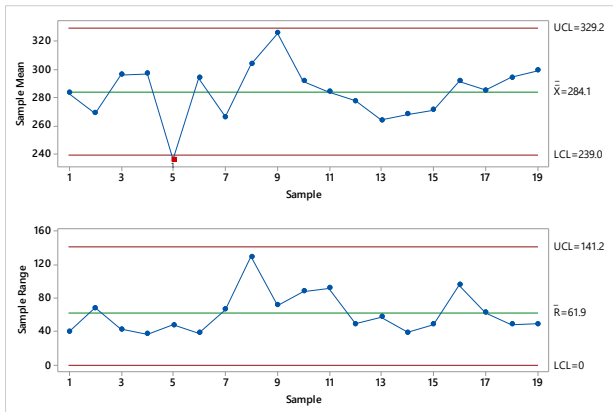
kemudian batas-batas kendali R (*Range*) dapat ditulis sebagai berikut,

$$UCL = 141,23$$

$$CL = 61,88$$

$$LCL = 0.$$

Berikut ditunjukkan *mean* dan *range* pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalinya,



Gambar 4.12 Grafik Kendali $\bar{X} - R$ Stiffness TD

Berdasarkan gambar 4.12 menunjukkan karakteristik *stiffness* TD belum terkendali secara statistik. Tepatnya pada subgroup ke-5 yang ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4.5 Nilai Kendali $\bar{X} - R$ Stiffness TD

Subgrup	\bar{X}_j	Keterangan	R_j	Keterangan
4	296,83	In Control	37,43	In Control
5	236,25	Out of control	48,4	In Control
6	293,9	In Control	38,5	In Control

Subgrup ke-5 memiliki nilai rata-rata dibawah LCL grafik kendali.

4.4 Analisis Grafik Kendali $\alpha - Cuts$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$

Pada bagian ini akan dilakukan analisis pada karakteristik kualitas secara *Machine Direction* (MD) dan *Transvers Direction* (TD) menggunakan grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$. Metode ini digunakan karena pada setiap karakteristik diamati pada tiga sisi yang berbeda yaitu pada sisi kanan (*right*), sisi tengah (*center*), dan sisi kiri (*left*), sehingga memungkinkan terdapat kesamaran dalam menentukan status dari setiap subgroup (*in control / out of control*). Transformasi $\alpha - Level$ Fuzzy Midrange berdasarkan nilai $\alpha - Cut$

Fuzzy digunakan, dengan tingkat ketelitian (α) setara 0,65. Terdapat 79 pengamatan yang kemudian dibentuk menjadi subgrup berukuran empat, sehingga terbentuk 19 subgrup pengamatan.

4.4.1 Grafik Kendali *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ *Tensile Strength* MD

Pada bagian ini akan dilakukan analisis pada karakteristik *tensile strength* MD menggunakan grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$. Langkah pertama ialah pada setiap sisi pengamatan dilakukan pengurutan data, dimana $X_a < X_b < X_c$ sehingga terbentuk TFN (*Triangular Fuzzy Number*). Selanjutnya dibentuk beberapa subgrup pengamatan sebagai berikut,

Tabel 4. 6 TFN Karakteristik *Tensile Strength* MD

Subgrup	X_a	X_b	X_c
1	13,01	13,69	13,71
	13,91	13,95	14,35
	12,98	13,12	13,42
	13,32	14,13	14,27
2	13,27	13,99	14,01
	12,79	12,96	13,04
	12,3	12,6	12,83
	13,68	14,05	14,67
19	12,98	13,21	13,46
	12,63	12,75	12,91
	12,37	12,73	12,77
	12,06	13,28	13,71

Selanjutnya \bar{X}_{rj} dan R_{rj} dihitung berdasarkan persamaan (15), (33), kemudian $\bar{\bar{X}}_r$ dan $\bar{\bar{R}}_r$ dapat dihitung menggunakan persamaan (16), (32)

$$\bar{\bar{X}}_r = (\bar{\bar{X}}_a / \bar{\bar{X}}_b / \bar{\bar{X}}_c) = (12,75 / 13,08 / 13,37)$$

$$\bar{\bar{R}}_r = (\bar{\bar{R}}_a / \bar{\bar{R}}_b / \bar{\bar{R}}_c) = (0,69 / 1,20 / 1,87)$$

dengan menggunakan $\bar{\bar{X}}_r$ dan $\bar{\bar{R}}_r$ diatas, grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ berbasis *triangular* dapat dihitung menggunakan persamaan (17),

(18), (19) dimana $A_2 = 0,729$ untuk $n = 4$ yang didapatkan dari tabel grafik kendali variabel sebagai berikut,

$$\overline{UCL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a/\bar{X}_b/\bar{X}_c) + A_2(\bar{R}_a/\bar{R}_b/\bar{R}_c) = (13,26/13,96/14,74)$$

$$\overline{CL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a/\bar{X}_b/\bar{X}_c) = (12,75/13,08/13,37)$$

$$\overline{LCL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a/\bar{X}_b/\bar{X}_c) - A_2(\bar{R}_a/\bar{R}_b/\bar{R}_c) = (12,25/12,20/12,00).$$

Perlu diperhatikan $\alpha - Cut$ memiliki kemampuan untuk menentukan sensitifitas batas kendali, kemudian untuk mengitung parameter yang dipengaruhi nilai $\alpha - Cut$ yaitu $\bar{X}_a^{0,65}$ dan $\bar{X}_c^{0,65}$ dapat dihitung menggunakan persamaan (20), (21) kemudian untuk menghitung $\bar{R}_a^{0,65}$ dan $\bar{R}_c^{0,65}$ dihitung menggunakan persamaan (25), (26)

$$\bar{X}_a^{0,65} = 12,97, \quad \bar{R}_a^{0,65} = 1,03$$

$$\bar{X}_c^{0,65} = 13,18, \quad \bar{R}_c^{0,65} = 1,44$$

kemudian batas grafik kendali $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dapat dihitung menggunakan persamaan (22), (23), (24)

$$\begin{aligned} \overline{UCL}_{\bar{X}}^{0,65} &= (\bar{X}_a^{0,65}/\bar{X}_b/\bar{X}_c^{0,65}) + A_2(\bar{R}_a^{0,65}/\bar{R}_b/\bar{R}_c^{0,65}) \\ &= (13,72/13,96/14,23) \end{aligned}$$

$$\overline{CL}_{\bar{X}}^{0,65} = (\bar{X}_a^{0,65}/\bar{X}_b/\bar{X}_c^{0,65}) = (12,97/13,08/13,18)$$

$$\begin{aligned} \overline{LCL}_{\bar{X}}^{0,65} &= (\bar{X}_a^{0,65}/\bar{X}_b/\bar{X}_c^{0,65}) - A_2(\bar{R}_a^{0,65}/\bar{R}_b/\bar{R}_c^{0,65}) \\ &= (13,72/13,96/14,23). \end{aligned}$$

Selanjutnya akan ditransformasikan dalam bentuk α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ seperti yang ditunjukkan pada persamaan (27), (28), (29) sehingga didapatkan batas kendali sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 13,98$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 13,07$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 12,17$$

sedangkan untuk menghitung nilai statistik hasil transformasi atau $S_{mr-\bar{X}}^{0,65}$ dapat dihitung menggunakan persamaan (30). Misal pada subgroup ke-1, 2 dihitung sebagai berikut,

subgrup ke-1;

$$\begin{aligned} S_{mr-\bar{X}.1}^{0,65} &= \frac{(\bar{X}_{a1} + \bar{X}_{c1}) + \alpha[(\bar{X}_{b1} - \bar{X}_{a1})(\bar{X}_{c1} - \bar{X}_{b1})]}{2} \\ &= \frac{(13,30 + 13,93) + 0,65[(13,72 - 13,30)(13,93 - 13,72)]}{2} \\ &= 13,68 \end{aligned}$$

subgrup ke-2;

$$\begin{aligned} S_{mr-\bar{X}.2}^{0,65} &= \frac{(\bar{X}_{a2} + \bar{X}_{c2}) + \alpha[(\bar{X}_{b2} - \bar{X}_{a2})(\bar{X}_{c2} - \bar{X}_{b2})]}{2} \\ &= \frac{(13,01 + 13,63) + 0,65[(13,4 - 13,01)(13,63 - 13,4)]}{2} \\ &= 13,37 \end{aligned}$$

dan seterusnya hingga subgrup ke-19.

Selanjutnya untuk menghitung batas kendali fuzzy \tilde{R} dapat dihitung menggunakan persamaan (34), (35), (36)

$$\widetilde{UCL}_R = D_4(\bar{R}_a/\bar{R}_b/\bar{R}_c) = (1,59/2,75/4,28)$$

$$\widetilde{CL}_R = (\bar{R}_a/\bar{R}_b/\bar{R}_c) = (0,69/1,20/1,87)$$

$$\widetilde{LCL}_R = D_3(\bar{R}_a/\bar{R}_b/\bar{R}_c) = (0/0/0)$$

dimana diketahui $D_4 = 2,282$ dan $D_3 = 0$ untuk $n = 4$ yang didapatkan berdasarkan table grafik kendali variabel.

Batas grafik kendali $\alpha - Cut$ Fuzzy \tilde{R} dapat dihitung menggunakan persamaan (37), (38), (39)

$$\widetilde{UCL}_R^{0,65} = D_4\tilde{R}^{0,65} = D_4(\bar{R}_a^{0,65}, \bar{R}_b, \bar{R}_c^{0,65}) = (2,35/2,75/3,29)$$

$$\widetilde{CL}_R^{0,65} = (\bar{R}_a^{0,65}, \bar{R}_b, \bar{R}_c^{0,65}) = (1,03/1,20/1,44)$$

$$\widetilde{LCL}_R^{0,65} = D_3\tilde{R}^{0,65} = D_3(\bar{R}_a^{0,65}, \bar{R}_b, \bar{R}_c^{0,65}) = (0/0/0).$$

Selanjutnya akan ditransformasikan dalam bentuk α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy \tilde{R} dapat dihitung menggunakan persamaan (40), (41), (42)

$$UCL_{mr-R}^\alpha = 2,82$$

$$CL_{mr-R}^\alpha = 1,23$$

$$LCL_{mr-R}^\alpha = 0$$

sedangkan untuk menghitung nilai statistik hasil transformasi atau $S_{mr-R_j}^{0,65}$ dapat dihitung menggunakan persamaan (43). Misal pada subgrup ke-1, 2 dihitung sebagai berikut,

subgrup ke-1

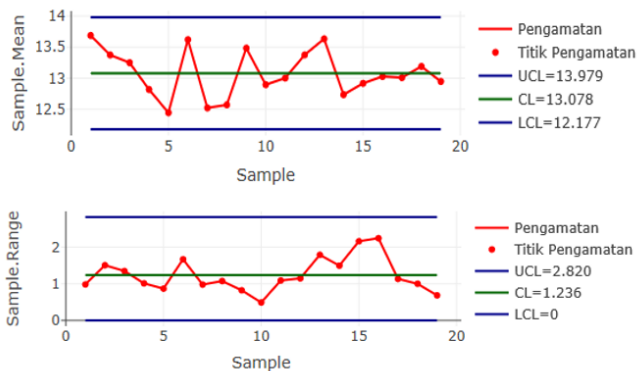
$$\begin{aligned} S_{mr-R.1}^{0,65} &= \frac{(R_{a1} + R_{c1}) + 0,65[(R_{b1} - R_{a1})(R_{c1} - R_{b1})]}{2} \\ &= \frac{(0,49 + 1,37) + 0,65[(1,01 - 0,49)(1,37 - 1,01)]}{2} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

subgrup ke-2

$$\begin{aligned} S_{mr-R.2}^{0,65} &= \frac{(R_{a2} + R_{c2}) + 0,65[(R_{b2} - R_{a2})(R_{c2} - R_{b2})]}{2} \\ &= \frac{(0,85 + 2,37) + 0,65[(1,45 - 0,85)(2,37 - 1,45)]}{2} \\ &= 1,50 \end{aligned}$$

dan seterusnya hingga subgrup ke-19.

Berikut ditunjukkan hasil transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α - Cut Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dan α - Cut Fuzzy $\tilde{\bar{R}}$ pada setiap subgrup pengamatan beserta batas kendalanya,



Gambar 4. 13 Grafik Kendali Fuzzy Tensile Strength MD

Berdasarkan gambar 4.13 menunjukkan karakteristik *tensile strength* MD telah terkendali secara statistik.

4.4.2 Grafik Kendali *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ *Tensile Strength* TD

Pada bagian ini karakteristik *tensile strength* TD juga akan dianalisis menggunakan metode berbasis *fuzzy* dengan transformasi. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya, sehingga batas kendali transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 32,75$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 30,97$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 29,18.$$

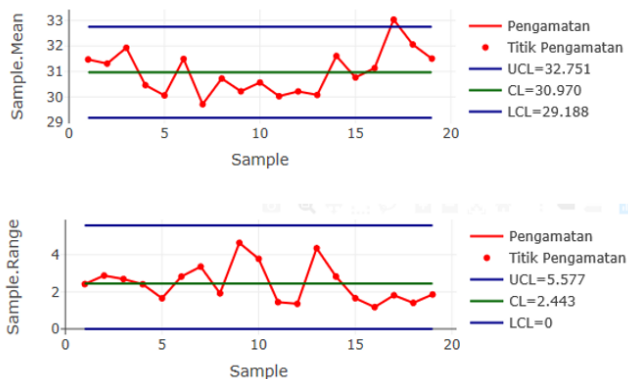
Batas kendali transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* \tilde{R} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = 5,57$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = 2,44$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = 0$$

Berikut ditunjukkan transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ dan α - *Cut Fuzzy* \tilde{R} pada setiap subgrup pengamatan beserta batas kendalinya menggunakan grafik sebagai berikut,



Gambar 4. 14 Grafik Kendali *Fuzzy Tensile Strength* TD

Berdasarkan gambar 4.14 menunjukkan karakteristik *tensile strength* TD tidak terkendali secara statistik. Tepatnya pada subgrup ke-17 yang dapat ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4. 7 α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ Tensile Strength TD

Subgrup	$S_{mr-\bar{X}_j}^{0,65}$	Keterangan	$S_{mr-R_j}^{0,65}$	Keterangan
16	31,13	In Control	1,17	In Control
17	33,03	Out of control	1,81	In Control
18	32,06	In Control	1,40	In Control

Pada subgrup ke-17 nilai statistik berada diluar batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$.

4.4.3 Grafik Kendali Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{\bar{R}}$ Elongation MD

Karakteristik *elongation* MD akan dianalisis menggunakan metode berbasis *fuzzy* dengan transformasi. Langkah pertama, data diurutka berdasarkan sisi pengamatan dimana $X_a < X_b < X_c$ sehingga terbentuk TFN. Selanjutnya dilakukan perhitungan pada statistik \bar{X}_{rj} dan R_{rj} sehingga $\tilde{\bar{X}}_r$ dan $\tilde{\bar{R}}_r$ dapat dihitung. Kemudian batas grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ berbasis *triangular* dapat dibentuk dimana $A_2 = 0,729$ untuk $n = 4$. Selanjutnya batas grafik kendali $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dihitung dengan tingkat ketelitian $\alpha = 0,65$. Selanjutnya dilakukan transformasi, sehingga batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 185,15$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 168,45$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 151,74.$$

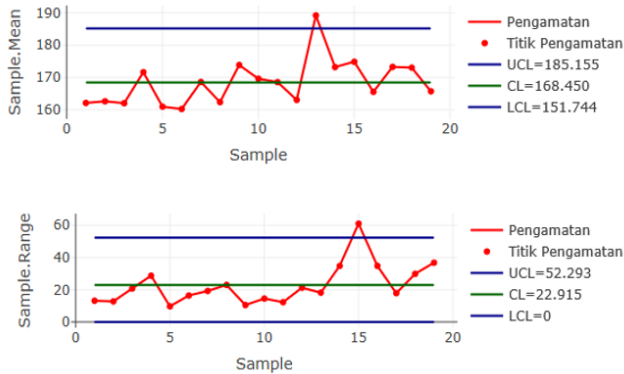
Batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{R}}$ dibentuk dengan yang sama dimana diketahui $D_4 = 2,282$ dan $D_3 = 0$ untuk $n = 4$ yang didapatkan berdasarkan table grafik kendali variabel sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = 52,29$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = 22,91$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = 0.$$

Berikut ditunjukkan trasformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dan $\alpha - Cut$ Fuzzy $\tilde{\bar{R}}$ pada setiap subgrup pengamatan beserta batas kendalinya sebagai berikut,



Gambar 4. 15 Grafik Kendali *Fuzzy Elongation MD*

Berdasarkan gambar 4.21 ditunjukkan setiap subgrup tidak terkendali secara statistik, ditunjukkan subgrup ke-13, 15 yang ditunjukkan berdasarkan tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 8 α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ Elongation MD

Subgrup	$S_{mr-\bar{X},j}^{0,65}$	Keterangan	$S_{mr-R,j}^{0,65}$	Keterangan
13	189,18	Out of control	18,17	In Control
14	173,22	In Control	34,78	In Control
15	174,86	In Control	60,99	Out of control

Pada subgrup ke-13 transformasi *mean* tidak terkendali. Sedangkan pada subgrup ke-15 transformasi *range* yang tidak terkendali.

4.4.4 Grafik Kendali *Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ Elongation TD*

Pada bagian ini, karakteristik *elongation* TD juga akan dianalisis menggunakan grafik kendali *fuzzy* dengan transformasi. Langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya. Batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α - Cut Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 50,15$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 44,45$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 38,74.$$

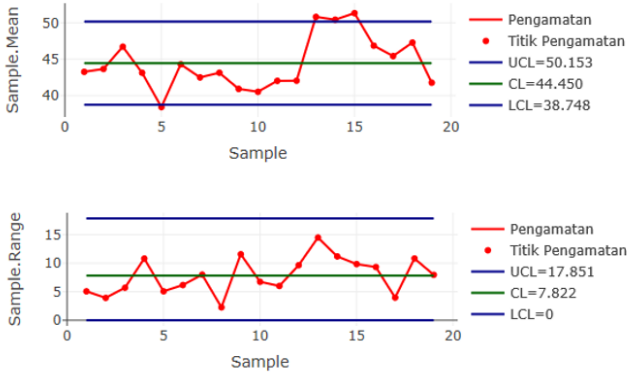
Batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α – Cut Fuzzy \tilde{R} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = 17,85$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = 7,82$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = 0.$$

Berikut ditunjukkan trasformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α – Cut Fuzzy \tilde{X} dan α – Cut Fuzzy \tilde{R} pada setiap subgrup pengamatan beserta batas kendalnya sebagai berikut,



Gambar 4. 16 Grafik Kendali Fuzzy Elongation TD

Berdasarkan gambar 4.22 ditunjukkan transformasi *mean* dari setiap subgrup tidak terkendali, subgrup ke-5, 13, 14, dan 15 keluar dari batas kendali yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{X} - \tilde{R}$ Elongation TD

Subgrup	$S_{mr-\tilde{x}_j}^{0,65}$	Keterangan	$S_{mr-R_j}^{0,65}$	Keterangan
13	50,80	Out of control	14,49	In Control
14	50,41	Out of control	11,19	In Control
15	51,31	Out of control	9,84	In Control

Berdasarkan tabel 4.9 subgrup ke-13, 14, 15 memiliki transformasi *mean* diluar batas kendali, nilai pengamatan lebih besar dari UCL. Bila diperhatikan pada grafik kendali berbasis Shewhart (konvensional) sebelumnya, subgrup ke-13 masih dalam batas kendali.

4.4.5 Grafik Kendali *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ *Stiffness* MD

Pada karakteristik *stiffness* MD dianalisis menggunakan metode berbasis *fuzzy* dengan transformasi, dengan langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya. Batas kendali transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 183,35$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 156,07$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 128,78.$$

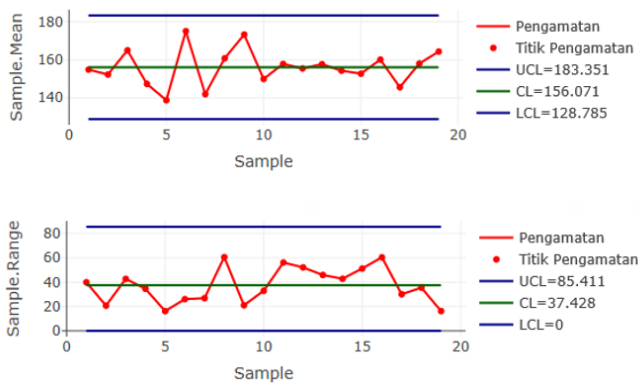
Batas kendali transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* \tilde{R} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = 85,41$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = 37,42$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = 0.$$

Berikut ditunjukkan transformasi α -Level *Fuzzy Midrange* untuk α - *Cut Fuzzy* $\tilde{\bar{X}}$ dan α - *Cut Fuzzy* \tilde{R} pada setiap subgroup pengamatan beserta batas kendalnya sebagai berikut,



Gambar 4. 17 Grafik Kendali *Fuzzy Stiffness* MD

Berdasarkan gambar 4.17 ditunjukkan karakteristik setiap subgroup telah terkendali secara statistik.

4.4.6 Grafik Kendali *Fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ *Stiffness* TD

Karakteristik kualitas *stiffness* TD juga akan dianalisis dengan langkah analisis sesuai pada bagian sebelumnya. Batas

kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α – Cut Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ sebagai berikut,

$$UCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 237,97$$

$$CL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 283,45$$

$$LCL_{mr-\bar{X}}^{0,65} = 328,93.$$

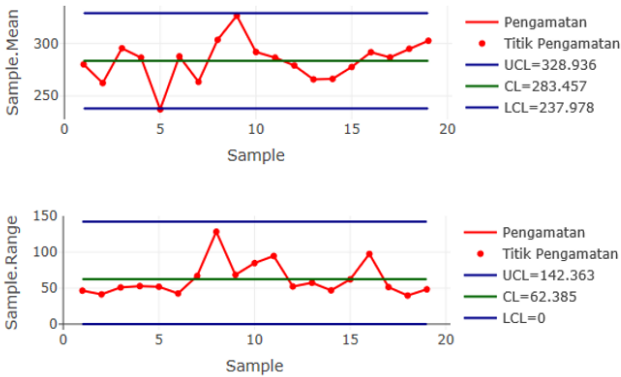
Batas kendali transformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α – Cut Fuzzy \tilde{R} sebagai berikut,

$$UCL_{mr-R}^{\alpha} = 142,36$$

$$CL_{mr-R}^{\alpha} = 62,38$$

$$LCL_{mr-R}^{\alpha} = 0.$$

Berikut ditunjukkan trasformasi α -Level Fuzzy Midrange untuk α – Cut Fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ dan α – Cut Fuzzy \tilde{R} pada setiap subgrup pengamatan beserta batas kendalnya sebagai berikut,



Gambar 4. 18 Grafik Kendali Fuzzy Stiffness TD

Berdasarkan gambar 4.18 ditunjukkan karakteristik kualitas belum terkendali secara statistik, ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4. 10 α -Level Fuzzy Midrange $\tilde{\bar{X}}$ – \tilde{R} Stiffness TD

Subgrup	$S_{mr-\bar{X}_j}^{0,65}$	Keterangan	$S_{mr-R_j}^{0,65}$	Keterangan
4	286,52	In Control	52,79	In Control
5	237,13	Out of control	51,93	In Control
6	287,71	In Control	42,57	In Control

Pada subgrup ke-5 karakteristi tidak terkendali karena nilai pengamatan dibawah LCL.

4.5 Perbedaan Grafik Kendali

Pada bagian ini akan ditunjukkan perbedaan antara grafik kendali $\bar{X} - R$ dan grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$, akan ditinjau jumlah subgrup pengamatan yang berada diluar batas kendali dan interval batas kendali pada karakteristik *tensile strength*, *elongation*, dan *stiffness* yang ditunjukkan sebagai berikut,

Tabel 4. 11 Perbedaan Grafik Kendali

No	Karakteristik	Metode	Interval X	Interval R	Out
1	<i>Tensile Strength</i> MD	<i>shewhart</i>	2,05041	3,20921	0
		<i>fuzzy</i>	1,80226	2,82082	0
2	<i>Tensile Strength</i> TD	<i>shewhart</i>	4,38090	6,85681	0
		<i>fuzzy</i>	3,56331	5,57714	1
3	<i>Elongation</i> MD	<i>shewhart</i>	34,3880	53,8227	1
		<i>fuzzy</i>	33,4108	52,2932	2
4	<i>Elongation</i> TD	<i>shewhart</i>	13,8123	21,6189	2
		<i>fuzzy</i>	11,4053	17,8511	4
5	<i>Stiffness</i> MD	<i>shewhart</i>	57,9631	90,7215	0
		<i>fuzzy</i>	54,5702	85,4110	0
6	<i>Stiffness</i> TD	<i>shewhart</i>	90,2348	141,231	1
		<i>fuzzy</i>	90,9577	142,363	1

Pada grafik kendali $\bar{X} - R$ memuat informasi mengenai pengamatan pada sisi tengah (*center*), dapat ditunjukkan pada karakteristik *tensile strength* dan *elongation* interval batas kendali \bar{X} dan R cenderung lebih luas namun tidak lebih baik dalam menangkap pengamatan yang berada diluar batas kendali.

Kemudian pada grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ dengan memuat informasi pengamatan pada sisi kiri (*left*), kanan (*right*), dan tengah (*center*), dapat ditunjukkan pada karakteristik *tensile strength* dan *elongation* interval $\tilde{\bar{X}}$ dan \tilde{R} cenderung lebih sempit dan lebih baik dalam menangkap pengamatan yang berada diluar batas kendali. Hal ini disebabkan variasi/keragaman antara sisi pengamatan

cenderung kecil. Sedangkan pada karakteristik *stiffness* interval antar batas kendali lebih luas. Hal ini disebabkan metode *fuzzy* menangkap adanya variasi/keragaman antar sisi pengamatan yang cenderung besar.

Dapat disimpulkan metode *fuzzy* lebih sesuai digunakan bila terdapat kesamaran (pengambilan pengamatan pada sisi yang berbeda) karena lebih informatif dan dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya pada proses produksi.

4.6 Proses Kapabilitas Berbasis *Fuzzy*

Pada bagian ini akan dilakukan analisis proses kapabilitas pada setiap karakteristik kualitas yaitu *tensile strength*, *elongation*, dan *stiffness* menggunakan metode berbasis *fuzzy*, namun sebelum itu perlu dilakukan penanganan kepada karakteristik yang pada bagian sebelumnya belum terkendali secara statistik. Langkah penanganan yang akan dilakukan adalah menghilangkan atau mengeliminasi subgrup yang tidak terkendali dari segi nilai rata-rata dan keragamannya (*range*). Selanjutnya akan digunakan batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan setelah dipengaruhi oleh tingkat ketelitian (α), kemudian akan diestimasi standar deviasi menggunakan *range* yang telah ditemukan sebelumnya. Capabilitas proses berbasis *fuzzy* akan berbentuk interval.

4.6.1 Proses Kapabilitas *Tensile Strength* MD

Pada bagian ini akan dilakukan analisis proses kapabilitas berbasis *fuzzy* sehingga akan terbentuk dalam bentuk interval dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan sebelumnya, pada karakteristik ini setiap subgrup telah terkendali secara statistik. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *tensile strength* MD sebagai berikut,

$$\text{Upper Specification Line (USL)} = 18$$

$$\text{Lower Specification Line (LSL)} = 11.$$

Misalkan USL dan LSL didefinisikan masing-masing “mendekati 18” dan “mendekati 11”. Maka batas spesifikasi dapat diubah ke bentuk *triangular fuzzy number* (TFN)

$$\widetilde{USL} = TFN(17,99 ; 18 ; 18,01)$$

$$\widetilde{LSL} = TFN(10,99 ; 11 ; 11,01)$$

selanjutnya dihitung sesuai tingkat ketelitian ($\alpha = 0,65$) menggunakan persamaan (71), (72)

$$\widetilde{USL}(0,65) = TFN(17,9965 ; 18 ; 18,0035)$$

$$\widetilde{LSL}(0,65) = TFN(10,9965 ; 11 ; 11,0035).$$

Kemudian pada sub bab sebelumnya diketahui parameter \bar{R}_r , sehingga keragaman proses ($\bar{\sigma}$) dapat diestimasi menggunakan persamaan (74) diaman $d_2 = 2,059$ ($n = 4$) sebagai berikut,

$$\bar{\sigma} = (0,33 / 0,58 / 0,91)$$

selanjutnya dengan tingkat ketelitian (α) dapat dibentuk $\hat{\sigma}_a(\alpha)$ dan $\hat{\sigma}_c(\alpha)$ menggunakan persamaan (77), (78) sebagai berikut,

$$\hat{\sigma}_a(\alpha) = 0,500281179$$

$$\hat{\sigma}_c(\alpha) = 0,700416656.$$

Sehingga proses kapabilitas berbasis *fuzzy* dapat dihitung menggunakan persamaan (79) sebagai berikut,

$$\tilde{C}_p(\alpha) = TFN(1,66401 ; 1,98699 ; 2,33435)$$

untuk menghitung indeks lainnya terlebih dahulu dihitung $\mu_a^{0,65}$ dan $\mu_c^{0,65}$ menggunakan persamaan (75), (76). Selanjutnya indeks lainnya dapat dihitung menggunakan persamaan (81), (82), (83) yang ditunjukkan berdasarkan tabel berikut,

Tabel 4. 12 Parameter Proses Kapabilitas *Tensile Strength* MD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	1,6640095	1,9869903	2,3343539
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	2,2892107	2,790078	3,3532678
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	0,9362378	1,1839026	1,4590435
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	0,9362378	1,1839026	1,4590435

Berdasarkan tabel 4.12 menunjukkan proses kapabilitas *tensile strength* MD sudah cukup kapabel namun rata-rata proses menyimpang dari nilai targetnya, rata-rata proses lebih cenderung mendekati batas spesifikasi bawah (LSL).

4.6.2 Proses Kapabilitas *Tensile Strength* TD

Pada bagian akan sedikit berbeda dengan bagian sebelumnya. Karakteristik *tensile strength* TD masih belum terkendali secara statistik, tepatnya pada subgrup 17 pengamatan keluar dari batas control sehingga akan ditangani terlebih dahulu.

Selanjutnya proses penentuan proses kapabilitasnya akan sama dengan karakteristik sebelumnya. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *tensile strength* TD sebagai berikut,

$$\text{Upper Specification Line (USL)} = 40$$

$$\text{Lower Specification Line (LSL)} = 22$$

Sehingga indeks proses kapabilitas berbasis *fuzzy* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 13 Parameter Proses Kapabilitas *Tensile Strength* TD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	1,8550382	2,5183692	3,7922075
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	1,7989001	2,551209	4,0287159
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	1,7392551	2,4855294	3,9068801
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	1,7392551	2,4855294	3,9068801

Berdasarkan tabel 4.13 menunjukkan proses kapabilitas *tensile strength* TD sudah cukup kapabel namun rata-rata proses menyimpang dari nilai targetnya, dapat diperhatikan nilai $\tilde{C}_{pk}(\alpha)$.

4.6.3 Proses Kapabilitas *Elongation* MD

Karakteristik *elongation* MD masih belum terkendali secara statistik tepatnya pada subgrup 13 dan 15, pengamatan keluar dari batas control sehingga akan ditangani terlebih dahulu. Selanjutnya proses penentuan proses kapabilitasnya akan sama dengan karakteristik lainnya. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *elongation* MD sebagai berikut,

$$\text{Upper Specification Line (USL)} = 240$$

$$\text{Lower Specification Line (LSL)} = 120$$

Sehingga indeks proses kapabilitas berbasis *fuzzy* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 14 Parameter Proses Kapabilitas *Elongation* MD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	1.6549758	1.9438012	2.4186403
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	1,9624776	2,3646627	3,0290944
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	1,2372185	1,5229397	1,9692986
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	1,2372185	1,5229397	1,9692986

Berdasarkan tabel 4.14 menunjukkan proses kapabilitas *elongation* MD sudah cukup kapabel, namun rata-rata proses menyimpang dari nilai targetnya, rata-rata proses lebih cenderung mendekati batas spesifikasi bawah (LSL) sehingga dapat diperhatikan nilai $\tilde{C}_{pk}(\alpha)$.

4.6.4 Proses Kapabilitas *Elongation* TD

Karakteristik *elongation* TD masih belum terkendali secara statistik tepatnya pada subgrup 5, 13, 14 dan 15, pengamatan keluar dari batas kendali sehingga akan ditangani terlebih dahulu. Selanjutnya proses penentuan proses kapabilitasnya akan sama dengan karakteristik lainnya. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *elongation* TD sebagai berikut,

Upper Specification Line (USL) = 90

Lower Specification Line (LSL) = 30

Sehingga indeks proses kapabilitas berbasis *fuzzy* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 15 Parameter Proses Kapabilitas *Elongation* TD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	2,1007539	2,9169815	4,4743072
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	3,1615371	4,5240438	7,114811
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	0,8607087	1,3099192	2,2155166
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	0,8607087	1,3099192	2,2155166

Berdasarkan tabel 4.15 menunjukkan proses kapabilitas *Elongation* TD cukup kapabel namun proses kapabilitas eksisting masih kurang baik karena masih berbeda jauh dengan kemampuan sesungguhnya yang ditunjukkan oleh $\tilde{C}_p(\alpha)$.

4.6.5 Proses Kapabilitas *Stiffness* MD

Pada karakteristik ini setiap subgrup telah terkendali secara statistik. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *stiffness* MD sebagai berikut,

Upper Specification Line (USL) = 180

Lower Specification Line (LSL) = 120

Sehingga indeks proses kapabilitas berbasis *fuzzy* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 16 Parameter Proses Kapabilitas *Stiffness* MD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	0,4952971	0,5410627	0,6185738
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	0,3607606	0,4288278	0,5362261
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	0,5612489	0,6532977	0,7865565
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	0,3607606	0,4288278	0,5362261

Berdasarkan tabel 4.16 menunjukkan proses kapabilitas *stiffness* MD tidak kapabel serta rata-rata proses menyimpang dari nilai targetnya. Setiap subgrup telah terkendali namun proses tidak kapabel, hal ini diduga karena keragaman pengamatan terlalu besar. Sehingga dapat disimpulkan karakteristik *stiffness* MD tidak presisi dan perlu dilakukan perbaikan

4.6.6 Proses Kapabilitas *Stiffness* TD

Karakteristik *stiffness* TD masih belum terkendali secara statistik tepatnya pada subgrup ke-5, sehingga dilakukan penanganan. Selanjutnya proses penentuan proses kapabilitasnya akan sama dengan karakteristik lainnya. Batas spesifikasi perusahaan pada karakteristik *stiffness* TD sebagai berikut,

Upper Specification Line (USL) = 300

Lower Specification Line (LSL) = 210

Sehingga indeks proses kapabilitas berbasis *fuzzy* ditunjukkan pada tabel sebagai berikut,

Tabel 4. 17 Parameter Proses Kapabilitas *Elongation* MD

Parameters	TFN		
$\tilde{C}_p(\alpha)$	0,4528585	0,4943006	0,5349672
$\tilde{C}_{pu}(\alpha)$	0,1135509	0,1509966	0,1979921
$\tilde{C}_{pl}(\alpha)$	0,7381578	0,8376046	0,9357331
$\tilde{C}_{pk}(\alpha)$	0,1135509	0,1509966	0,1979921

Berdasarkan tabel 4.17 menunjukkan proses kapabilitas *stiffness* TD tidak kapabel serta rata-rata proses menyimpang dari nilai targetnya, nilai kapabilitas buruk, diduga karakteristik tidak akurat dan tidak presisi. Sehingga sangat diperlukan penanganan atau peninjauan kembali.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Grafik kendali $\bar{X} - R$ pada karakteristik *elongation* MD, *elongation* TD, dan *stiffness* TD belum terkendali secara statistik. Terdapat subgrup yang berada diluar batas kendali.
2. Grafik kendali *fuzzy* $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ pada karakteristik *tensile strength* TD, *elongation* MD, *elongation* TD, dan *stiffness* TD belum terkendali secara statistik karena terdapat subgrup yang berada diluar batas kendali. Kemudian grafik kendali *fuzzy* lebih sesuai digunakan ketika terdapat kesamaran (pengamatan pada sisi yang berbeda) karena lebih informatif.
3. Proses kapabilitas setiap karakteristik cenderung sudah kapabel kecuali pada karakteristik *stiffness* MD dan *stiffness* TD. Kedua karakteristik memiliki kapabilitas yang rendah, diduga akibat akurasi dan presisi yang buruk sehingga perlu dilakukan perbaikan atau peninjauan kembali.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan masih ditinjau secara univariat, sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meninjau secara multivariat.
2. Pada penelitian ini juga tidak diamati penyebab kurang kapabelnya proses pada karakteristik tertentu.
3. Pada karakteristik *stiffness* MD dan *stiffness* TD ditunjukkan proses produksi tidak kapabel sehingga perlu dilakukan perbaikan atau peninjauan kembali untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi kerugian akibat kecacatan produk.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Terjemahan oleh Alex Tri Kantjono W. Jakarta: PT. Gramedia.
- Erni, & Sarjono, H. (2014). Pengendalian Kualitas Produksi Kantong Plastik Jenis HPDE Menggunakan Seven Tools of Quality pada PT. Dua Tunas Kelapa. *Bina Nusantara University*.
- Faraz, A., & Moghdam, M. B. (2007). Fuzzy Control Chart A Better Alternative for Shewhart Average Chart. *Quality & Quantity*, 41, 375-385.
- Gaglione, S., Angrisano, A., Innac, A., & Pizzo, S. D. (2019). Fuzzy Logic applied to GNSS. *Measurment*, 314-322.
- James, R. E. (2016). *An Introduction to Six Sigma and Process Improve 2nd Edition*. Boston: Cengage Learning, Inc.
- Kahraman, C. (2008). *Multi-criteria decision making methods and fuzzy sets*. In C.Kahraman (Ed.). Berlin: Springer.
- Kahraman, C., & Kaya, I. (2011). Process Capability Analyses with Fuzzy Parameters. *Expert System with Application*, 38, 11918-11927.
- Kane, V. E. (1986). Process capability indices. *Journal of Quality Technology*, 18, 41-52.
- Kotz, S., & Johnson, N. (2002). Process Capability Indices - A review 1992-2000. *Journal of Quality Tecknology*, 34, 2-19.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control, seventh Edition*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Naba, D. E. (2009). *Tutorisl Cepat dan Mudah FUZZY Logic*. Malang: Agus Naba.
- Pradini, V. R. (2016). *Penerapan Diagram Fuzzy U Pada Pengontrolan Kualitas Produk Kaca Automotive Tipe Laminated* . Surabaya: ITS.

- Senturk, S., & Erginel, N. (2009). Development of Fuzzy X-R and X-S Control charts using a-cuts. *Information Science* 179, 1542-1541.
- Septiani, H. (2018). *Pengendalian Kualitas Produksi Grey C1016 Di PT. APAC INTI CORPORA menggunakan Peta Kendali Fuzzy C*. Surabaya: ITS.
- Siracusa, V., & Ingraio, C. (2017). Correlation amongst gas barrier behavior, temperatur and thickness in BOPP film for food packaging usage. *Polymer Testing* 59, 277-289.
- Swanson, R. C. (1995). *The Quality Improvement Handbook: Team Guide to Tools and Techniques*. United States of America: CRC PRESS.
- Tinambunan, A. P. (2017). Pengendalian Kualitas Produk PT Megah Plastik. *Laporan Penelitian*, 2.
- Tsai, C. C., & Chen, C. C. (2006). Making decision to evaluate process capability indices C_p with fuzzy number. *International journal of Advance Manufacturing Technology*, 30, 334-339.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika*. Terjemahan oleh Ir. Bambang Sumantri. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pusaka Utama.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-359.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Karakteristik Kualitas BOPP

No	Tensile Strength MD			Tensile Strength TD			Elongation MD			Elongation TD			Stiffness MD			Stiffness TD		
	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L
1	13.7	13.7	13.0	33.4	32.2	29.8	157.8	157.1	152.4	42.4	45.4	41.5	156.6	145.5	142.6	308.5	298.4	284.7
2	13.9	14.4	14.0	30.2	32.5	32.5	161.5	158.7	168.7	37.1	45.7	40.9	151.3	154.1	145.7	277.0	267.6	267
3	13.4	13.1	13.0	31.4	29.9	28.6	178.8	170.0	156.8	49.7	43.0	38.1	153.1	142.2	123.9	254.2	263.7	247.7
4	14.1	14.3	13.3	32.0	32.3	30.8	162.1	161.8	154.8	46.1	48.3	42.5	170.9	190.0	180.9	273.6	303.8	305.7
5	13.3	14.0	14.0	28.9	31.6	29.6	168.2	166.5	175.6	38.2	48.3	41.7	150.2	163.3	160.4	268.4	296.4	261.4
6	13.0	12.8	13.0	30.7	30.0	31.6	165.5	157.8	163.7	47.6	41.5	42.2	138.8	147.1	155.6	225.8	227.7	268
7	12.8	12.6	12.3	30.4	32.2	33.2	151.3	162.9	156.1	40.6	46.4	47.7	154.2	133.8	139.5	264.3	273.3	279.9
8	14.7	14.1	13.7	33.0	33.2	30.8	170.8	160.5	158.6	43.5	49.2	39.2	151.7	167.4	162.9	250.5	278.9	272.5
9	13.7	13.3	13.9	33.5	34.0	30.8	165.5	148.9	163.0	46.9	45.8	46.2	167.8	173.2	173.1	258.9	276.5	279.9
10	12.5	12.6	12.0	31.7	31.1	27.3	147.1	146.3	162.4	43.9	44.6	42.7	146.0	136.1	129.7	280.5	280.6	246.7
11	13.7	13.1	13.1	32.4	32.3	31.0	166.6	177.2	161.4	48.7	54.9	44.5	181.2	179.6	176.5	329.0	319.2	322.2
12	14.4	13.7	13.5	33.5	31.4	31.8	175.7	160.8	171.0	49.6	47.4	47.1	172.3	174.2	167.6	322.1	308.7	303.5
13	12.6	12.4	12.6	29.1	30.2	29.9	160.3	153.8	160.2	37.2	39.4	37.7	126.8	147.6	146.5	300.5	304.7	292.9
14	12.7	12.1	12.3	29.6	29.3	30.8	176.1	162.8	171.7	44.0	35.1	41.4	140.7	138.4	140.4	284.3	307.9	288.4

15	13.3	13.0	12.7	31.5	30.1	30.1	169.0	173.1	163.1	46.0	46.8	45.0	177.8	154.1	172.6	319.6	304.2	281.9
16	13.1	13.5	13.4	32.2	33.6	29.3	177.8	193.7	188.9	47.7	54.3	42.4	137.9	124.0	139.5	250.1	270.5	241.5
17	12.1	12.5	11.8	32.2	30.2	28.6	154.6	158.0	164.5	46.1	39.0	33.0	149.7	126.6	131.5	213.4	215.2	226.2
18	12.1	12.5	11.8	32.2	30.2	28.6	154.6	158.0	164.5	46.1	39.0	33.0	149.7	126.6	131.5	213.4	215.2	226.2
19	12.8	13.4	12.9	32.0	28.7	28.5	158.9	161.9	159.2	44.0	33.5	32.5	135.4	138.1	142.9	231.0	250.9	248.9
20	12.3	12.7	12.7	31.0	30.2	30.5	155.6	168.0	175.7	37.5	45.4	39.4	140.9	148.6	157.5	266.9	263.6	280.9
21	13.8	13.4	12.5	29.6	33.1	31.7	168.1	163.7	157.8	42.3	51.2	41.2	171.1	168.6	162.2	289.1	308.3	301.3
22	13.6	13.6	13.2	31.4	32.3	32.0	166.9	167.9	173.0	42.9	47.6	47.2	171.0	167.6	160.4	315.4	299.6	298.9
23	13.3	13.0	12.7	30.0	29.9	29.8	154.6	163.9	155.4	48.6	44.9	45.2	174.1	172.9	169.8	248.8	269.8	261.6
24	14.5	15.1	14.5	33.0	32.1	32.7	144.5	162.5	151.5	44.7	40.5	40.6	192.4	193.0	193.6	257.2	297.9	292.8
25	13.2	12.6	12.6	27.4	29.8	33.0	174.3	164.7	174.8	42.9	46.1	48.6	152.6	144.6	139.0	267.6	277.8	269.4
26	12.5	13.3	13.1	31.4	32.2	29.1	169.0	179.3	183.8	45.3	49.4	40.3	145.3	153.1	158.8	305.6	297.3	282.2
27	11.8	12.3	12.1	28.0	25.9	29.7	152.1	167.0	167.0	41.5	31.9	43.8	121.6	125.0	133.8	219.0	230.7	233.5
28	12.7	12.1	12.3	30.6	30.3	27.5	165.2	160.2	148.7	40.3	39.2	35.3	124.2	146.7	153.4	244.5	259.6	265.1
29	13.3	13.5	12.5	31.1	32.1	30.1	170.7	173.8	166.2	43.3	44.7	37.5	197.8	195.7	182.1	357.5	364.4	359.7
30	12.5	12.6	12.5	31.2	31.3	28.4	159.7	170.8	170.1	44.7	45.2	40.6	173.0	152.9	166.6	296.9	289.2	302.6
31	12.3	12.5	12.2	31.7	31.8	30.0	161.7	164.6	163.2	43.1	44.2	38.5	146.4	151.8	153.6	323.4	326.2	326.7
32	13.1	11.9	12.1	29.8	29.1	29.9	160.3	141.6	145.6	43.8	43.1	43.5	129.5	142.1	131.7	232.8	234.5	224.7

33	14.1	13.8	13.6	28.4	29.8	30.4	180.1	174.1	180.2	40.1	49.1	46.1	165.9	166.5	165.8	291.1	287.5	293.1
34	13.6	14.2	13.9	31.7	32.3	32.3	164.7	173.3	173.7	40.8	44.6	44.1	192.0	175.7	169.1	357.1	359.3	361.2
35	12.8	13.7	13.1	27.4	30.6	26.9	162.4	181.8	176.8	32.5	42.3	31.8	164.2	160.9	177.8	293.9	318.0	320.8
36	13.1	13.2	13.0	34.0	31.1	28.7	165.2	172.5	169.6	40.9	42.7	36.5	183.3	185.0	183.6	342.4	337.4	344.3
37	12.9	13.3	12.5	31.0	32.6	32.1	164.1	166.6	153.1	37.0	41.5	39.4	136.7	139.6	146.1	292.8	293.7	303.1
38	12.7	12.5	12.7	29.6	27.9	27.9	161.8	166.5	168.5	46.2	38.4	36.4	132.2	132.9	136.6	244.3	243.5	254.6
39	13.9	12.8	13.0	29.9	30.9	32.7	178.0	164.4	178.2	37.3	37.7	43.8	173.2	166.9	157.2	327.9	331.6	331.2
40	12.8	13.2	12.8	31.1	31.4	30.5	173.0	178.1	173.3	45.3	44.0	44.8	160.3	152.1	165.2	285.4	297.1	301.1
41	11.8	12.5	12.7	30.3	29.5	29.9	154.4	169.9	169.4	41.9	40.9	43.7	130.4	124.1	128.1	232.9	231.5	221.5
42	13.4	13.0	12.9	28.9	29.2	31.0	175.6	166.7	168.9	38.7	42.2	44.6	173.7	163.3	158.7	298.2	301.7	300.1
43	13.5	12.9	12.9	31.4	30.1	30.8	177.4	168.3	174.0	48.7	42.3	44.8	157.0	157.8	147.3	293.4	278.6	295.6
44	13.6	12.7	13.8	29.6	30.0	30.4	162.0	154.3	181.7	39.1	39.3	38.7	187.6	187.1	168.3	323.1	323.9	329.3
45	14.0	13.3	12.4	28.6	32.7	30.4	163.5	150.2	145.7	33.4	46.9	36.6	173.3	172.6	167.3	308.4	282.7	284.9
46	14.0	14.1	13.9	30.4	31.5	29.5	175.6	170.6	168.9	39.5	45.4	34.9	147.1	146.2	148.1	258.5	260.2	259
47	12.9	13.5	13.9	28.5	29.4	30.5	162.0	169.1	183.8	38.2	43.1	49.3	167.2	181.9	179.1	312.8	308.1	309.7
48	13.1	12.9	12.1	28.9	30.7	31.7	161.2	157.2	158.8	45.4	50.4	46.9	131.7	124.8	121.6	250.7	258.9	264.4
49	14.4	14.6	14.1	30.3	28.7	32.5	192.0	204.3	200.3	59.3	53.4	55.8	176.8	178.5	179.3	295.3	292.1	267
50	12.8	12.5	12.5	26.5	27.3	27.6	183.1	183.4	185.4	41.7	42.6	39.4	128.6	130.2	145.0	229.8	234.5	234

51	13.0	13.9	13.7	31.4	31.0	31.6	169.8	198.9	188.0	49.6	53.8	52.5	160.3	145.3	165.3	261.2	247.3	263.2
52	14.2	14.1	13.5	31.3	32.1	31.2	180.1	186.9	192.4	53.6	53.3	53.6	168.5	162.3	150.8	281.7	281.7	285.1
53	12.7	12.7	12.9	32.1	32.6	32.6	168.4	173.5	167.2	43.1	47.1	44.5	177.2	174.2	174.8	306.2	290.1	291.6
54	13.5	14.1	13.6	33.0	34.1	32.1	193.2	197.6	195.6	55.6	61.6	50.2	142.2	150.3	143.7	277.2	270.8	265.5
55	12.3	12.7	11.8	27.6	30.6	31.6	154.4	172.5	159.3	47.0	48.5	52.2	188.1	165.4	129.6	242.2	260.7	253.9
56	12.3	12.1	12.3	29.2	30.8	31.8	177.3	163.1	166.0	51.3	54.0	52.2	137.3	126.7	135.5	237.5	251.2	248.3
57	11.9	11.9	11.6	29.8	30.7	30.3	154.8	170.2	152.3	50.4	54.1	51.7	129.8	132.1	124.5	246.6	241.7	230.3
58	14.1	13.8	14.0	31.7	31.1	31.4	214.2	203.8	214.0	58.3	55.5	57.3	167.8	181.0	170.5	300.1	290.5	295.4
59	13.8	13.4	13.1	30.1	31.1	33.2	151.0	150.2	153.1	44.0	52.4	47.3	185.3	174.8	180.3	303.4	277.3	312.3
60	12.4	13.0	11.8	31.0	30.4	28.4	186.2	177.9	175.0	50.5	49.1	44.7	130.0	126.8	130.7	275.2	275.9	268.7
61	13.5	13.6	13.4	33.0	30.6	30.5	149.8	145.6	144.9	46.6	40.5	37.2	172.0	169.8	174.4	323.0	305.1	300.1
62	14.0	14.1	14.0	32.8	31.8	29.8	186.2	176.4	178.1	48.3	43.6	48.8	183.5	187.6	185.6	339.9	336.2	332.7
63	13.0	12.2	13.1	30.8	30.6	32.1	180.8	155.9	181.9	54.6	46.2	48.8	154.1	157.7	161.0	291.3	284.4	277.6
64	12.0	11.7	11.7	30.2	31.5	30.9	181.3	157.1	150.3	44.6	51.5	50.3	124.6	124.7	127.7	241.6	240.4	229.4
65	12.9	12.9	12.7	34.1	34.1	30.8	181.3	166.1	183.2	47.4	50.4	40.3	126.7	131.3	123.2	267.5	258.8	266.8
66	12.6	13.1	12.4	32.9	31.0	32.4	184.0	183.5	177.9	51.7	42.3	45.2	156.6	153.6	157.2	315.3	321.4	316.2
67	12.9	12.7	12.7	32.4	33.1	32.1	164.3	160.5	171.0	45.2	53.0	39.9	152.0	142.6	139.5	281.5	275.6	279
68	13.8	14.0	13.3	34.0	35.3	32.5	170.8	166.0	165.2	43.4	50.6	36.8	154.8	152.8	161.5	286.6	285.5	285.1

69	12.8	12.7	13.0	32.5	32.7	29.6	173.9	167.4	171.6	45.7	48.4	36.4	142.2	137.7	149.7	271.1	276.4	295.7
70	13.1	13.5	12.9	27.6	32.6	32.3	186.0	189.5	187.3	64.3	50.9	50.6	148.0	146.4	147.1	282.1	279.8	294.2
71	13.8	14.3	13.3	31.7	34.0	31.9	158.6	160.8	150.6	38.8	46.3	42.9	170.0	179.1	181.3	315.4	325.4	317.1
72	13.1	13.2	12.9	31.5	33.6	32.4	178.8	175.2	175.2	49.0	50.2	45.7	164.8	164.3	164.0	298.9	295.6	301.9
73	13.2	13.5	13.0	30.8	33.2	30.2	182.8	180.5	186.3	41.9	49.8	39.9	160.4	165.7	158.3	292.7	293.4	297.3
74	12.9	12.8	12.6	34.2	31.4	32.2	165.9	166.1	168.3	47.2	43.3	44.0	181.7	174.6	173.0	329.1	324.5	333.9
75	12.8	12.7	12.4	33.1	30.4	30.2	146.9	142.0	148.0	43.6	36.2	33.6	163.8	158.0	158.9	280.1	275.1	289.1
76	13.3	13.7	12.1	34.2	31.8	28.7	168.8	171.5	156.7	49.6	43.4	32.9	161.0	167.1	156.6	309.2	303.1	306.8

Lampiran 2 Syntax Grafik Kendali Fuzzy

```
library(plotly)
##Tensile MD##
Sample.Mean = read.csv("D://data.csv",sep=';', header = TRUE)
Sample=cbind(1:nrow(Sample.Mean))
Data=data.frame(Sample,Sample.Mean$Value,Sample.Mean$UCL,Sample.Mean$LCL,Sample.Mean$CL)
colnames(Data)=c("Sample","Sample.Mean","UCL","LCL","CL")
plot_ly(Data,x= ~Sample) %>%
  add_lines(y= ~Sample.Mean,color=I("red"),name =
"Pengamatan") %>%
  add_markers(y= ~Sample.Mean,color=I("red"),name = "Titik
Pengamatan") %>%
  add_lines(y=~UCL,name="UCL=13.979",
color=I("darkblue")) %>%
  add_lines(y=~CL,name="CL=13.078", color=I("darkgreen"))
%>%
  add_lines(y=~LCL,name="LCL=12.177", color=I("darkblue"))

##
Sample.Range = read.csv("D://tensileMDR.csv",sep=';', header =
TRUE)
Sample=cbind(1:nrow(Sample.Range))
Data=data.frame(Sample,Sample.Range$Value,Sample.Range$UCL,Sample.Range$LCL,Sample.Range$CL)
colnames(Data)=c("Sample","Sample.Range","UCL","LCL","CL")
plot_ly(Data,x= ~Sample) %>%
  add_lines(y= ~Sample.Range,color=I("red"),name =
"Pengamatan") %>%
  add_markers(y= ~Sample.Range,color=I("red"),name = "Titik
Pengamatan") %>%
  add_lines(y=~UCL,name="UCL=2.820", color=I("darkblue"))
%>%
  add_lines(y=~CL,name="CL=1.236", color=I("darkgreen"))
%>%
  add_lines(y=~LCL,name="LCL=0", color=I("darkblue"))

##Tensile TD##
Sample.Mean = read.csv("D://tensileTD.csv",sep=';', header = TRUE)
```

```

Sample=cbind(1:nrow(Sample.Mean))
Data=data.frame(Sample,Sample.Mean$Value,Sample.Mean$UCL,Sample.Mean$LCL,Sample.Mean$CL)
colnames(Data)=c("Sample","Sample.Mean","UCL","LCL","CL")
plot_ly(Data,x= ~Sample) %>%
  add_lines(y= ~Sample.Mean,color=I("red"),name =
"Pengamatan") %>%
  add_markers(y= ~Sample.Mean,color=I("red"),name = "Titik
Pengamatan") %>%
  add_lines(y=~UCL,name="UCL=32.751",
color=I("darkblue")) %>%
  add_lines(y=~CL,name="CL=30.970", color=I("darkgreen"))
%>%
  add_lines(y=~LCL,name="LCL=29.188", color=I("darkblue"))
##
Sample.Range = read.csv("D://tensileTDR.csv",sep=';', header = TRUE)
Sample=cbind(1:nrow(Sample.Range))
Data=data.frame(Sample,Sample.Range$Value,Sample.Range$UCL,Sample.Range$LCL,Sample.Range$CL)
colnames(Data)=c("Sample","Sample.Range","UCL","LCL","CL")
plot_ly(Data,x= ~Sample) %>%
  add_lines(y= ~Sample.Range,color=I("red"),name =
"Pengamatan") %>%
  add_markers(y= ~Sample.Range,color=I("red"),name = "Titik
Pengamatan") %>%
  add_lines(y=~UCL,name="UCL=5.577", color=I("darkblue"))
%>%
  add_lines(y=~CL,name="CL=2.443", color=I("darkgreen"))
%>%
  add_lines(y=~LCL,name="LCL=0", color=I("darkblue"))

```


Lampiran 3. Surat Izin Penggunaan Data

	PT. TRIAS SENTOSA, Tbk HEAD OFFICE / KIRAN PLANT Desa Kebonsari, Km 26 Klaten, Sidoarjo 61262 - Indonesia Phone : (02-31) 8975425, Fax : (02-31) 8972998 WAFU PLANT J. Raya Wiro 1 B. Wiro, Sidoarjo 61258 - Indonesia Phone : (02-31) 8533125, Fax : (02-31) 8534116	JAKARTA OFFICE Astria Business Park J. Yos Sudarso Kav. 05 Slak AD1-07, Lantai 6, Sudler Jakarta Utara 14200 - Indonesia Phone : (021) 26615670 (hunting) Fax : (021) 26615660	   
No.	: 144/HRD/V/2019	Sidoarjo, 27 Mei 2019	
Kepada	: Yth. Kepala Departemen Statistika ITS SURABAYA		
Perihal	: Ijin Memperoleh Data		
Dengan hormat, Menanggapi surat permohonan No. 15677/IT2.VI.9.2/TU.00.09/2019 tanggal 21 Februari 2019, tentang permohonan "ijin memperoleh data untuk tugas akhir" bagi mahasiswa sebagai berikut :			
Nama	: Gunawan Tanjung		
NIM	: 0621154000092 (1315 100 092)		
Jurusan	: S1 - Statistika		
Dengan mempertimbangkan peningkatan dan kesiapan kelulusan sekolah / perguruan tinggi dalam memasuki lapangan kerja, serta area kerja yang akan menjadi terapan ilmu yang diperolehnya, maka dengan ini, Kami menyetujui permohonan tersebut yang pelaksanaan penelitiannya dijadwalkan pada Februari 2019 sampai dengan Juni 2019.			
Demikian tanggapan kami atas permohonan Bapak / Ibu, atas perhatian dan kerjasamanya.			
Sidoarjo, 27 Mei 2019			
 Dedy Herdimulya HRD			

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Gunawan Tanjung lahir di Kota Makassar, Sulawesi Selatan pada tanggal 29 Mei 1996. Penulis merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis bermula pada tahun 2003-2009 yang ditempuh di SDIT Al-Biruni Makassar, pada tahun 2009-2012 penulis masuk ke SMPIT Al-Biruni

Makassar dan dilanjutkan pada tahun 2012-2014 di SMAIT Abu-Bakar Yogyakarta. Penulis kemudian diterima sebagai mahasiswa di Departemen Statistika ITS melalui jalur SBMPTN pada tahun 2015. Selama menempuh pendidikan di bangku perguruan tinggi, penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan ITS mulai dari tingkat Departemen yaitu di Litbang HIMASTA-ITS yang berawal dengan menjadi staff ahli kemudian juga pada tingkat Fakultas yaitu Litbang BEMF MIPA-ITS dengan menjadi staff dan yang terakhir pada tingkat Nasional yaitu IHMSI wilayah IV dengan menjadi Ketua Bidang Pengembangan Organisasi. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan salah satunya yaitu menjadi panitia ISCO 2016/2017, PRS 2017/2018, dan SAILOR 2018, kemudian penulis pernah mengikuti Musyawarah Nasional IHMSI 2016 dan Musyawarah Kerja Nasional IHMSI 2017. Berkaitan dengan adanya Tugas Akhir ini, apabila terdapat hal-hal yang dapat didiskusikan baik berupa kritik dan saran dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* yaitu gunawantanjum@gmail.com.