



TUGAS AKHIR -SS141501

PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA PENGENDALIAN KUALITAS *COATING THICKNESS* DI PT. INDAL STEEL PIPE

ALFANI HUSNA AHLISA
NRP 1311 100 089

Dosen Pembimbing
Drs. Haryono, M.Sc

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



TUGAS AKHIR -SS141501

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA
PENGENDALIAN KUALITAS *COATING THICKNESS* DI
PT. INDAL STEEL PIPE**

ALFANI HUSNA AHLISA
NRP 1311 100 089

Dosen Pembimbing
Drs. Haryono , M.Sc

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



FINAL PROJECT- SS141501

***COATING THICKNESS* PROCESS CONTROL IN PT.
INDAL STEEL PIPE BY USING *FUZZY U* CONTROL
CHART**

ALFANI HUSNA AHLISA
NRP 1311 100 089

Supervisor
Drs. Haryono, M.Sc

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA
PENGENDALIAN KUALITAS *COATING THICKNESS*
DI PT. INDAL STEEL PIPE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

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

Oleh :

ALFANI HUSNA AHLISA
NRP. 1311 100 089

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Haryono, M.Sc
NIP. 19520919 197901 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

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

SURABAYA, JULI 2015

***PENERAPAN DIAGRAM KONTROL FUZZY U PADA
PENGENDALIAN KUALITAS COATING THICKNESS DI PT.
INDAL STEEL PIPE***

Nama : Alfani Husna Ahlisa
NRP : 1311100089
Jurusan : Statistika FMIPA – ITS
Dosen Pembimbing : Drs. Haryono , M.Sc

Abstrak

Salah satu kunci utama agar sebuah industri baik di bidang produk maupun jasa adalah kualitas. Proses produksi memegang peranan penting untuk mencapai kualitas yang baik dan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pelanggan. PT. Indal Steel Pipe yang bergerak di bidang pelapisan pipa baja juga sangat memperhatikan kualitasnya. Di PT. ISP karakteristik kualitas yang sangat vital untuk dijaga kualitasnya yaitu tebal lapisan pipa. Selama ini tebal lapisan pipa dikontrol melalui batas spesifikasi dan pengecekan secara visual saja. Pengecekan dilakukan dengan mengukur tebal lapisan di beberapa titik pada pipa dan didapatkan hasil yang berbeda-beda setiap titiknya. Adanya level ketidakpastian dalam pengecekan setiap titik dari tebal lapisan pipa menyebabkan hasil yang kurang tepat apabila digunakan diagram kontrol biasa. Logika fuzzy mampu mengatasi hal tersebut yaitu mentolerir data-data yang tidak tepat atau samar namun hasil tetap sesuai. Dalam penelitian ini akan dilakukan penerapan diagram kontrol fuzzy u untuk pengendalian kualitas tebal lapisan pipa di PT. ISP. Didapatkan bahwa diagram kontrol fuzzy u lebih halus dalam mengendalikan kualitas dibandingkan diagram kontrol demerit yang mengikuti aturan shewart. Terdapat 6 pengamatan terindikasi “mendekati in control” sehingga dapat menjadi peringatan lebih dini bagi perusahaan dalam memperbaiki kualitasnya. Nilai α atau tingkat ketelitian perusahaan yang digunakan sebesar 0,6.

Kata Kunci : *Coating thickness, diagram kontrol fuzzy, diagram kontrol demerit, pengendalian kualitas*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

COATING THICKNESS PROCESS CONTROL IN PT. INDAL STEEL PIPE BY USING FUZZY U CONTROL CHART

Name : Alfani Husna Ahlisa
NRP : 1311100089
Department : Statistika FMIPA – ITS
Supervisor : Drs. Haryono , M.Sc

Abstract

One of the most important key in product or service industry in quality. Production process plays an important role to achieve the good quality and according to specifications that have been established by customer. PT. Indal Steel Pipe which is product in coating steel pipe must notice the quality of it's product. At ISP company the most important quality characteristic must be controlled is the coating thickness. All this time the coating thickness is controlled by using the specification limit and visual checked by quality control department. Checking was done by measurecoating thickness on some points on pipe and got the different result from each points. There were uncertainty level on this checking and will get unvalid result if used conventional control chart. Fuzzy logic could handle uncertainty data and still give valid result . In this experiment will be used fuzzy u control chart for coating thickness quality control in ISP company. And the result is fuzzy u control chart give smoother result than conventional control chart for controlling the process. There are 6 observation was indicated "rather in control" so that can become earlier warning for the company to improve the quality. The α -cut value or company's level of accuracy used by 0,6.

Keywords : *Coating thickness, Fuzzy u control chart , demerit control chart, process control.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

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

PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA PENGENDALIAN KUALITAS *COATING THICKNESS* DI PT. INDAL STEEL PIPE

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

1. Bapak Drs. Haryono, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu sabar membimbing dari awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini dan selalu memberi masukan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT dan Ibu Diaz Fitra Aksioma M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberi saran sehingga menjadikan tugas akhir ini lebih baik.
3. Dr. Muhammad Mashuri, MT. Selaku Ketua Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT. selaku Kaprodi S1 Jurusan Statistika ITS yang juga telah memberikan fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Irhamah selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahan akademik selama perkuliahan.
6. Kedua orangtua penulis, Bapak Muslih dan Ibu Juwariyah atas segala do'a, pengorbanan, motivasi yang telah diberikan serta Alif Uzayani dan Banni Arsyad selaku saudara yang telah memberikan dukungan moril selama ini.
7. Bapak Siens Harianto selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan pengarahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Teman-teman "Princess" : Due Nashrunnisa, Windy Hildayani, Arrifa Ariani Arifin yang selalu ada dalam susah dan duka selama perkuliahan.

9. Teman-teman “Gank CT” : Due, Windy, Ucup, Diah, dan Adika yang selalu berbuat gaduh dan mejadi penghibur di kala sedih, penat, serta banyak masalah.
10. Imam Hidayat yang senantiasa peduli, memberikan semangat dan bantuan serta menemani sampai terselesainya Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman yang sholeh dan sholeha : Suwarno, Yusman, Rizqi Ilman, Aul, Zul, Due, Windy, dan Ani yang selalu memberikan support dan masukan.
12. Keluarga kos Keputih 2B/27 : Wida, Isti, Resti, Nung, Rida 1, Rida 2, Anggris, Wenda, dan Ratih yang telah menjadi keluarga kedua bagi saya.
13. Teman-teman Squad PSDM : Joshua, Cicik, Mere, Firda, Eno, Bowo, Irwan, Fadhil, Pipit dan Angga yang memberi pelajaran tentang kerja keras dan kerja ikhlas
14. Teman-teman terdekat : Lia, Indry, Fika, Eyon, Whilda, Yoga Prastya, Afifa, Ima, Umi, Brilliant, Indah Tri, Dio Didik Dwi, Arif Aulia, dll yang telah memberikan semangat.
15. Teman seperjuangan Lab. Industri yang telah membantu dan memberikan motivasi agar segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Seluruh keluarga $\Sigma 20$, $\Sigma 21$, $\Sigma 22$, $\Sigma 23$, $\Sigma 24$, $\Sigma 25$ dan seluruh warga HIMASTA-ITS atas ilmu, kebersamaan dan kehangatannya.
17. Seluruh *civitas* akademika Jurusan Statistika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Diagram Kontrol Demerit.....	7
2.2 Diagram Kontrol <i>Fuzzy</i>	9
2.2.1 Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.2.2 Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	13
2.2.3 Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> berdasarkan α -cut.....	19
2.3 Diagram Pareto.....	19
2.4 Kegiatan Produksi.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data.....	23
3.2 Variabel Penelitian.....	23
3.3 Langkah Analisis.....	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Diagram Kontrol Demerit.....	29
4.1.1 Pembuatan Diagram Kontrol Demerit.....	29

4.1.2 Diagram Pareto	32
4.2 Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	33
4.2.1 Pembuatan Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	34
4.2.2 Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> berdasarkan α -cut	39
4.3 Perbandingan Diagram Kontrol.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61
BIODATA PENULIS	75

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Jenis Kecacatan pada Diagram Kontrol Demerit	7
Tabel 2.2	<i>Crispscore</i> untuk <i>Fuzzy Number</i>	16
Tabel 3.1	Struktur Pengambilan Data Penelitian.....	24
Tabel 3.2	Struktur Data untuk Analisis	25
Tabel 3.3	Kategori Kelas Cacat untuk Diagram Kontrol Demerit.....	25
Tabel 3.4	Kategori Kelas Cacat untuk Diagram Kontrol Fuzzy..	25
Tabel 4.1	Nilai β_j masing-masing Subgroup	37
Tabel 4.2	Perbandingan selisih titik terhadap batas Kontrol	47
Tabel 4.3	Perbandingan Diagram Kontrol.....	48
Tabel 4.4	Perbandingan Diagram Kontrol Demerit dan <i>Fuzzy</i> ...	52

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Kurva Segitiga.....	12
Gambar 2.2	Trapezoidal Fuzzy Number.....	13
Gambar 2.3	Posisi masing-masing Sj.....	18
Gambar 3.1	DiagramAlir penelitian.....	28
Gambar 4.1	Diagram Kontrol Demerit	31
Gambar 4.2	Diagram Pareto.....	32
Gambar 4.3	Diagram Pareto <i>Repair</i>	33
Gambar 4.4	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,3$	40
Gambar 4.5	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,4$	41
Gambar 4.6	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,5$	42
Gambar 4.7	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,6$	43
Gambar 4.8	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,7$	44
Gambar 4.9	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,8$	45
Gambar 4.10	Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i> $\alpha=0,9$	46
Gambar 4.11	Diagram Kontrol Demerit dengan batas 1σ dan 2σ	51

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Perhitungan Diagram Kontrol Demerit.....	61
Lampiran 2 Perhitungan Diagram Kontrol Pendektana <i>Fuzzy U</i> ..	65
Lampiran 3 Data Ketidaksesuaian <i>Coating Thickness</i>	70
Lampiran 4 Jumlah Ketidaksesuaian Masing-Masing Kategori....	74
Lampiran 5 Jumlah Ketidaksesuaian Pada kategori <i>Repair</i>	74

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menengarai sebagai negara komoditas tambang seperti minyak dan gas bumi yang lumayan besar, Indonesia butuh pasokan pipa baja yang besar pula. Ada kecenderungan penurunan produksi dalam perkembangannya dewasa ini. Menurut data yang dikumpulkan *Indonesia Seamless Tube* pada tahun 2011 bahwa periode 2005 hingga 2009 kapasitas produksi pipa baja di Indonesia terbilang stagnan, di angka 1.275.000 ton tiap tahunnya. Di lain sisi, angka produksi terpasang atau biasa disebut utilisasi mempunyai kecenderungan penurunan kapasitas. Secara ringkas, perkembangan konsumsi produk pipa baja domestik pada periode tersebut menunjukkan penurunan minus 9 persen tiap tahun. Bahkan, Kementerian Perindustrian menyebutkan sejak penerapan ASEAN-China (CAFTA), impor baja dari negeri Tirai Bambu itu melonjak hingga 170,8 persen. Padahal, konsumsi pipa baja di dalam negeri pada tahun ini diprediksi mencapai 825.000 ton atau tumbuh 10 persen dibandingkan dengan kebutuhan tahun lalu sekitar 750.000 ton. Hal ini menuntut para produsen pipa baja untuk lebih berhati-hati dalam prosesnya untuk menghasilkan pipa baja yang berkualitas dan tidak memakan biaya yang banyak.

PT. Indal Steel Pipe adalah perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pembuatan DSAW (*Double Submerged Arc Welding*) pipa baja perusahaan anggota Maspion Group. Selain itu, ISP juga memiliki fasilitas lengkap pelapisan pipa eksternal dan internal modern. Salah satu produk PT.ISP adalah *Three Layer Polyethylene* yaitu pipa yang terdiri dari terdiri dari tiga lapisan komponen fungsional. Sistem anti-korosi terdiri dari perpaduan performa tinggi *bonded epoxy* (FBE) diikuti dengan suatu kopolimer perekat dan lapisan luar dari *polyethylene* dengan perlindungan tahan lama. Sistem 3-LPE memberikan perlindungan pipa baik untuk jaringan pipa berdiameter kecil dan besar dengan suhu operasi yang tinggi. Tak

jarang PT. ISP juga dapat memfasilitasi pada proses *coating* saja. Ketelitian dan proses yang kapabel sangat dibutuhkan dalam sistem pengerjaan *coating* pipa baja ini. Dalam data historic proses pengerjaan *coating* pipa baja untuk proyek transmisi gas Gresik-Semarang, dalam 5 hari terdapat pada pengamatan *coating* sebanyak 173 pipa baja terdapat 12 pipa yang berstatus *repair* dan 3 pipa yang berstatus *reject*. *Repair* yang artinya adalah pipa tersebut perlu diperbaiki karena tidak memenuhi *Critical to Quality* yang ditetapkan oleh bagian *Quality Control*. Status *reject* yang artinya perlu proses *coating* ulang karena tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan oleh *customer* dan tidak memenuhi CTQ dari QC. Sehingga dapat diartikan bahwa 1,73% pipa dari proses produksi mengalami kecacatan parah sehingga harus diproses ulang. Sementara, 6,9% dari proses produksi *coating* berstatus *repair* yang tentunya akan menambah biaya produksi. Proses pengukuran *coating* dilakukan dengan mengukur karakteristik kualitasnya yaitu *thickness* (ketebalan). Ketebalan *coating* pada seluruh lapisan pipa berbeda-beda, namun harus masuk kedalam batas spesiifikasi. Penentuan status pipa yang diterima, *repair*, ataupun *reject* dalam hal ini dilakukan oleh bagian QC dengan melihat secara visual hasil *coating* dan pengukuran karakteristik kualitas tersebut. Untuk itu, adanya level ketidakpastian atau *uncertainty* dalam 1 pengukuran 1 pipa sangat menentukan apakah proses *coating* layak diterima atau tidak. Diagram kontrol statistika merupakan teknik membuat grafik statistik yang nilainya diukur berdasarkan hasil plot karakteristik kualitas tertentu. Diagram kontrol digunakan untuk mengetahui apakah proses berada dalam kendali statistik atau tidak (Montgomery, 2006). Diagram kontrol yang digunakan pada umumnya yaitu diagram kontrol *shewart*.

Fuzzy secara harfiah diartikan sebagai kabur atau samar-samar, yang dimaksud *fuzzy* secara umum adalah suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai antara 0 (nol) hingga 1 (satu), seberapa besar suatu nilai dapat bernilai benar

atau salah tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya, berbeda dengan himpunan *crisp* yang hanya memiliki nilai keanggotaan 1 (ya) atau 0 (tidak). Diagram kontrol *fuzzy* sangat sesuai digunakan untuk observasi yang menghasilkan data (informasi) yang tidak pasti, kurang jelas dan berdasarkan subjektivitas (persepsi) seseorang.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Murat Gulbay dan Cengiz Kahraman (2006) penerapan DFA (*Direct Fuzzy Approach*) pada pengontrolan kualitas berdasarkan data atribut dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa diagram kontrol *fuzzy* dengan DFA lebih sensitif dibandingkan diagram kontrol *fuzzy* dengan pendekatan transformasi, karena dengan DFA data linguistik tidak diubah menjadi nilai-nilai yang ditransformasikan dengan metode *fuzzy transformation*, sehingga tidak ada informasi yang hilang dari data tersebut. Ainy (2011) sebelumnya juga telah melakukan penelitian terhadap pengontrolan kekerasan produk rexona SL AP stick dengan diagram kontrol *fuzzy*. Berikutnya dikembangkan oleh Sugihartanti (2012). Pada penelitian tersebut dilakukan studi tentang pendekatan untuk diagram kontrol *fuzzy* yang dikenal dengan DFA (*Direct Fuzzy Approach*) serta penerapannya pada data atribut yang telah dikelompokkan menjadi beberapa kriteria. Data yang digunakan diperoleh dari PT. Iglas, berupa data atribut produksi botol tipe 513 (sting 240 ml). Dengan tipe data yang sama menggunakan DFA untuk diagram kontrol *fuzzy-p* dibandingkan dengan diagram kontrol demerit menghasilkan diagram kontrol yang lebih ketat dengan mengkategorikan kecacatan menjadi 3. Penelitian yang terbaru dilakukan oleh Darestani (2014) yaitu *Development of Fuzzy U Control Chart for Monitoring defects*. Dengan menggunakan data dari industri otomotif didapatkan bahwa dengan menggunakan trapezoidal *fuzzy number* terdapat 4 kelompok yaitu *in control*, *out of control*, *rather in control*, dan *rather ot of control* dan hasil lebih sensitive daripada penggunaan diagram kontrol *Shewart*.

Dalam penelitian di PT. ISP ini pemeriksaan parameter yang paling vital dilakukan adalah pada spesifikasi *thickness* (ketebalan) *coating* pipa di PT. ISP. Mengingat pada proses *coating* adalah proses yang paling banyak dipesan oleh beberapa customer pipa baja. Jadi sangat riskan dalam menstabilkan total *thickness* dari pipa baja 3-LPE. Proses tersebut dilakukan pada 1 joints pipa dengan 4 titik pengukuran ketebalan secara random menggunakan alat *microprocessor coating thickness gauge MiniTest 1100*. Selain itu juga akan dipertimbangkan juga pengecekan secara visual dengan menerapkan beberapa kriteria dari *coating* pipa tersebut. Dengan adanya level kecacatan maka pengendalian kualitas dilakukan dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy u*.

1.2 Rumusan Masalah

Selama ini PT. ISP hanya menggunakan batas spesifikasi dalam pengontrolan kualitasnya. Dan spesifikasi yang digunakan hanyalah batas spesifikasi bawah yaitu 2mm. Karakteristik yang diukur yaitu tebal lapisan pipa baja. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beberapa titik-titik pada pipa baja dan didapatkan hasil yang berbeda-beda setiap titiknya. Adanya level ketidakpastian dalam pengukuran tersebut, oleh sebab itu akan diterapkan logika *fuzzy* dalam diagram kontrol yang mampu mentolerir data-data yang tidak tepat dengan hasil yang tetap sesuai. Sehingga rumusan masalah yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana diagram kontrol demerit pada pengukuran *thickness coating* pipa baja 3-LPE?
2. Bagaimana penerapan *Direct Fuzzy Approach* pada pembuatan diagram kontrol *fuzzy u*?
3. Bagaimana perbandingan diagram kontrol demerit dan *fuzzy-u* pada pengukuran *thickness coating* pipa baja 3-LPE?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Membuat diagram kontrol demerit pada pengukuran *thickness coating* pipa baja 3-LPE.

2. Menganalisis penerapan *Direct Fuzzy Approach* pada pembuatan diagram kontrol *fuzzy u*.
3. Membandingkan diagram kontrol demerit dan *Direct Fuzzy Approach* pada pengukuran *thickness coating* pipa baja 3-LPE.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah hasil penelitian ini adalah:

1. Peneliti dapat menerapkan ilmu statistika yang didapatkan dalam perkuliahan ke kasus *real* di lingkungan perusahaan.
2. Perusahaan memperoleh saran/rekomendasi untuk meningkatkan kualitas produksi dengan mengetahui penyebab-penyebab variabilitas produksi.
3. Sebagai referensi penyelesaian permasalahan serupa di perusahaan lain.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan selama proyek *coating* pipa baja transmisi gas Gresik-Semarang dari PT. Pertamina Gas. *Coating* pipa yang dikur hanya jenis pipa yang berukuran panjang 12 m, diameter 711,0 mm, tebal pipa 17,50 mm, dan berat $\pm 3592,394$ kg
2. Pengambilan sample pipa *coating* hanya pada mesin PE1 dan hanya pada *shift* 1.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diagram Kontrol Demerit

Diagram kontrol statistika merupakan teknik membuat grafik statistik yang nilainya diukur berdasarkan hasil plot karakteristik kualitas tertentu. Diagra kontrol digunakan untuk mengetahui apakah proses berada dalam kendali statistik atau tidak (Montgomery, 2005). Beberapa diagram kontrol statistika yang digunakan dalam penelitian salah satunya adalah diagram kontrol demerit.

Diagram kontrol demerit digunakan apabila data atribut telah diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat kecacatan. Tidak semua jenis kecacatan yang dapat terjadi dalam sebuah produk dikategorikan menjadi kecacatan yang penting. Sebuah unit produk mempunyai jenis kecacatan yang memungkinkan untuk diklasifikasikan sebagai produk yang cacat, namun terkadang sebuah produk juga dapat dikategorikan sebagai produk tidak cacat karena memiliki beberapa cacat jenis minor. Pada kondisi seperti ini dibutuhkan metode yang mengklasifikasikan produk cacat berdasarkan tingkat keparahan dari berbagai jenis cacat dengan cara yang beralasan.

Berikut beberapa jenis tingkat kecacatan dalam penggunaan diagram kontrol demerit

Tabel 2.1 Jenis kecacatan pada diagram kontrol demerit

Kelas	Tingkat Kecacatan	Definisi
A	Sangat serius	Unit ini secara keseluruhan tidak tepat, gagal dalam pembuatan seperti cara dan tidak mudah dideteksi di lapangan, atau dapat menyebabkan luka perorangan atau kerusakan properti

Tabel 2.1 Jenis kecacatan pada diagram kontrol demerit (cont.)

Kelas	Tingkat Kecacatan	Definisi
B	Serius	Unit kemungkinan mengandung jenis kecacatan dari kelas A namun disebabkan oleh operasi yang salah atau dapat menimbulkan masalah operasi tertentu yang kurang serius, atau mengurangi <i>lifetime</i> serta menambah biaya perawatan
C	Kurang Serius	Hampir sama dengan kategori kelas B, mempunyai kerusakan dalam <i>finishing</i> , penampilan dan kualitas kerja
D	Minor	Unit ini mempunyai kecacatan yang hanya menyebabkan efek yang sangat kecil

Dalam perhitungan diagram kontrol demerit terlebih dahulu dilakukan pembobotan terhadap atribut tersebut, dan digunakan persamaan sebagai berikut

$$d_i = w_1c_1 + w_2c_2 + w_3c_3 + w_4c_4 \quad (2.1)$$

dengan w_i = bobot cacat berdasarkan kelasnya

c_i = jumlah cacat dalam tiap kelas

Jumlah demerit per subgroup adalah

$$u_i = \frac{D}{n} \quad (2.2)$$

Dengan n adalah jumlah sampel pengamatan dan $D = \sum_{i=1}^n d_i$

u_i adalah kombinasi linear dari variable random distribusi Poisson, statistik u_i dapat diplotkan dalam diagram kontrol dengan parameter sebagai berikut:

$$UCL = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u$$

$$CL = \bar{u} \quad (2.3)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u$$

dengan

$$\bar{u} = w_1\bar{u}_1 + w_2\bar{u}_2 + w_3\bar{u}_3 + w_4\bar{u}_4 \quad (2.4)$$

dan

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\frac{w_1^2\bar{u}_1 + w_2^2\bar{u}_2 + w_3^2\bar{u}_3 + w_4^2\bar{u}_4}{n}} \quad (2.5)$$

$\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3,$ dan \bar{u}_4 merepresentasikan rata-rata jumlah ketegori cacat kelas A, kelas B, kelas C, dan kelas D per unit. Nilai dari $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3,$ dan \bar{u}_4 diperoleh dari analisis data yang diambil ketika dalam proses. Nilai standard dari $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3,$ dan \bar{u}_4 juga dapat digunakan, jika ada. (Montgomery, 2005)

2.2 Diagram Kontrol *Fuzzy*

2.2.1 Logika *Fuzzy*

Menurut Lotfi A. Zadeh (1965) metode *fuzzy* diformulasikan dalam rangka mencari nilai tengah antara bilangan Aristoteles 0,0 dan 1,0. Teori himpunan *fuzzy* secara tidak langsung mengisyaratkan bahwa tidak hanya teori probabilitas saja yang mengisyaratkan adanya ketidakpastian. Namun demikian, teori himpunan *fuzzy* bukanlah merupakan pengganti dari teori probabilitas. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua kemungkinan yaitu:

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Jika pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan yaitu 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x)=0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A, demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x)=1$ berarti x menjadi anggota penuh

pada himpunan A . Terkadang kemiripan antara keanggotaan fuzzy dengan probabilitas menimbulkan keracunan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan fuzzy memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang.

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Parobaya, Tua.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

- a. Variabel fuzzy
Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh : umur, temperatur, permintaan, dsb.
- b. Himpunan fuzzy
Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy
- c. Semesta Pembicaraan
Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.
- d. Domain
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang

senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat kedekatan suatu obyek terhadap atribut tertentu, sedangkan pada teori probabilitas lebih pada penggunaan frekuensi relatif.

Keunggulannya antara lain:

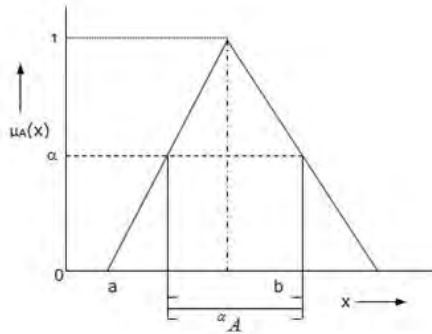
- a. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti
- b. Logika fuzzy sangat fleksibel
- c. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
- d. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
- e. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini pada umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
- f. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami. Logika fuzzy menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Terdapat beberapa fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan sendiri adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan yaitu:

1. Representasi linear
2. Representasi kurva segitiga
3. Representasi kurva trapesium
4. Representasi kurva bentuk bahu
5. Representasi kurva-S
6. Representasi Kurva bentuk lonceng

Salah satu fitur yang menarik dari logika *fuzzy* adalah logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memodelkan informasi yang mengandung ketidakjelasan melalui konsep bilangan *fuzzy*, dan dapat memproses bilangan-bilangan *fuzzy* tersebut menggunakan operasi-operasi aritmatika biasa. Bilangan *fuzzy* biasanya diekspresikan secara linguistik. Operasi yang dilakukan pada bilangan *fuzzy*, lebih banyak berupa pengolahan kata-kata daripada bentuk bilangan. (Kusumadewi,2006)

Untuk fungsi keanggotaan dari representasi bilangan fuzzy berbeda-beda setiap kurva atau untuk masing-masing representasi. Representasi bilangan fuzzy yang banyak digunakan adalah representasi kurva triangular dan trapezoidal. Representasi kurva trapezoidal disebut juga representasi kurva segitiga. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada gambar 2.1

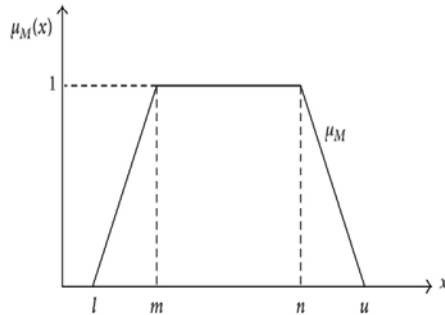


Gambar 2.1 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x - a}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{b - x}{c - b}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1, seperti ditunjukkan gambar 2.2



Gambar 2.2 Trapezoidal Fuzzy Number

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & x \geq d \end{cases}$$

(Kusumadewi,2006)

2.2.2 Diagram Kontrol *Fuzzy u*

Dalam data sering ditemukan ketidakpastian, bahkan dalam 1 produk yang dihasilkan oleh perusahaan manufaktur dapat mengalami beberapa *defects* atau cacat. Jika dalam karakteristik kualitas sangat sulit untuk direpresentasikan melalui angka maka *Attribute Control Chart* atau diagram kontrol attribute sangat berguna. Data atribut dapat diperoleh atau dikumpulkan melalui setiap proses atau bahkan transformasi dari data kontinyu. Diagram kontrol atribut dapat digunakan dalam proses manufaktur maupun non-manufaktur. Diagram kontrol *Fuzzy U* sama seperti diagram kontrol u namun menggunakan metode *fuzzy*. *Fuzzy number* dan batas atas maupun batas bawah diagram

kontrol *fuzzy* menggunakan angka *fuzzy trapezoidal* dan menggunakan pendekatan *fuzzy u*. (Darestani, 2014).

Terdapat beberapa pendekatan *fuzzy transformation* yang dikembangkan untuk diagram kontrol. Diantaranya adalah *fuzzy mode*, *fuzzy midrange*, dan *fuzzy median*. Pada tahun 2006, Gulbay mengembangkan sebuah alternatif pendekatan *fuzzy* yang lain untuk diagram kontrol yang disebut dengan DFA (*Direct Fuzzy Approach*). Pada DFA, keputusan apakah proses berada dalam keadaan terkontrol atau tidak, dibuat berdasarkan presentase daerah sampel yang berada di dalam batas kontrol.

Pada diagram kontrol \bar{u} , dengan menggunakan rata-rata *defects* per unit pada kondisi tertentu diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ CL &= \bar{u} \\ LCL &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dengan U_i adalah jumlah rata-rata *defects* per unit untuk subgroup ke- i dan \bar{u} adalah rata-rata U_i untuk sub-group sebesar m seperti ditunjukkan pada rumus berikut:

$$\begin{aligned} U_i &= \frac{C_i}{n} \\ \bar{U} &= \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Rata-rata jumlah *defects* dikategorikan dalam angka *fuzzy trapezoidal* (a, b, c, d). Jika $b=c$, maka akan menjadi angka *fuzzy triangular*:

$$U_i = (a_i, b_i, c_i, d_i)$$

Nilai tengah (\bar{CL}), adalah rata-rata dari sampel *fuzzy* ditampilkan dalam $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$, dimana rata-rata $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c},$ dan \bar{d} adalah rata-rata dari $a, b, c,$ dan d . Kemudian didapatkan:

$$\bar{U} = \left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right) \quad (2.8)$$

Dimana m adalah jumlah sampel *fuzzy*.

\bar{CL} , \bar{LCL} , \bar{UCL} direpresentasikan sebagai berikut:

$$\bar{CL} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \bar{LCL} &= \bar{CL} - 3\sqrt{\frac{\bar{CL}}{n}} = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) - 3\sqrt{\frac{(CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)}{n}} \\ &= \left(CL_1 - 3\sqrt{\frac{CL_4}{n}}, CL_2 - 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_3 - 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_4 - 3\sqrt{\frac{CL_1}{n}} \right) \quad (2.10) \\ &= LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{UCL} &= \bar{CL} + 3\sqrt{\frac{\bar{CL}}{n}} = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) + 3\sqrt{\frac{(CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)}{n}} \\ &= \left(CL_1 + 3\sqrt{\frac{CL_1}{n}}, CL_2 + 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 + 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_4 + 3\sqrt{\frac{CL_4}{n}} \right) \quad (2.11) \\ &= UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4 \end{aligned}$$

Dimana:

\bar{CL} : garis tengah

\bar{LCL} : Batas kendali bawah

\bar{UCL} : Batas kendali atas

Input *fuzzy number* menggunakan transformasi bilangan *crisps* kedalam bilangan *fuzzy*. Salah satu metode yang dilakukan Lee-Ing Tong (1997) transformasi dengan menggunakan *crispscore*. Sama seperti pembobot pada diagram kontrol demerit, *crispscore* juga memboboti setiap kategori cacat dengan skala tingkat keparahan dan jumlah kategori cacat. Berikut tabel *crispscore* untuk nilai *fuzzy* yang digunakan.

Tabel 2.2 *Crispscore* untuk *fuzzy number*

	1	2	3	4	5	6	7	8
Extremely high								0,954
Very high			0,909		0,917	0,909	0,917	0,864
High-very high							0,875	0,701
High	0,750	0,833	0,717	0,885	0,750	0,733	0,750	0,667
Fairly high				0,700	0,584		0,63	
Mol high						0,637		0,590
Medium	0,583	0,500	0,500	0,500		0,500	0,500	0,500
Mol low						0,363		0,410
Fair low				0,300	0,416		0,370	
Low		0,166	0,283	0,115	0,250	0,227	0,250	0,333
Very-very low							0,125	0,299
Very low			0,091		0,083	0,091	0,083	0,136
None								0,046

Mode fuzzy pada set *fuzzy* (f_{mod}) adalah nilai dari variabel dasar, x , dimana nilai anggotanya sama dengan 1 (Gulbay dan Kahraman, 2006)

Secara berkesinambungan dengan definisi batas kontrol *fuzzy mode*, \overline{CL} , LCL , UCL , didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$f_{\text{mod},j} = [b_j, c_j]$$

$$CL_{\text{mod}} = f_{\text{mod}}(\overline{CL}) = [CL_2, CL_3] \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} LCL_{\text{mod}} &= CL_{\text{mod}} + 3\sqrt{\frac{CL_{\text{mod}}}{n}} \\ &= \left[\left(CL_2 + 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}} \right), \left(CL_3 + 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}} \right) \right] = [UCL_2, UCL_3] \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} UCL_{\text{mod}} &= CL_{\text{mod}} - 3\sqrt{\frac{CL_{\text{mod}}}{n}} \\ &= \left[\left(CL_2 - 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}} \right), \left(CL_3 - 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}} \right) \right] = [UCL_2, UCL_3] \end{aligned} \quad (2.14)$$

Setelah perhitungan batas kontrol, sampel dari *fuzzy* ($S_{mod,j}$) dari j dibandingkan dengan batas kendali dimana keputusan akan dibuat dalam bentuk *in control* maupun *out control*. Jika dalam set $S_{mod,j}$ dapat terlingkupi dalam batas kontrol, kemudian sampel j dapat dikatakan *in control* dan sampel dalam *fuzzy mod* secara keseluruhan *out of control* atau mendekati *out of control*.

Alternatifnya, untuk sampel yang berada di dalam *fuzzy mode*, termasuk ke dalam batas kontrol, persentase (β_j) dalam set masuk ke dalam batas kontrol *fuzzy* dapat dibandingkan dengan presentase yang diterima (β) dan diputuskan sebagai mendekati *in control* jika $\beta_j \geq \beta$ atau mendekati *out control* jika $\beta_j < \beta$ (Gulbay dan Kahraman, 2006)

$$\beta_j = \begin{cases} 0 & \text{untuk } b_j \geq UCL_3 \\ \frac{UCL_3 - \beta_j}{c_j - b_j} & \text{untuk } (LCL_2 < b_j < UCL_3) \wedge (c_j > UCL_3) \\ 1 & \text{untuk } (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3) \\ \frac{UCL_3 - \beta_j}{c_j - b_j} & \text{untuk } (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 < c_j < UCL_3) \\ 0 & \text{untuk } c_j \leq LCL_2 \end{cases} \quad (2.15)$$

Beberapa *rule* atau aturan *fuzzy* untuk diagram kontrol U, Nelson (1985) mengusulkan beberapa aturan sebagai berikut:

1. Terdapat satu atau lebih titik diluar batas kontrol.
2. Terdapat sembilan titik berurutan pada sisi yang sama dari garis tengah
3. Enam titik dalam satu baris, stabil naik atau menurun
4. 14 titik semakin menaik atau menurun.

Keputusan yang akan diambil adalah sebagai berikut:

$$\beta_j = \begin{cases} \text{in control untuk } \beta_j = 1 (b_j > LCL_2 \wedge c_j < UCL_3) \\ \text{out of control untuk } \beta_j = 0 (b_j \geq UCL_3 \vee c_j < LCL_2) \\ \text{mendekati in control untuk } \beta_j \geq \beta \\ \text{mendekati out of control untuk } \beta_j < \beta \end{cases} \quad (2.16)$$

Kemudian didapatkan kesimpulan bahwa:

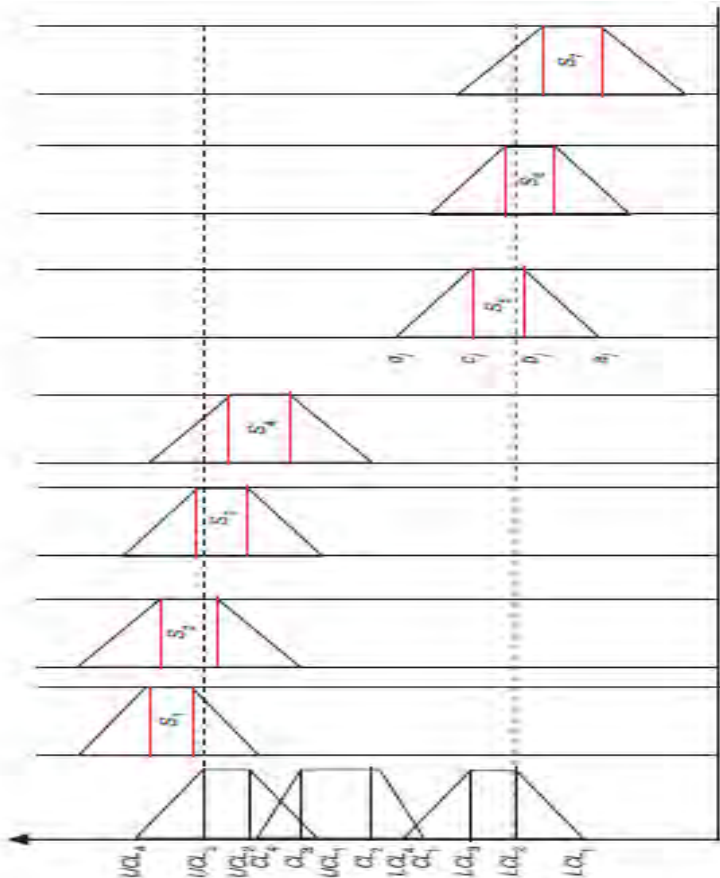
S_1, S_7 : 'out of control'

S_2, S_6 : 'mendekati out of control'

S_3, S_5 : 'mendekati in control'

S_4 : 'in control'

Berikut daerah S_j yang dapat digambarkan dengan batas atas dan batas bawah masing masing kategori cacat. (Gulbay dan Kahraman, 2006)



Gambar 2.3 Posisi masing masing S_j

2.2.3 Diagram Kontrol *Fuzzy u* berdasarkan nilai α -cut

Dalam diagram kontrol *fuzzy* untuk proses *defuzzyfikasi* menggunakan titik potong α level, didapatkan rumus:

$$f_{mr}^{\alpha} = \frac{1}{2}(a^{\alpha} + d^{\alpha}) \quad (2.17)$$

(Darestani,2014)

Sehingga didapatkan nilai a^{α} dan d^{α} ditentukan sebagai berikut:

$$a^{\alpha} = a + \alpha(b - a) \quad (2.18)$$

$$d^{\alpha} = d + \alpha(d - a) \quad (2.19)$$

Sehingga akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\overline{CL^{\alpha}} = \left[\overline{a^{\alpha}}, \overline{b}, \overline{c}, \overline{d^{\alpha}} \right] = \left(CL_1^{\alpha}, CL_2, CL_3, CL_4^{\alpha} \right) \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} \overline{LCL^{\alpha}} &= \overline{CL} - 3\sqrt{\frac{CL^{\alpha}}{n}} = (CL_1^{\alpha}, CL_2, CL_3, CL_4^{\alpha}) - 3\sqrt{\frac{(CL_1^{\alpha}, CL_2, CL_3, CL_4^{\alpha})}{n}} \\ &= (CL_1 - 3\sqrt{\frac{CL_4^{\alpha}}{n}}, CL_2 - 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_3 - 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_4 - 3\sqrt{\frac{CL_1^{\alpha}}{n}}) \quad (2.21) \\ &= LCL_1^{\alpha}, LCL_2, LCL_3, LCL_4^{\alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{UCL^{\alpha}} &= \overline{CL} + 3\sqrt{\frac{CL^{\alpha}}{n}} = (CL_1^{\alpha}, CL_2, CL_3, CL_4^{\alpha}) + 3\sqrt{\frac{(CL_1^{\alpha}, CL_2, CL_3, CL_4^{\alpha})}{n}} \\ &= (CL_1 + 3\sqrt{\frac{CL_4^{\alpha}}{n}}, CL_2 - 3\sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 - 3\sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_4 - 3\sqrt{\frac{CL_4^{\alpha}}{n}}) \quad (2.22) \\ &= UCL_1^{\alpha}, UCL_2, UCL_3, UCL_4^{\alpha} \end{aligned}$$

f_{mr}^{α} menunjukkan nilai u atau rata-rata jumlah cacat pada subgroup. Kemudian didapatkan diagram kontrol u dengan batas kontrol seperti persamaan (2.6).

2.3 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah grafik yang membuat peringkat pada hal-hal yang harus diprioritaskan, yaitu dengan memilih penyebab mana yang harus diprioritaskan terlebih dahulu. Diagram tersebut berisi presentase terbesar *defect* yang terjadi pada hasil produksi. (Ferreira,2010).

2.4 Kegiatan produksi

Proses *coating* pipa baja 3-LPE terdiri dari 3 proses yaitu *blasting*, *coating*, dan *inspection*. Langkah-langkah produksinya adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan material-material yang akan digunakan yaitu bubuk *epoxy*, *adhesive copolymer* dan *Polyethylene*. Setelah itu masing-masing bahan dicek paket dan sertifikatnya.
2. Proses *blasting* yaitu pembersihan pipa. Pipa yang datang didata terlebih dahulu dengan memberikan nomer pipa, kemudian dimasukkan ke dalam mesin *blasting* 1 per satu. Proses *blasting* ini berlangsung sekitar 10 menit. Proses *blasting* atau dikenal dengan persiapan permukaan pipa dengan kriteria-kriteria sebagai berikut:
 - a. Bebas dari kontaminasi air
 - b. Bebas dari *abrasive*
 - c. Suhu permukaan pipa antara 35-70 C.
 - d. Kelembaban pipa ($RH \leq 85\%$)
 - e. Profil permukaan (40-110 microns pada 1 titik)
 - f. Bebas kontaminasi garam ($< 2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)
 - g. Bebas dari debu (level max 2 dai ISO 8502-3)
3. Proses *aplikasi coating* yang terdiri dari 3 lapisan yaitu *epoxy*, *adhesive copolymer* dan PE. Sebelum mulai aplikasi maka pipa harus dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 45-60 C, permukaan harus kering dan bertekanan tinggi. Tebal dari ketiga lapisan tersebut sesuaikan dengan kebutuhan *customer*. Pengecekan masing-masing lapisan (*individual thickness*) dilakukan hanya pada saat pipa pertama diaplikasi dan pada pipa terakhir. Setelah itu pipa-pipa berikutnya hanya dicek *total thickness* menggunakan alat *microprocessor coating thickness gauge MiniTest 1100* yang sebelumnya lebih dulu dikalibrasi untuk menentukan titik nol.
4. Setelah melewati proses aplikasi *coating*, pipa yang *thicknessnya* kurang dari batas spesifikasi maka akan diproses *coating* ulang. Pipa-pipa yang proses *coating* nya kurang

sempurna dikategorikan *repair* maka akan diperbaiki secara manual yaitu dengan cara dilas.

5. Pipa-pipa yang telah masuk *acceptance criteria* maka akan dibawa ke divisi berikutnya yaitu internal *coating* atau proses berakhir sesuai dengan *requirements customer*.
6. Inspeksi yang terakhir yaitu *laboratory test* yang terdiri dari *flexibility test, elongation at break test, curing of epoxy*. Inspeksi ini tidak dilakukan pada setiap pipa, namun hanya pada beberapa pipa saja.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai sumber data dan variabel pengamatan yang akan digunakan, serta langkah analisis penelitian *Statistical Process Control* dengan Penggunaan Diagram Kontrol *fuzzy u* pada proses pengukuran *ThicknessCoating* produksi pipa *3-Layer Polyethylene* PT. Indal Steel Pipe.

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian kali ini merupakan data primer yaitu melalui pengukuran *total thickness* (X) pada setiap pipa yang di *coating*. Dalam 1 hari pengerjaan terdapat 2 *shift* kerja dengan masing-masing *shift* kerja terdiri atas 12 jam kerja. Masing-masing *shift* berganti operator setiap 5 jam sekali dan 1 jam istirahat. *Shift* 1 dimulai pukul 07.00-19.00 WIB. Subgroup dalam penelitian ini yaitu tiap jam yang setiap jamnya terdapat sekitar 5-6 pipa yang di proses.

Pengukuran dilakukan menggunakan alat *microprocessor coating thickness gauge MiniTest 1100*. Batas spesifikasi yang diminta dari *total thickness* adalah minimal 2,00 mm. Pipa yang diproduksi ini adalah pipa untuk proyek transmisi gas Gresik-Semarang. Pengambilan data dilakukan selama 1 minggu pada tanggal 9-14 Februari 2015 dan sebanyak 56 pipa yang diamati.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel penelitian adalah *thickness* atau ketebalan lapisan pada pipa tiap joints dalam satuan mm dan status pipa yang diperiksa oleh QC. Pada setiap pipa diukur sebanyak 4 titik pengukuran pada masing-masing 3 bagian pipa yaitu ujung depan, ujung belakang, dan tengah. Berikut struktur data yang akan diperoleh:

Tabel 3.1 Struktur Pengambilan Data Penelitian

Subgroup	Pipa ke- (n)	Part	t1	t2	t3	t4	Status pipe
1	1	E1	X ₁₁₁₁	X ₁₁₁₂	X ₁₁₁₃	X ₁₁₁₄	a/b/c
		M	X ₁₁₂₁	X ₁₁₂₂	X ₁₁₂₃	X ₁₁₂₄	
		E2	X ₁₁₃₁	X ₁₁₃₂	X ₁₁₃₃	X ₁₁₃₄	
	2	E1	X ₁₂₁₁	X ₁₂₁₂	X ₁₂₁₃	X ₁₂₁₄	a/b/c
		M	X ₁₂₂₁	X ₁₂₂₂	X ₁₂₂₃	X ₁₂₂₄	
		E2	X ₁₂₃₁	X ₁₂₃₂	X ₁₂₃₃	X ₁₂₃₄	
...
...
56	n	E1	X _{mn11}	X _{mn12}	X _{mn13}	X _{mn14}	a/b/c
		M	X _{mn21}	X _{mn22}	X _{mn23}	X _{mn24}	
		E2	X _{mn31}	X _{mn32}	X _{mn33}	X _{mn34}	

Keterangan:

E1 : ujung depan pipa

M : bagian tengah pipa

E2 : ujung belakang pipa

t1 : pengukuran random titik ke-1

t2 : pengukuran random titik ke-2

t3 : pengukuran random titik ke-3

t4 : pengukuran random titik ke-4

status kategori pipa:

a: accept

b: repair

c:reject

Dari status pipa, *repair* yang ditetapkan antara lain yaitu *wrinkle* (berkerut), *cracking* (las-las bocor), *pin hole* (lubang cekung), *bubble* (gelembung), *voit* (bocor), *watermark*, *blister* (bintik), *scratch* (gores) *peel off* (pipa mengelupas) dan *underspec*. Kemudian dihitung jumlah cacat dari masing-masing subgroup sesuai kategori jumlah cacat yang sudah ditetapkan:

Tabel 3.2 Struktur Data untuk Analisis

Subgroup (m)	a	b	c	d
1	d_{1a}	d_{1b}	d_{1c}	d_{1d}
2	d_{2a}	d_{2b}	d_{2c}	d_{2d}
3	d_{3a}	d_{3b}	d_{3c}	d_{3d}
...				
m	d_{ma}	d_{mb}	d_{mc}	d_{md}

Dengan d_{ij} merupakan jumlah cacat pipa pada subgroup ke- i dan pada kategori cacat j . Untuk diagram kontrol demerit digunakan 3 kategori cacat sesuai dengan kondisi yang ditetapkan oleh perusahaan. Untuk diagram kontrol *fuzzy* ditentukan 4 kategori cacat sesuai dengan definisi pada tabel 2.1.

Kategori kelas cacat yang ditetapkan pada diagram kontrol demerit sesuai dengan kondisi perusahaan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Kategori Kelas Cacat untuk Diagram Kontrol Demerit

Kategori cacat	Jenis Cacat
A	over spec ($>2,5\text{mm}$)
B	<i>wrinkle</i> (berkerut), <i>cracking</i> (las-las bocor), <i>pin hole</i> (lubang cekung), <i>bubble</i> (gelembung), <i>voit</i> (bocor), <i>watermark</i> , <i>blister</i> (bintik), <i>scratch</i> (gores), <i>peel off</i> (pipa mengelupas)
C	pipa reject (underspec. = $<2\text{mm}$)

Sedangkan kategori cacat untuk diagram kontrol *fuzzy u*, kategori B dibagi menjadi 2 sehingga dapat digunakan *trapezoidal fuzzy number* sebagai berikut:

Tabel 3.4 Kategori Kelas Cacat untuk Diagram Kontrol Fuzzy

Kategori cacat	Jenis Cacat
A	over spec ($>2,5\text{mm}$)
B	<i>wrinkle</i> (berkerut), <i>cracking</i> (las-las bocor), <i>pin hole</i> (lubang cekung), <i>bubble</i>

Tabel 3.4 Kategori Kelas Cacat untuk Diagram Kontrol Fuzzy (cont.)

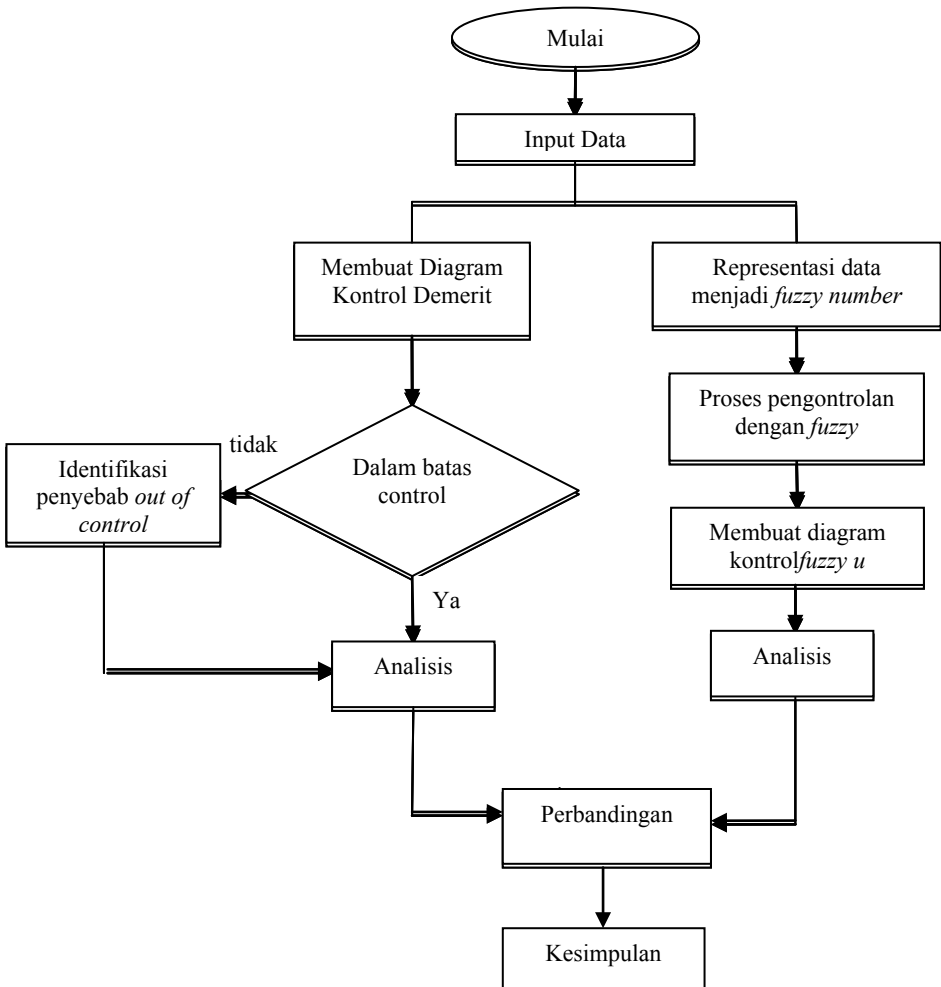
Kategori cacat	Jenis Cacat
C	<i>voit</i> (bocor), <i>watermark</i> , <i>blister</i> (bintik), <i>scratch</i> (gores), <i>peel off</i> (pipa mengelupas)
D	(underspec. = <2 mm)

3.3 Langkah Analisis

Setelah pengambilan data pada perusahaan Tahap dan langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat diagram kontrol demerit
 - a. Memberikan pembobotan pada data atribut tiap kategori cacat sesuai dengan nilai AQL yang diperoleh di MIL STD 105 E
 - b. Menghitung nilai ketidaksesuaian (kecacatan) yaitu mengalikan bobot tiap kategori dengan jumlah cacat tiap kategori sesuai dengan persamaan (2.1)
 - c. Menghitung nilai demerit setiap subgrup dengan pembobot yang telah didapat sesuai dengan persamaan(2.2)
 - d. Menghitung nilai batas kontrol atas dan batas kontrol bawah serta nilai tengah sesuai dengan persamaan (2.3)
 - e. Membuat diagram kontrol Demerit
 - f. Membuat Diagram Pareto
2. Membuat diagram kontrol *fuzzy u*
 - Pendekatan *fuzzy*
 - a. Mengidentifikasi data yang telah didapat menjadi 4 kategori cacat yang telah ditetapkan
 - b. Melakukan transformasi *fuzzy number* yaitu mengalikan *crisp score* yang sesuai dengan jumlah cacat tiap kategori
 - c. Menghitung rata-rata tiap kategori cacat *fuzzy* dengan persamaan (2.8)
 - d. Menghitung nilai batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sesuai dengan persamaan (2.10) dan (2.11)

- e. Menentukan UCL_{mod} dan LCL_{mod} sesuai persamaan (2.13) dan (2.14)
- f. Menentukan nilai β_j untuk masing-masing subgroup sesuai dengan persamaan (2.15)
- g. Menentukan status setiap pengamatan apakah *in control*, *rather in control*, *rather out of control*, dan *out of control* sesuai dengan persamaan (2.16)
 - Diagram kontrol *fuzzy u* dengan α -level
 - a. Melakukan *defuzzyfikasi* dengan *fuzzy midrange*
 - b. Menghitung nilai a^{α} dan d^{α}
 - c. Menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sesuai persamaan (2.6)
3. Perbandingan diagram kontrol demerit, *fuzzy u* dan α -cut
 - a. Perbandingan pengontrolan tiap *subgroup* pada diagram kontrol demerit dan *fuzzy u*
 - b. Perbandingan diagram kontrol demerit pada batas 1σ dan 2σ dengan *fuzzy*



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Diagram Kontrol Demerit

Diagram kontrol demerit digunakan karena pada *defect* yang didapat dalam pelapisan pipa 3-LPE dikategorikan menjadi beberapa jenis. Kategori *defect* berdasarkan pertimbangan ditentukan oleh perusahaan (PT. Indal Steel Pipe) dan ditentukan oleh keinginan konsultan perusahaan. Adapun jenis kategori dan definisi masing-masing kategori *defect* dijelaskan pada bab sebelumnya.

4.1.1 Pembuatan Diagram Kontrol Demerit

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pembobotan pada masing-masing kategori *defect*. Bobot yang didapat diperoleh dari nilai AQL (*Acceptance Quality Level*) pada tabel MIL STD 105 E dan yang digunakan adalah tabel II-B (*Tightened Inspection*) yaitu pemeriksaan yang dilakukan secara ketat karena selain dilakukan pengecekan tebal lapisan pipa 3-LPE masuk kedalam spesifikasi atau tidak, juga dilakukan pengecekan secara visual apakah terdapat kecacatan pada lapisan. Penggunaan nilai AQL karena ingin diketahui juga nilai resiko produsen dan konsumen.

Kategori atau kelas cacat yang digunakan sesuai dengan tabel 3.3 kemudian didapatkan nilai AQL pada kelas A (Minor) sebesar 0,25, kelas B (*Repair*) yaitu sebesar 0,15 dan untuk kelas C (*Reject*) yaitu sebesar 0,04. Kemudian masing-masing dihitung nilai bobotnya dengan cara :

$$\text{Kelas A} = \frac{0,25}{0,44} = 0,5681 \rightarrow \frac{1}{0,5681} = 1,76025$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai kelas B dan kelas C sebesar 2,9334 dan 11,0011. Kemudian menghitung nilai bobotnya dengan cara nilai masing-masing kelas dibagi total nilai keseluruhan dan dikali 100%. Didapatkan:

$$\text{Bobot kelas A} : \frac{1,76025}{15,69475} \times 100\% = 11,215\%$$

$$\text{Bobot kelas B} : \frac{2,9334}{15,69475} \times 100\% = 18,69\%$$

$$\text{Bobot kelas C} : \frac{11,0011}{15,69475} \times 100\% = 70,094\%$$

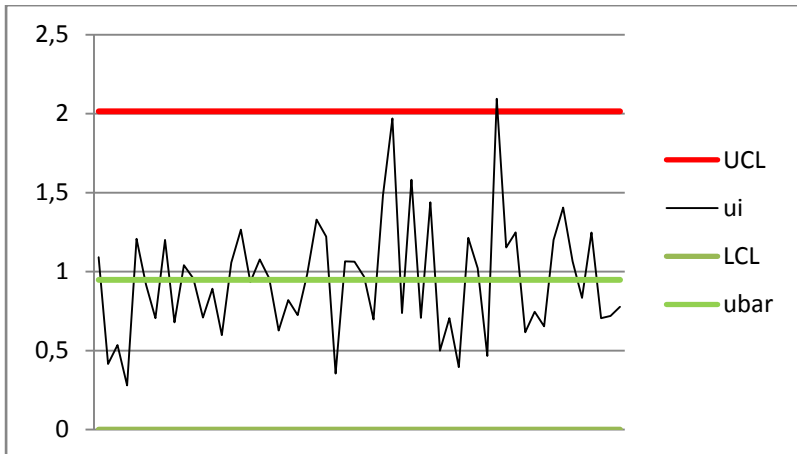
Dalam hal ini penentuan kategori kelas cacat berdasarkan kriteria yang dipertimbangkan bagian Quality Control dan Quality Assurance baik pada bagian *official* maupun yang berada di lapangan. Batas spesifikasi yang ditentukan adalah sebesar $2,25 \pm 0,05$ mm. Berdasarkan pembobotan pada tiap kelas cacat, maka diperoleh nilai \bar{u} masing-masing kategori dengan cara mengalikan bobot dengan jumlah cacat (kategori tersebut) per subgroup sesuai dengan persamaan (2.1) kemudian dirata-rata masing-masing kategori, maka didapatkan $\bar{u}_A = 3,9172$; $\bar{u}_B = 0,09678$; $\bar{u}_C = 1,4394$. Berdasarkan bobot yang sudah ditetapkan, maka jumlah keseluruhan cacat kelas terbobot $\bar{u} = 0,948096$ dan $\sigma = 0,355871$.

Nilai *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) sebagai berikut:

$$\text{UCL} = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u = 0,948096 + (3 \times 0,355871) = 2,0157$$

$$\text{LCL} = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u = 0,948096 - (3 \times 0,355871) = -0,11952 \approx 0$$

Setelah didapatkan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah kemudian dilakukan perhitungan u_i dari tiap subgroup sesuai dengan persamaan (2.2), perhitungan lengkap terdapat pada lampiran 2. Sehingga diperoleh diagram kontrol demerit untuk proses produksi lapisan pipa *3-Layer Polyethylene* sebagai berikut:



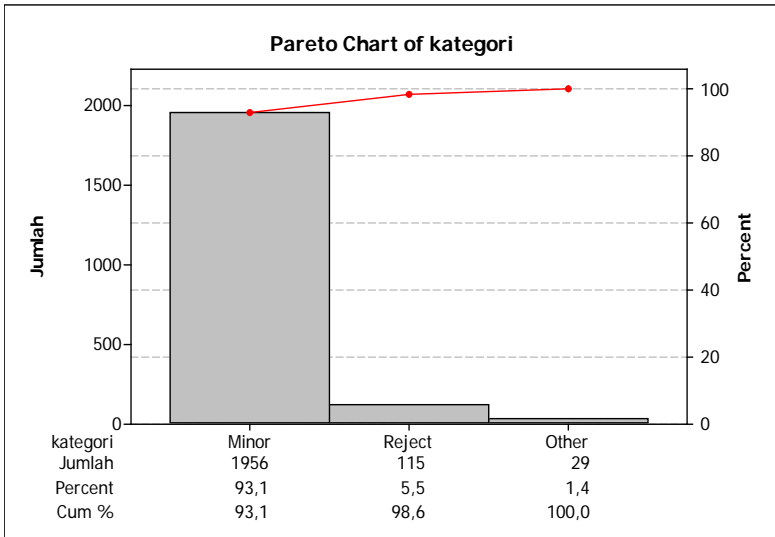
Gambar 4.1 Diagram Kontrol Demerit

Terlihat pada Gambar 4.1 didapatkan nilai *Control Limit* (CL) yang berarti nilai rata-rata demerit tiap unit produksi bernilai 0,948. Didapatkan juga nilai *Upper Control Limit* (UCL) dan nilai *Lower Control Limit* (LCL) sebesar 2,0157 dan 0. Artinya demerit tiap unit yang masih dapat ditoleransi dalam batas 3σ adalah sebesar 2,0157 dan 0 tiap unitnya.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pengontrolan karakteristik kualitas tebal lapisan pipa *3-Layer Polyethylene* dengan menggunakan diagram kontrol demerit dalam kondisi tidak terkendali, hal ini dikarenakan ditinjau dari 10 aturan *Shewart* terdapat 1 titik yang keluar dari batas kontrol yaitu titik pada pengamatan ke-43 dengan tanggal observasi yaitu tanggal 11 Februari 2015 padajam 10.26-11.26. Kemudian dilakukan identifikasi atau penyebab banyaknya pengamatan yang tidak terkendali atau keluar dari batas kontrol nantinya dengan menggunakan diagram pareto.

4.1.2 Diagram Pareto

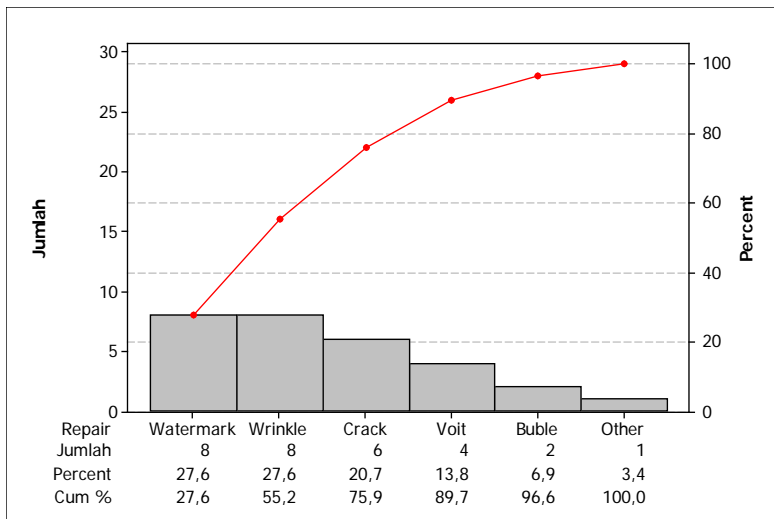
Diagram pareto mempresentasikan penyebab dan persentase ketidaksesuaian produk pada sebuah proses. Berikut ini adalah data jenis ketidaksesuaian pada pelapisan pipa 3-LPE di PT.ISP



Gambar 4.2 Diagram Pareto

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa jenis ketidaksesuaian terbanyak terjadi pada jenis kecacatan minor atau *over spec* dengan frekuensi sebesar 1956 atau sebesar 93,1%. Hal ini berarti sebesar 93,1% dari seluruh kecacatan produk berasal dari lapisan pipa 3-LPE yang tebalnya melebihi spesifikasi yang ditentukan. Kemudian untuk jumlah kecacatan kategori *reject* memiliki frekuensi sebesar 115 atau sebanyak 5,5% dari seluruh kecacatan produk dan frekuensi kecacatan kategori *repair* sebesar 29 atau sebanyak 1,4% dari seluruh kecacatan produk.

Berikut juga akan ditampilkan diagram pareto jenis *repair* pada pelapisan pipa-3 LPE



Gambar 4.3 Diagram Pareto *Repair*

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa jenis kecacatan terbanyak terjadi pada jenis *watermark* dan *wrinkle* dengan frekuensi sebesar 8 atau sebesar 27,6%. Kemudian jenis *repair Crack* dengan frekuensi sebesar 6 atau sebesar 20,7% dan jenis *repair voit* dengan frekuensi sebesar 4 atau sebesar 13,8%

Hal ini berarti sebesar 89,7% dari seluruh kecacatan produk kategori *repair* berasal dari jenis *Watermark*, *wrinkle*, *Crack*, dan *voit*. Sehingga untuk meningkatkan mutu produk lapisan pipa 3-LPE, PT. ISP harus segera menangani jenis *repair watermark*, *Wrinkle*, *Crack* dan *voit* terlebih dahulu.

4.2 Diagram Kontrol Fuzzy *U*

Pada langkah analisis selanjutnya akan dibuat diagram kontrol *Fuzzy-U*. Pembuatan diagram kontrol *Fuzzy-U* untuk melihat apakah diagram kontrol jenis ini lebih efektif digunakan dengan kasus pengkategorian cacat pada produksi lapisan pipa 3-LPE pada PT. ISP dengan karakteristik kualitas yang diukur yaitu tebal lapisan.

4.2.1 Pembuatan Diagram Kontrol *Fuzzy U*

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan diagram kontrol *Fuzzy-U* adalah mentransformasi jumlah cacat dalam masing-masing *subgroup* ke dalam bentuk *fuzzy number* dengan cara dikalikan pembobotnya.

Dalam pendekatan *fuzzy* ini dilakukan dengan mengkategorikan cacat menjadi 4 kategori yaitu a, b, c, dan d. Perlu didefinisikan terlebih dahulu komponen-komponen *fuzzy* yang akan diteliti. Dimana yang menjadi variabel *fuzzy* adalah status kecacatan tebal lapisan pipa. Kategori-kategori cacat tersebut, yaitu minor, repair ringan, repair berat dan reject akan menjadi himpunan *fuzzy*. Semesta pembicaran *fuzzy* yang akan dibahas disini adalah jumlah cacat sehingga secara otomatis batas bawah dari semesta pembicaran ini adalah 0, karena jumlah cacat dalam suatu pipa tidak mungkin negatif. Domain *fuzzy* pada penelitian ini adalah jumlah cacat pada masing-masing subgroup berdasarkan kategori-kategori yang telah disepakati. Domain *fuzzy* nilainya harus senantiasa naik atau senantiasa turun. Oleh sebab itu domain *fuzzy* nantinya adalah berupa jumlah cacat yang telah diboboti secara kumulatif. Artinya jumlah cacat pada tingkat kategori *repair* ringan merupakan jumlah cacat minor yang telah diboboti ditambah dengan jumlah cacat *repair* ringan yang telah diboboti. Hal ini dikarenakan selama observasi pertimbangan yang dilakukan oleh bagian quality control lapangan selalu menimbang 2 hal tersebut dalam menentukan status pipa.

Pada diagram kontrol demerit dilakukan pembobotan dengan 3 kategori, yaitu kategori A, B, dan C karena secara prosedur *Quality Assurance* memang hanya mengkategorikan tiga tersebut dalam sistem produksi. Kemudian pada pendekatan *fuzzy* ini kategori B dipecah menjadi 2 berdasarkan Tabel 3.4. Transformasi input *fuzzy* dengan menggunakan *crispcore* (Tabel 2.2) yang mengaplikasikan metode penilaian *fuzzy* yaitu mengubah nilai *fuzzy* ke dalam bentuk *crisp*. Pada tabel didapatkan nilai *crisp* sebagai berikut.

- kelas A (Minor) sebesar 0,115 yaitu untuk jenis kecacatan dengan tingkat keparahan *low*
- kelas B (*Repair ringan*) yaitu sebesar 0,3 yaitu untuk jenis kecacatan dengan tingkat keparahan *fair low*
- kelas C (*Repair berat*) yaitu sebesar 0,5 yaitu untuk jenis kecacatan dengan tingkat keparahan *medium*
- kelas D (*Reject*) sebesar 0,885 yaitu untuk jenis kecacatan dengan tingkat keparahan *high*.

Kemudian menghitung nilai bobotnya dengan cara nilai masing-masing kelas dibagi total nilai keseluruhan dan dikali 100%. Didapatkan:

$$\text{Bobot kelas A} : \frac{0,115}{1,8} \times 100\% = 6,3\%$$

$$\text{Bobot kelas B} : \frac{0,3}{1,8} \times 100\% = 16,7\%$$

$$\text{Bobot kelas C} : \frac{0,5}{1,8} \times 100\% = 27,77\%$$

$$\text{Bobot kelas D} : \frac{0,885}{1,8} \times 100\% = 49,167\%$$

Kemudian kategori cacat masing-masing ditransformasi menjadi *fuzzy number* yang nantinya akan menjadi input *fuzzy* dengan rumus sebagai berikut:

$$a_j = \sum_{j=1}^n c_j \times w_A$$

dengan j adalah subgroup, c adalah jumlah cacat, dan w adalah bobot masing-masing kategori cacat. Begitu juga untuk kategori B, C, dan D dilakukan dengan cara yang sama.

Kemudian menghitung nilai Mean untuk setiap kategori cacat dengan menggunakan persamaan (2.10), dengan m adalah jumlah seluruh subgroup inspeksi yaitu sebesar 56 unit inspeksi maka didapatkan:

$$\bar{u}_a = \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m} = \frac{127,14}{56} = 2,27036$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk mendapatkan nilai \bar{u} untuk masing-masing variabel *fuzzy*, yaitu kategori B, C, dan

D. Kemudian didapatkan nilai rata-rata demerit berdasarkan kategori cacat sebagai berikut:

$$\bar{U} = (2,270, 2,297, 4,6131, 10,5276)$$

Nilai tersebut kemudian akan menjadi nilai *Control Limit* (CL) pada diagram kontrol *Fuzzy-U* menjadi sebagai berikut:

$$\bar{CL} = (2,270, 2,297, 4,6131, 10,5276)$$

Kemudian untuk mencari masing-masing nilai *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) pada masing-masing kategori cacat berdasarkan persamaan (2.12) dan (2.13) maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$UCL = (4,292, 4,330, 7,495, 14,880)$$

$$LCL = (-2,083, -0,584, 2,579, 8,506)$$

Langkah berikutnya yaitu dengan menghitung *membership function* masing-masing subgroup dengan menghitung nilai β_j sesuai dengan persamaan (2.15). Perhitungan lengkap terdapat pada lampiran 2. Penentuan keputusan status lapisan pipa kedalam 4 kategori yaitu *in control*, *rather in control*, *rather out of control* dan *out of control* dilakukan berdasarkan persamaan (2.16). Berikut nilai β_j pada masing-masing subgroup.

Tabel 4.1 Nilai β_j masing-masing *subgroup*

Subgroup	β_j	keputusan	Subgroup	β_j	keputusan
1	1	in control	29	1	in control
2	1	in control	30	1	in control
3	1	In control	31	0,926469	Rather in control
4	1	in control Rather in control	32	0,883069	Rather in control
5	0,804154	control	33	1	in control
6	1	in control	34	1	in control
7	1	in control	35	1	in control
8	1	in control	36	1	in control
9	1	in control	37	1	in control
10	1	in control	38	1	in control
11	1	in control	39	1	in control
12	1	in control	40	1	in control
13	1	in control	41	1	in control
14	1	in control Rather in control	42	1	in control Rather in control
15	0,747019	control	43	0,716037	control
16	1	in control	44	1	in control
17	1	in control	45	1	in control
18	1	in control	46	1	in control
19	1	in control	47	1	in control
20	1	in control	48	1	in control
21	1	in control	49	1	in control Rather in control
22	1	in control	50	0,863306	control

Tabel 4.1 Nilai β_j masing-masing *subgroup* (cont.)

Subgroup	β_j	Keputusan	Subgroup	β_j	keputusan
23	1	in control	51	1	in control
24	1	in control	52	1	in control
25	1	in control	53	1	in control
26	1	in control	54	1	in control
27	1	in control	55	1	in control
28	1	in control	56	1	In control

Pada tabel 4.3 tersebut didapatkan bahwa terdapat 6 pengamatan yang termasuk *rather in control* dan selain itu pengamatan sudah termasuk *in control*. Pengamatan yang termasuk *rather in control* adalah pengamatan pada *subgroup* ke-5, 15, 31, 32, 43, dan 50. Masing-masing pengamatan tersebut apabila dikonversikan ke dalam waktu proses produksi yaitu, pengamatan yang bersifat *rather in control* terjadi pada tanggal 10 Februari 2015 pukul 7:26-8:26 WIB, juga pada tanggal 11 Februari 2015 pada pukul 7:26-8:26 WIB tanggal 12 Februari 2015 pukul 7:26-8:26 WIB, 8:26-9:26 WIB, juga pada tanggal 13 Februari 2015 pada pukul 10:26-11:26 WIB, pada tanggal 14 Februari 2015 pada pukul 8:26-9:26 WIB.

Proses yang terdeteksi sebagai proses yang *rather in control* atau mendekati *in control* pada dasarnya nilai β_j yang didapat dibandingkan dengan daerah atau presentase daerah sampel yang berada dalam batas kontrol. Daerah yang merupakan *rather in control* termasuk dalam daerah S_3 dan S_5 yang tergambar dalam Gambar 2.3. Proses yang dikategorikan *rather in control* pada diagram kontrol fuzzy artinya proses tersebut mendekati *in control* namun belum termasuk proses yang dapat benar-benar dikatakan *out of control*. Nilai β_j pada pengamatan ke-5 yang mengindikasikan *rather in control* artinya daerah sebesar 0,804254 atau 80,42% masuk ke dalam daerah *in control* dan sisanya masuk ke dalam daerah *out of control*. Dalam hal ini proses tersebut menjadi sebuah peringatan atau *warning*

agar perusahaan dapat lebih memperbaiki proses ketika ditemukan sebagian kecil proses yang mulai memasuki status *rather in control*. Selain itu nilai β_j dapat menjadi pertimbangan sendiri untuk *Quality Control* menetapkan pengamatan tersebut layak diperhatikan atau tidak.

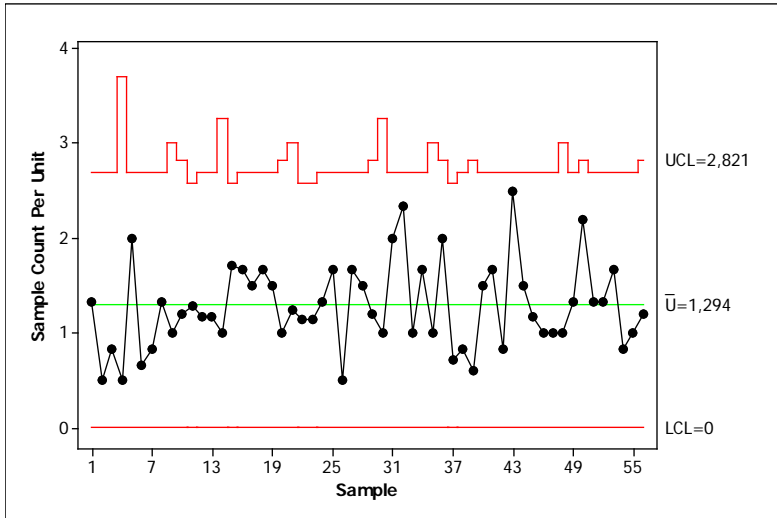
Dalam kasus perusahaan yaitu pengukuran karakteristik kualitas *thickness* dari pelapisan pipa proyek transmisi gas yang dilakukan oleh PT. ISP ini dengan adanya 6 titik pengamatan yang mendekati *in control* maka dari itu PT. ISP sebaiknya mencari tahu penyebab atau faktor-faktor yang mengakibatkan proses terindikasi *rather in control*. Dikarenakan dalam pengukuran tebal pipa terdapat beberapa variabel yang diukur baik pengukuran secara visual maupun diukur berdasarkan alat maka untuk bagian *Quality Control* dan bagian produksi sebaiknya mengecek prosedur serta input maupun proses pada titik pengamatan tersebut sehingga nantinya tidak terjadi pengamatan yang mendekati *out of control* atau bahkan *out of control* dan hasil proses yang lebih stabil.

4.2.2 Diagram Kontrol *Fuzzy U* berdasarkan α -cut

Langkah analisis selanjutnya, setelah pengontrolan kualitas berdasarkan pendekatan *fuzzy* kemudian dilakukan proses *defuzzyfikasi* dari *fuzzy number* menjadi nilai \bar{u} yang akan diplotkan sebagai diagram kontrol *fuzzy-u* dengan menggunakan α -level. Pembuatan diagram kontrol *fuzzy-u* dengan α -level secara visual menggambarkan pengontrolan kualitas dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* namun langsung digambarkan seperti diagram kontrol pada umumnya. Secara visual nantinya akan terlihat pengamatan mana yang akan diindikasikan sebagai pengamatan yang *in control* maupun *out of control*.

Dengan menggunakan proses *fuzzy midrange* dan penentuan nilai a^α dan d^α , dan nilai α atau tingkat ketelitian perusahaan dicobakan sebesar 7 kali yaitu sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%. Perhitungan lengkap ditampilkan pada Lampiran 3 maka didapatkan diagram kontrol *fuzzy-u* dengan α -level sebagai berikut.

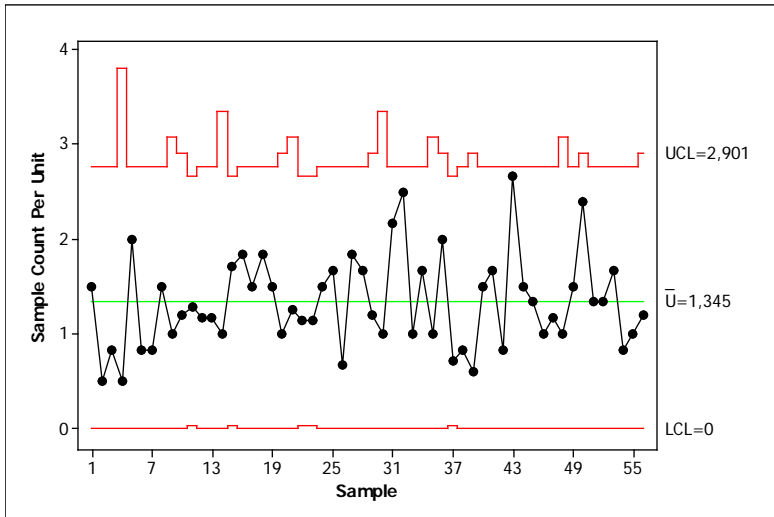
- Dengan menggunakan α sebesar 30%



Gambar 4.4 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,3$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *deffuzyyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 2,821 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,294 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,294. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 2,821 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Tidak begitu terlihat dari grafik apakah proses mendekati *in control* atau mendekati *out of control* seperti pada pendekatan *fuzzy* sebelumnya pada α 30%.

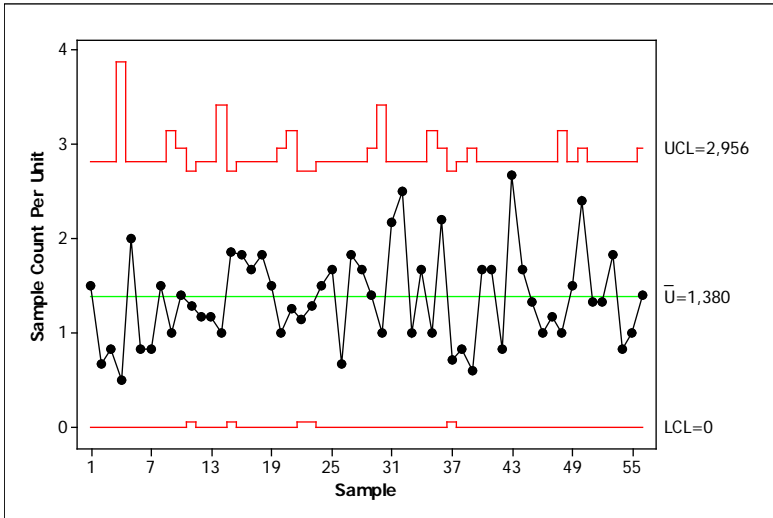
- Dengan menggunakan α sebesar 40%



Gambar 4.5 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,4$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *defuzzyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 2,901 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,345 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,345. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 2,901 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Tidak begitu terlihat dari grafik apakah proses mendekati *in control* atau mendekati *out of control* seperti pada pendekatan *fuzzy* sebelumnya pada α 40%.

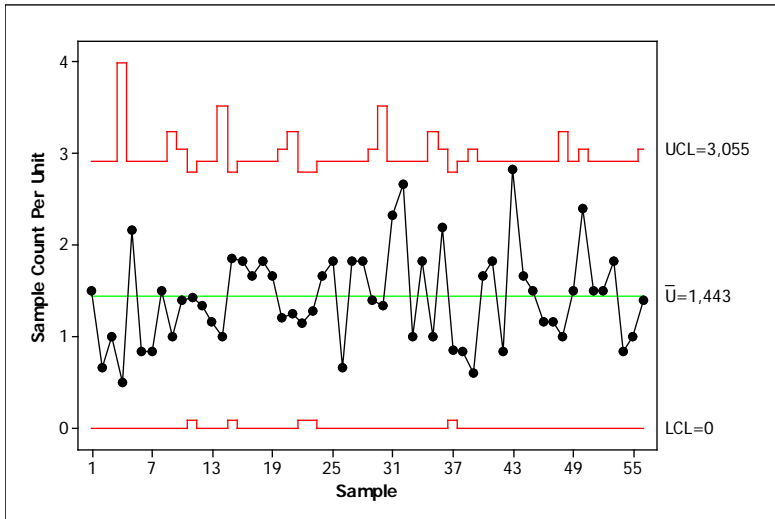
- Dengan menggunakan α sebesar 50%



Gambar 4.6 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,5$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *deffuzyyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 2,956 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,38 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,38. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 2,956 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Tidak begitu terlihat dari grafik apakah proses mendekati *in control* atau mendekati *out of control* seperti pada pendekatan *fuzzy* sebelumnya pada α 50%.

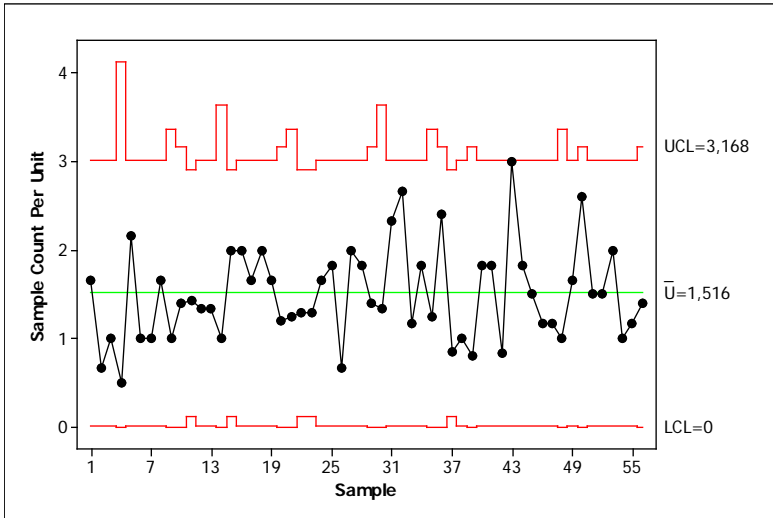
- Dengan menggunakan α sebesar 60%



Gambar 4.7 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,6$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *defuzzyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 3,055 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,443 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,443. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 3,055 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Tidak begitu terlihat dari grafik apakah proses mendekati *in control* atau mendekati *out of control* seperti pada pendekatan *fuzzy* sebelumnya pada α 60%. Namun, sudah mulai terdapat 1 titik yang mendekati batas kontrol atas yaitu titik pengamatan ke-43.

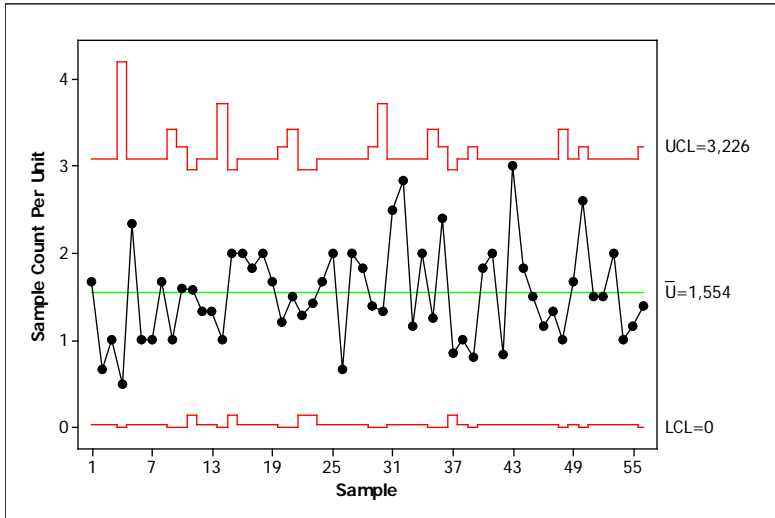
- Dengan menggunakan α sebesar 70%



Gambar 4.8 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,7$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *deffuzyyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 3,168 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,516 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,516. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 3,168 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Pada titik pengamatan ke-43 terlihat semakin mendekati ke batas kontrol atas.

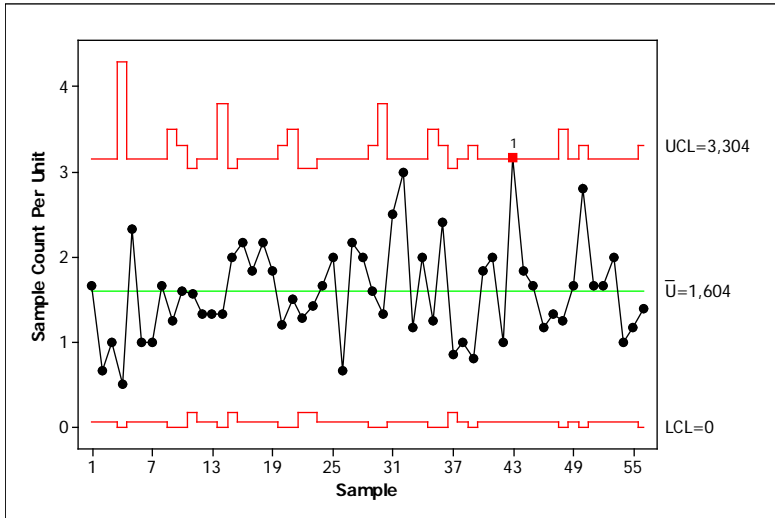
- Dengan menggunakan α sebesar 80%



Gambar 4.9 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,8$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *defuzzyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 3,226 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,554 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,554. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 3,226 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Pada titik pengamatan ke-43 terlihat semakin mendekati ke batas kontrol atas.

- Dengan menggunakan α sebesar 90%



Gambar 4.10 Diagram kontrol *fuzzy-u* $\alpha=0,9$

Pada gambar diatas didapatkan bahwa nilai *fuzzy midrange* atau nilai \bar{u} setelah proses *defuzzyfikasi* dapat disimpulkan bahwa seluruh proses berada dalam kondisi *in control* dengan nilai batas kontrol atas sebesar 3,304 dan batas kontrol bawah sebesar 0, dan nilai rata-rata \bar{u} sebesar 1,604 yang artinya rata-rata jumlah ketidaksesuaian produk untuk tiap unit inspeksi adalah sebesar 1,604. Batas jumlah kecacatan produk untuk tiap unit inspeksi yang masih dapat ditolerir adalah sebesar 3,304 kecacatan. Menurut aturan *shewart* tidak ada titik yang melewati batas kontrol, sehingga proses lapisan pipa 3-LPE yang diukur berdasarkan tebal lapisan pada proyek pelapisan pipa Gresik-Semarang sudah *in control* dalam batas 3σ . Pada titik pengamatan ke-43 terlihat bahwa pengamatan sudah *out of control*. Dari 8 diagram kontrol yang memiliki nilai α atau tingkat ketelitian perusahaan yang berbeda-beda terlihat bahwa diagram kontrol memiliki batas yang semakin lebar dan nilai rata-rata kecacatan yang semakin besar. Maka untuk melihat tingkat sensitivitas diagram kontrol yang sudah terbentuk untuk masing-masing α

akan dibandingkan jarak dari titik-titik yang terdeteksi *rather in control* pada diagram kontrol *fuzzy* dengan batas kontrol yang terbentuk. Berikut hasil perbandingan selisih titik-titik tersebut dengan batas kontrol

Tabel 4.2 Perbandingan selisih titik terhadap batas kontrol

Nilai α	Titik ke-5	Titik ke-15	Titik ke-31	Titik ke-32	Titik ke-43	Titik ke-50
30%	0,687	0,87	0,687	0,354	0,187	0,62
40%	0,765	0,945	0,598	0,265	0,098	0,5
50%	0,818	0,854	0,651	0,318	0,151	0,555
60%	0,747	0,948	0,581	0,247	0,08	0,654
70%	0,857	0,911	0,69	0,357	0,024	0,567
80%	0,747	0,967	0,580	0,247	0,08	0,626
90%	0,822	1,040	0,655	0,155	-0,011	0,504

Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai selisih pada masing-masing titik terjadi konsisten naik dan konsisten turun, maka dipilih pada selisih terendah paling banyak pada masing-masing titik yaitu pada nilai $\alpha = 60\%$. Meskipun pada diagram kontrol terlihat yang sensitif adalah ketika memiliki nilai α yang paling besar yang menunjukkan bahwa inspeksi paling ketat. Namun yang memiliki batas kontrol yang paling sempit adalah ketika α paling kecil. Maka agar PT. ISP tidak menanggung biaya operasional inspeksi dan tidak terlewat titik-titik yang akan dideteksi *out of control* maka dipilih inspeksi yang tidak begitu ketat, namun tetap sensitif terhadap pengamatan yaitu $\alpha 60\%$

4.3 Perbandingan Diagram Kontrol

Dari analisis masing-masing diagram kontrol yaitu diagram kontrol demerit, diagram kontrol pendekatan DFA dan diagram kontrol *fuzzy-u* didapatkan perbandingan masing-masing pengamatan untuk proses pelapisan pipa 3-LPE yang dikur berdasarkan tebal lapisan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Diagram Kontrol

Sub	Demerit	Fuzzy	Fuzzy-u α-cut
1	in control	in control	in control
2	in control	in control	in control
3	in control	In control	in control
4	in control	in control	in control
5	in control	Rather in control	in control
6	in control	in control	in control
7	in control	in control	in control
8	in control	in control	in control
9	in control	in control	in control
10	in control	in control	in control
11	in control	in control	in control
12	in control	in control	in control
13	in control	in control	in control
14	in control	in control	in control
15	in control	Rather in control	in control
16	in control	in control	in control
17	in control	in control	in control
18	in control	in control	in control
19	in control	in control	in control
20	in control	in control	in control
21	in control	in control	in control
22	in control	in control	in control
23	in control	in control	in control
24	in control	in control	in control
25	in control	in control	in control

Tabel 4.3 Perbandingan Diagram Kontrol (Cont.)

Sub	Demerit	Fuzzy	Fuzzy-u α-cut
26	in control	in control	in control
27	in control	in control	in control
28	in control	in control	in control
29	in control	in control	in control
30	in control	in control	in control
31	in control	Rather in control	in control
32	in control	Rather in control	in control
33	in control	in control	in control
34	in control	in control	in control
35	in control	in control	in control
36	in control	in control	in control
37	in control	in control	in control
38	in control	in control	in control
39	in control	in control	in control
40	in control	in control	in control
41	in control	in control	in control
42	in control	in control	in control
43	Out of control	Rather in control	in control
44	in control	in control	in control
45	in control	in control	in control
46	in control	in control	in control
47	in control	in control	in control
48	in control	in control	in control
49	in control	in control	in control
50	in control	Rather in control	in control
51	in control	in control	in control
52	in control	in control	in control

Tabel 4.3 Perbandingan Diagram Kontrol (Cont.)

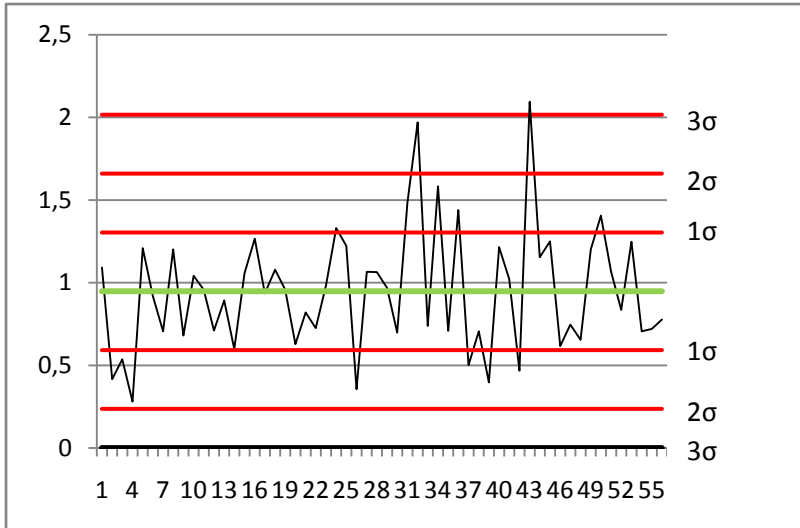
Sub	Demerit	Fuzzy	Fuzzy-u α -cut
53	in control	in control	in control
54	in control	in control	in control
55	in control	in control	in control
56	in control	in control	in control

Pada Tabel 4.3 didapatkan beberapa titik pengamatan yang berbeda hasilnya pada masing-masing diagram kontrol. Sehingga didapatkan hasil bahwa diagram kontrol dengan pendekatan *fuzzy* pada proses pengendalian kualitas lapisan pipa 3-LPE untuk proyek Gresik-Semarang berdasarkan karakteristik ketebalan lapisan lebih halus dalam membedakan proses dengan 4 kriteria yaitu *in control*, *out of control*, *rather in control*, dan *rather out of control*. Hal ini terlihat dari hasil diagram kontrol demerit yang menghasilkan 1 pengamatan *out of control*, diagram kontrol Fuzzy yang menghasilkan 6 pengamatan *rather in control*, sedangkan diagram kontrol *fuzzy-u α -cut* menghasilkan pengamatan yang seluruhnya *in control*.

Berdasarkan hal tersebut tentunya menjadikan sebuah *warning* atau peringatan lebih dini untuk perusahaan dengan adanya indikasi pengamatan yang mendekati *out of control*. Sehingga dalam hal ini perusahaan lebih bisa memperbaiki prosesnya lebih cepat daripada menunggu indikasi pengamatan yang *out of control* dari diagram kontrol demerit biasa. Dalam diagram kontrol demerit diperoleh sinyal *out of control* pada pengamatan ke-43, sedangkan dalam diagram kontrol pendekatan *fuzzy* memang tidak terindikasi sinyal atau pengamatan yang *out of control* sama sekali. Namun, terdapat indikasi sinyal *rather in control* pertama yaitu pada pengamatan ke-5. Dengan indikasi tersebut maka perusahaan dapat meninjau proses pelapisan pipa 3-LPE sebelum terjadi proses yang benar-benar *out of control*.

Untuk memperjelas perbandingan antara diagram kontrol demerit dengan diagram kontrol pendekatan *fuzzy-u* maka

dilakukan perbandingan dalam batas 1σ dan 2σ . Diagram kontrol demerit dengan memunculkan batas kontrol 1σ dan 2σ diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4.11 Diagram kontrol demerit dengan batas 1σ dan 2σ

Terlihat pada Gambar 4.9 terdapat beberapa titik pengamatan yang keluar dari batas 1σ dan 2σ . Dalam penggunaan diagram kontrol pada umumnya memang tidak perlu memperhatikan pengamatan yang keluar dari batas tersebut. Namun dalam hal ini akan dilakukan perbandingan apakah pengamatan penggunaan batas kontrol diagram demerit sebesar 1σ dan 2σ hasilnya akan sama dengan penentuan pengontrolan kualitas diagram kontrol yang didekati oleh *Fuzzy*.

Selanjutnya akan dibuat tabel perbandingan yang menunjukkan status tiap pengamatan pada diagram kontrol demerit akan *in control* pada batas berapa sigma dan penentuan kualitas proses tersebut berdasarkan diagram kontrol *Fuzzy*.

Tabel 4.4 Perbandingan Diagram Kontrol Demerit dan *Fuzzy*

Sub	Demerit			Fuzzy
	1 sigma	2 sigma	3 sigma	
1	in control	in control	in control	in control
2	out control	in control	in control	in control
3	out control	in control	in control	In control
4	out control	in control	in control	in control
5	in control	in control	in control	Rather in control
6	in control	in control	in control	in control
7	in control	in control	in control	in control
8	in control	in control	in control	in control
9	in control	in control	in control	in control
10	in control	in control	in control	in control
11	in control	in control	in control	in control
12	in control	in control	in control	in control
13	in control	in control	in control	in control
14	in control	in control	in control	in control
15	in control	in control	in control	Rather in control
16	in control	in control	in control	in control

Tabel 4.4 Perbandingan Diagram Kontrol Demerit dan Fuzzy (Cont.)

Sub	Demerit			Fuzzy
	1 sigma	2 sigma	3 sigma	
17	in control	in control	in control	in control
18	in control	in control	in control	in control
19	in control	in control	in control	in control
20	in control	in control	in control	in control
21	in control	in control	in control	in control
22	in control	in control	in control	in control
23	out control	in control	in control	in control
24	in control	in control	in control	In control
25	out control	in control	in control	in control
26	in control	in control	in control	in control
27	in control	in control	in control	in control
28	in control	in control	in control	in control
29	in control	in control	in control	in control
30	in control	in control	in control	in control
31	in control	in control	in control	Rather in control
32	out control	in control	in control	Rather incontrol

Tabel 4.4 Perbandingan Diagram Kontrol Demerit dan Fuzzy (Cont.)

Sub	Demerit			Fuzzy
	1 sigma	2 sigma	3 sigma	
33	in control	in control	in control	in control
34	out control	in control	in control	rather out in control
35	in control	in control	in control	in control
36	out control	in control	in control	in control
37	out control	in control	in control	in control
38	in control	in control	in control	in control
39	out control	in control	in control	in control
40	in control	in control	in control	in control
41	in control	in control	in control	in control
42	out control	in control	in control	in control
43	Out of control	out control	out control	rather in control
44	in control	in control	in control	in control
45	in control	in control	in control	In control
46	in control	in control	in control	in control
47	in control	in control	in control	in control
48	in control	in control	in control	In control

Tabel 4.6 Perbandingan Diagram Kontrol Demerit dan Fuzzy (Cont.)

Sub	Demerit			Fuzzy
	1 sigma	2 sigma	3 sigma	
49	in control	in control	in control	in control
50	out control	control	control	Rather in control
51	in control	control	control	in control
52	in control	control	control	in control
53	in control	control	control	in control
54	in control	control	control	in control
55	in control	control	control	in control
56	in control	control	control	In control

Terlihat pada beberapa pengamatan yang mengindikasikan *rather in control* pada *Fuzzy* ada beberapa pengamatan yang juga *out of control* pada batas 1σ yaitu pengamatan ke- 50. Kemudian pengamatan pada diagram kontrol *Fuzzy* terindikasi *rather in control* namun pada digram kontrol demerit *out of control* pada 2σ adalah pengamaan ke-32. Selanjutnya pengamatan pada diagram kontrol *Fuzzy* terindikasi *rather in control* namun pada digram kontrol demerit *out of control* pada 3σ adalah pengamaan ke-43. Sedangkan pengamatan yang terindikasi mendekati *out of control* pada *Fuzzy* namun masih *in control* pada batas 3σ adalah pengamatan ke-5, 15, dan 31. Hal ini menandakan bahwa belum tentu pada diagram kontrol *Fuzzy* status *rather in control* mengindikasikan *out of control* pada batas 1σ maupun 2σ pada diagram kontrol demerit. Apabila PT. ISP memasang batas 1σ ataupun 2σ maka akan banyak yang terdeteksi *out of control* dan tentunya akan berimbas pada inspeksi yang lebih ketat.

Sedangkan pada diagram kontrol *Fuzzy* secara presentase area sampel dengan menggunakan teori *fuzzy* lebih memperhalus indikator terkendali ataupun tidak terkendalinya sehingga perusahaan dapat melakukan perbaikan lebih dini tanpa perlu mengeluarkan biaya inspeksi yang lebih ketat.

Tentunya dalam proses pelapisan pipa 3-LPE lebih cocok menggunakan diagram kontrol dengan pendekatan *Fuzzy* karena sistem pembagian cacat yang terbagi atas beberapa kategori dan pemeriksaan yang cukup ketat, maka akan lebih cocok menggunakan diagram kontrol *Fuzzy* agar perusahaan dapat lebih berhati-hati dalam proses produksi dan lebih berhati-hati dalam penentuan lapisan yang benar-benar cacat atau tidak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan dari data *coating thickness* 3-LPE di PT.ISP pada tanggal 8 Februari 2015-9 Februari 2015, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada diagram kontrol demerit nilai *Control Limit* (CL) yang berarti nilai rata-rata demerit tiap unit produksi bernilai 0,948, nilai *Upper Control Limit* (UCL) dan nilai *Lower Control Limit* (LCL) sebesar 2,0157 dan 0. Terdapat 1 titik yang keluar dari batas kontrol yaitu titik pada pengamatan ke-43 dengan tanggal observasi yaitu tanggal 11 Februari 2015 pada jam 10.26-11.26 WIB.
2. Dengan pendekatan *fuzzy* didapatkan bahwa terdapat 6 pengamatan yang termasuk *rather in control* dan selain itu pengamatan sudah termasuk *in control*. Pengamatan yang termasuk *rather in control* adalah pengamatan pada *subgroup* ke-5, 15, 31, 32, 43, dan 50. Dengan pendekatan *fuzzy* menggunakan nilai α -cut seluruh pengamatan berada dalam kondisi *in control*. Meskipun pada diagram kontrol terlihat yang sensitif adalah ketika memiliki nilai α yang paling besar yang menunjukkan bahwa inspeksi paling ketat. Namun yang memiliki batas kontrol yang paling sempit adalah ketika α paling kecil maka dipih inspeksi yang tidak begitu ketat, namun tetap sensitif terhadap pengamatan yaitu α 60%
3. Pada perbandingan diagram kontrol didapatkan beberapa titik pengamatan yang berbeda hasilnya. Sehingga didapatkan hasil bahwa diagram kontrol dengan pendekatan *fuzzy* pada proses pengendalian kualitas lapisan pipa 3-LPE untuk proyek Gresik-Semarang berdasarkan karakteristik ketebalan lapisan lebih halus dalam membedakan proses dengan 4 kriteria yaitu *in control*, *out of control*, *rather in control*, dan *rather out of control*. Hasil diagram kontrol demerit yang menghasilkan 1 pengamatan *out of control*, diagram kontrol *Fuzzy* yang

menghasilkan 6 pengamatan *rather in control*, sedangkan diagram kontrol *fuzzy-u α -cut* sebesar 60% menghasilkan pengamatan yang seluruhnya *in control*.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, apabila dilakukan pembuatan diagram kontrol *fuzzy* menggunakan metode transformasi *fuzzy* dan metode *deffuzzyfikasi* yang sesuai dan cocok sehingga hasilnya lebih bagus. Pemilihan nilai α -cut harusnya disepakati oleh pihak perusahaan dan dilakukan uji statistik untuk memilih nilai α yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainy, K. N. (2011). *Studi Diagram Kontrol Variabel Random Fuzzy Dan Penerapannya Pada pengontrolan Kualitas Produk Deodoran*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Darestani, S. A., Tadi, A. M., Taheri, S., & Raeiszadeh, M. (2014). Development of Fuzzy U control Chart for Monitoring Defects. *International Journal of Quality and Reliability Management* , 31 (7), 811-821.
- Ghildeh, B. S., & Angoshtari, T. (2013). 2013. *Monitoring fuzzy capability index cpk by using the ewma control chart with imprecise data* , 10 (2), 111-132.
- Gulbay, M., & Kahraman, C. (2006). An alternative approach to fuzzy control chart : Direct Fuzzy Approach. *International Journal of Information Sciences* (177), 1463-1480.
- Krakatau Steel. (2014). *Article : steel glossary*. Retrieved Desember 13, 2014, from PT. Krakatau Steel: <http://www.krakatausteel.com/?page=content&cid=37&action=viewlistcat&id=1&PHPSESSID=e50bc93b1d7a0f502f8c007ea4ca5e33>
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control (edisi 5)*. Hoboken: NJ: John Wiley & Sons.
- Nelson, L. (1985). Interpreting Shewart X-bar control Charts. *Journal of Quality, Technology* , 17 No.2, 114-116.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences Vol.1* , 1.
- Simanjuntak, R. (2011, November 19). *Indonesia Seamless Tube, Meretas Revolusi Industri Pipa Baja Nasional*. Retrieved February 2, 2015, from

- <https://ranapsimanjuntak.wordpress.com/2011/11/19/indonesia-seamless-tube-meretas-revolusi-industri-pipa-baja-nasional/>
- Siti, Z. M., Supiah, S., & Alias, M. A. (2009). Using fuzzy Analytic Hierarchy Process for Southern Johor River Ranking. *Int. J. Advance. Soft Comput. Appl. Vol.1, No.1* , 50.
- Steel, P. I. (n.d.). <http://www.indalsteelpipe.com/>. Retrieved February 2, 2015, from <http://www.indalsteelpipe.com/>.
- Sugihartanti, I. (2012). *Study Direct Fuzzy Approach (DFA) pada diagram kontrol Fuzzy dan Penerapannya pada Pengontrolan Kualitas Produksi Botol Sting (240 ml) di PT. Iglas*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Taleb, H. (2009). Control Chart Applications For Multivariate Attribute Processes. *Computers and Industrial Engineering* , 56 (1), 399-410.
- Tong, L.-I., & Su, C.-T. (1997). Optimizing Multi-Response Problems In The Taguchi Method By Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. *Quality and Reliability Engineering International* , 13, 25-34.
- Zadeh, L. (1948). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems* , 1, 3-28.

LAMPIRAN 1

Perhitungan Diagram Kontrol Demerit

sub	Sampel	kategori			jumlah	pembobotan			Di	ui
		A	B	C		A	B	C		
1	6	38	1	3	42	4,2617	0,1869	2,10282	6,55142	1,091903
2	6	16	0	1	17	1,7944	0	0,70094	2,49334	0,41589
3	6	27	1	0	28	3,02805	0,1869	0	3,21495	0,535825
4	2	5	0	0	5	0,56075	0	0	0,56075	0,280375
5	6	63	1	0	64	7,06545	0,1869	0	7,25235	1,208725
6	6	10	1	6	17	1,1215	0,1869	4,20564	5,51404	0,919007
7	6	19	0	3	22	2,13085	0	2,10282	4,23367	0,705612
8	6	33	0	5	38	3,70095	0	3,5047	7,20565	1,200942
9	4	18	0	1	19	2,0187	0	0,70094	2,71964	0,67991
10	5	26	1	3	30	2,9159	0,1869	2,10282	5,20562	1,041124
11	7	41	0	3	44	4,59815	0	2,10282	6,70097	0,957281
12	6	38	0	0	38	4,2617	0	0	4,2617	0,710283

sub	Sampel	kategori			jumlah	pembobotan			Di	ui
		A	B	C		A	B	C		
13	6	29	0	3	32	3,25235	0	2,10282	5,35517	0,892528
14	3	16	0	0	16	1,7944	0	0	1,7944	0,598133
15	7	66	0	0	66	7,4019	0	0	7,4019	1,057414
16	6	49	0	3	52	5,49535	0	2,10282	7,59817	1,266362
17	6	50	0	0	50	5,6075	0	0	5,6075	0,934583
18	6	56	1	0	57	6,2804	0,1869	0	6,4673	1,077883
19	6	45	0	1	46	5,04675	0	0,70094	5,74769	0,957948
20	5	28	0	0	28	3,1402	0	0	3,1402	0,62804
21	4	23	0	1	24	2,57945	0	0,70094	3,28039	0,820098
22	7	39	0	1	40	4,37385	0	0,70094	5,07479	0,72497
23	7	33	2	4	39	3,70095	0,3738	2,80376	6,87851	0,982644
24	6	32	1	6	39	3,5888	0,1869	4,20564	7,98134	1,330223
25	6	45	1	3	49	5,04675	0,1869	2,10282	7,33647	1,222745
26	6	19	0	0	19	2,13085	0	0	2,13085	0,355142
27	6	57	0	0	57	6,39255	0	0	6,39255	1,065425

sub	Sampel	kategori			jumlah	pembobotan			Di	ui
		A	B	C		A	B	C		
28	6	49	1	1	51	5,49535	0,1869	0,70094	6,38319	1,063865
29	5	29	1	2	32	3,25235	0,1869	1,40188	4,84113	0,968226
30	3	17	1	0	18	1,90655	0,1869	0	2,09345	0,697817
31	6	59	1	3	63	6,61685	0,1869	2,10282	8,90657	1,484428
32	6	60	1	7	68	6,729	0,1869	4,90658	11,82248	1,970413
33	6	27	0	2	29	3,02805	0	1,40188	4,42993	0,738322
34	6	33	1	8	42	3,70095	0,1869	5,60752	9,49537	1,582562
35	4	19	0	1	20	2,13085	0	0,70094	2,83179	0,707948
36	5	50	1	2	53	5,6075	0,1869	1,40188	7,19628	1,439256
37	7	25	0	1	26	2,80375	0	0,70094	3,50469	0,50067
38	6	19	0	3	22	2,13085	0	2,10282	4,23367	0,705612
39	5	16	1	0	17	1,7944	0,1869	0	1,9813	0,39626
40	6	40	0	4	44	4,486	0	2,80376	7,28976	1,21496
41	6	53	1	0	54	5,94395	0,1869	0	6,13085	1,021808
42	6	25	0	0	25	2,80375	0	0	2,80375	0,467292

sub	Sampel	kategori			jumlah	pembobotan			Di	ui
		A	B	C		A	B	C		
43	6	65	2	7	74	7,28975	0,3738	4,90658	12,57013	2,095022
44	6	43	0	3	46	4,82245	0	2,10282	6,92527	1,154212
45	6	26	2	6	34	2,9159	0,3738	4,20564	7,49534	1,249223
46	6	33	0	0	33	3,70095	0	0	3,70095	0,616825
47	6	32	1	1	34	3,5888	0,1869	0,70094	4,47664	0,746107
48	4	20	2	0	22	2,243	0,3738	0	2,6168	0,6542
49	6	33	0	5	38	3,70095	0	3,5047	7,20565	1,200942
50	5	61	1	0	62	6,84115	0,1869	0	7,02805	1,40561
51	6	32	0	4	36	3,5888	0	2,80376	6,39256	1,065427
52	6	43	1	0	44	4,82245	0,1869	0	5,00935	0,834892
53	6	48	0	3	51	5,3832	0	2,10282	7,48602	1,24767
54	6	19	0	3	22	2,13085	0	2,10282	4,23367	0,705612
55	6	26	0	2	28	2,9159	0	1,40188	4,31778	0,71963
56	5	33	1	0	34	3,70095	0,1869	0	3,88785	0,77757

LAMPIRAN 2

Perhitungan Diagram Kontrol Pendekatan Fuzzy-U

sub	fuzzy number				a (alfa)	d (alfa)	B _i	Keputusan
	A	B	C	D				
1	2,47	2,5767	5,0467	12,0614	2,56603	18,37463	1	in control
2	1,04	1,04	2,08	4,816	1,04	7,2784	1	in control
3	1,755	1,755	3,6807	7,1907	1,755	10,3497	1	in control
4	0,325	0,325	0,65	1,3	0,325	1,885	1	in control
5	4,095	4,2017	8,2967	16,5934	4,19103	24,06043	0,804154	rather in control
6	0,65	0,65	1,4707	6,7067	0,65	11,4191	1	in control
7	1,235	1,235	2,47	6,908	1,235	10,9022	1	in control
8	2,145	2,145	4,29	11,86	2,145	18,673	1	in control
9	1,17	1,17	2,34	5,336	1,17	8,0324	1	in control
10	1,69	1,7967	3,4867	8,9414	1,78603	13,85063	1	in control
11	2,665	2,665	5,33	12,628	2,665	19,1962	1	in control
12	2,47	2,47	4,94	9,88	2,47	14,326	1	in control

sub	fuzzy number				a (alfa)	d (alfa)	B _i	Keputusan
	A	B	C	D				
13	1,885	1,885	3,77	9,508	1,885	14,6722	1	in control
14	1,04	1,04	2,08	4,16	1,04	6,032	1	in control
15	4,29	4,29	8,58	17,16	4,29	24,882	0,747019	rather in control
16	3,185	3,185	6,37	14,708	3,185	22,2122	1	in control
17	3,25	3,25	6,5	13	3,25	18,85	1	in control
18	3,64	3,7467	7,3867	14,7734	3,73603	21,42143	1	in control
19	2,925	2,925	5,85	12,356	2,925	18,2114	1	in control
20	1,82	1,82	3,64	7,28	1,82	10,556	1	in control
21	1,495	1,495	2,99	6,636	1,495	9,9174	1	in control
22	2,535	2,535	5,07	10,796	2,535	15,9494	1	in control
23	2,145	2,3584	4,5034	11,6308	2,33706	18,04546	1	in control
24	2,08	2,08	4,3307	12,4267	2,08	19,7131	1	in control
25	2,925	2,925	6,0207	13,8387	2,925	20,8749	1	in control
26	1,235	1,235	2,47	4,94	1,235	7,163	1	in control
27	3,705	3,705	7,41	14,82	3,705	21,489	1	in control

sub	fuzzy number				a (alfa)	d (alfa)	B _i	Keputusan
	A	B	C	D				
28	3,185	3,2917	6,4767	13,6094	3,28103	20,02883	1	in control
29	1,885	1,885	3,9407	9,0227	1,885	13,5965	1	in control
30	1,105	1,105	2,3807	4,5907	1,105	6,5797	1	in control
31	3,835	3,9417	7,7767	17,5214	3,93103	26,29163	0,926469	rather in control
32	3,9	3,9	7,9707	20,3627	3,9	31,5155	0,883069	rather in control
33	1,755	1,755	3,51	8,332	1,755	12,6718	1	in control
34	2,145	2,145	4,4607	13,9987	2,145	22,5829	1	in control
35	1,235	1,235	2,47	5,596	1,235	8,4094	1	in control
36	3,25	3,3567	6,6067	14,5254	3,34603	21,65223	1	in control
37	1,625	1,625	3,25	7,156	1,625	10,6714	1	in control
38	1,235	1,235	2,47	6,908	1,235	10,9022	1	in control
39	1,04	1,1467	2,1867	4,3734	1,13603	6,34143	1	in control
40	2,6	2,6	5,2	13,024	2,6	20,0656	1	in control
41	3,445	3,5517	6,9967	13,9934	3,54103	20,29043	1	in control

sub	fuzzy number				a (alfa)	d (alfa)	B _i	Keputusan
	A	B	C	D				
42	1,625	1,625	3,25	6,5	1,625	9,425	1	in control
43	4,225	4,225	8,7914	21,8334	4,225	33,5712	0,716037	rather in control
44	2,795	2,795	5,59	13,148	2,795	19,9502	1	in control
45	1,69	1,69	3,7214	11,0374	1,69	17,6218	1	in control
46	2,145	2,145	4,29	8,58	2,145	12,441	1	in control
47	2,08	2,1867	4,2667	9,1894	2,17603	13,61983	1	in control
48	1,3	1,3	2,9414	5,5414	1,3	7,8814	1	in control
49	2,145	2,145	4,29	11,86	2,145	18,673	1	in control
50	3,965	4,0717	8,0367	16,0734	4,06103	23,30643	0,863306	rather in control
51	2,08	2,08	4,16	10,944	2,08	17,0496	1	in control
52	2,795	2,9017	5,6967	11,3934	2,89103	16,52043	1	in control
53	3,12	3,12	6,24	14,448	3,12	21,8352	1	in control
54	1,235	1,235	2,47	6,908	1,235	10,9022	1	in control
55	1,69	1,69	3,38	8,072	1,69	12,2948	1	in control

sub	fuzzy number				a (alfa)	d (alfa)	B _i	Keputusan
	A	B	C	D				
56	2,145	2,145	4,4607	8,7507	2,145	12,6117	1	in control

LAMPIRAN 3

Data Ketidaksesuaian *coating thickness*

subgroup	hari	jam	jumlah pipa	A	B	C	D
1	hari 1	12:13-13:13	6	38	1	0	3
2		13:13-14:13	6	16	0	0	1
3		14:13-15:13	6	27	0	1	0
4		15:13-16:13	2	5	0	0	0
5	hari 2	7:26-8:26	6	63	1	0	0
6		8:26-9:26	6	10	0	1	6
7		9:26-10:26	6	19	0	0	3
8		10:26-11:26	6	33	0	0	5
9		11:26-12:26	4	18	0	0	1
10		12:26-13:26	5	26	1	0	3
11		13:26-14:26	7	41	0	0	3
12		14:26-15:26	6	38	0	0	0
13		15:26-16:26	6	29	0	0	3
14		16:26-17:26	3	16	0	0	0
15	hari 3	7:26-	7	66	0	0	0

subgroup	hari	jam	jumlah pipa	A	B	C	D
		8:26					
16		8:26-9:26	6	49	0	0	3
17		9:26-10:26	6	50	0	0	0
18		10:26-11:26	6	56	1	0	0
19		11:26-12:26	6	45	0	0	1
20		12:26-13:26	5	28	0	0	0
21		13:26-14:26	4	23	0	0	1
22		7:24-8:24	7	39	0	0	1
23		8:24-9:24	7	33	2	0	4
24		9:24-10:24	6	32	0	1	6
25		10:24-11:24	6	45	0	1	3
26	hari 4	11:24-12:24	6	19	0	0	0
27		12:24-13:24	6	57	0	0	0
28		13:24-14:24	6	49	1	0	1
29		14:24-15:24	5	29	0	1	2
30		15:24-16:24	3	17	0	1	0
31	hari 5	7:26-	6	59	1	0	3

subgroup	hari	jam	jumlah pipa	A	B	C	D
		8:26					
32		8:26-9:26	6	60	0	1	7
33		9:26-10:26	6	27	0	0	2
34		10:26-11:26	6	33	0	1	8
35		11:26-12:26	4	19	0	0	1
36		12:26-13:26	5	50	1	0	2
37		13:26-14:26	7	25	0	0	1
38		14:26-15:26	6	19	0	0	3
39		15:26-16:26	5	16	1	0	0
40	hari 6	7:26-8:26	6	40	0	0	4
41		8:26-9:26	6	53	1	0	0
42		9:26-10:26	6	25	0	0	0
43		10:26-11:26	6	65	0	2	7
44		11:26-12:26	6	43	0	0	3
45		12:26-13:26	6	26	0	2	6
46		13:26-14:26	6	33	0	0	0
47		14:26-	6	32	1	0	1

subgroup	hari	jam	jumlah pipa	A	B	C	D
		15:26					
48		15:26-16:26	4	20	0	2	0
49	hari 7	7:26-8:26	6	33	0	0	5
50		8:26-9:26	5	61	1	0	0
51		9:26-10:26	6	32	0	0	4
52		10:26-11:26	6	43	1	0	0
53		11:26-12:26	6	48	0	0	3
54		12:26-13:26	6	19	0	0	3
55		13:26-14:26	6	26	0	0	2
56		14:26-15:26	5	33	0	1	0

LAMPIRAN 4

Jumlah ketidaksesuaian masing-masing kategori

kategori	Jumlah
Minor	1956
Repair	29
Reject	115

LAMPIRAN 5

Jumlah ketidaksesuaian pada kategori Repair

Repair	Jumlah
Wrinkle	8
Crack	6
Buble	2
Watermark	8
Scratch	1
Void	4

BIODATA PENULIS



Alfani Husna Ahlisa, putri ketiga dari pasangan Muslih dan Juwariyah ini lahir di Bojonegoro pada tanggal 22 Mei 1993. Sebelumnya penulis telah mengenyam pendidikan di SDN Panjunan 1, SMPN 1 Kalitidu, dan SMAN 1 Bojonegoro. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Statistika ITS melalui jalur masuk SNMPTN pada tahun 2011. Semasa kuliah, penulis pernah men-

jadi staff department Dagri HIMASTA-ITS 2012/2013 dan Sekretaris Department PSDM HIMASTA-ITS 2013/2014. Selain itu, penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan khususnya kegiatan-kegiatan yang diadakan oleh HIMASTA ITS, salah satunya yaitu PRS, SC BCS HIMASTA-ITS 2013/2014, dan SC BCS HIMASTA-ITS 2014/2015. Penulis juga pernah menjadi *surveyor* untuk proyek penelitian “Analisis Pengembangan Wisata di Bojonegoro”. Pada tahun terakhir di bangku kuliah, penulis berkesempatan untuk menjadi Asdos mata kuliah PKS kelas B dan juga mendapat dana hibah dari DIKTI untuk PKMP yang didanai. Apabila pembaca ingin memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, ataupun berdiskusi terkait Tugas Akhir ini, silahkan menghubungi melalui email :

alfani.husna22@gmail.com