

**Analisis Faktor Penyebab *Reject* pada Pipa Penstock dengan
Metodologi *Six Sigma* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD ARDIANSYAH AZMAN

1192903012

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2021

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Muhammad Ardiansyah Azman

NIM : 1192903012

Tanda Tangan :



Tanggal : 7 Mei 2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ardiansyah Azman

NIM : 1192903012


Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer


Judul Skripsi : Analisis Faktor Penyebab *Reject* pada Pipa Penstock dengan
Metodologi *Six Sigma* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Gunawarman Hartono, Ir., M.Eng ()

Penguji 1 : Tri Susanto, S.E., M.T ()

Penguji 2 : Raden Jachryandestama, S.T, MLSM ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 7 Mei 2021

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil Alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Penyebab *Reject* Pada Produksi Pipa Penstock Dengan Metodologi *Six Sigma* dan *Failure Mode Effect Analysis*” dengan baik dan lancar. Tak lupa penulis juga haturkan shalawat dan salam kepada Baginda Nabi Muhammad SAW.

Penyusunan Tugas Akhir ini sebagai syarat penulis untuk menyelesaikan program Sarjana di program studi Teknik Industri, Universitas Bakrie, Jakarta. Pengalaman dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, dimulai dari pengumpulan dan pengolahan data, melakukan studi pustaka terkait dengan penelitian, melakukan konsultasi kepada dosen pembimbing dan menyelesaikan administrasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah mendukung dan membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tercinta, Bapak Mokhammad Amin dan Ibu Mukhlisoh, yang sudah membantu penulis, baik dukungan material dan moril selama perkuliahan di Universitas Bakrie.
2. Adik – adikku yang sudah menghibur penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc, Ph.D, sebagai Rektor Universitas Bakrie.
4. Bapak Ir. Esa Haruman Wiraatmadja, M.Sc.Eng., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie
5. Bapak Gunawarman Hartono, Ir. M. Eng, sebagai Ketua Prodi Teknik Industri sekaligus Dosen Pembimbing penulis yang sudah membimbing dan mengajarkan penulis selama perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir dengan baik dan sabar.

6. Tri Susanto, S.E, M.T dan Raden Jachryandestama, S.T, MLSM sebagai dosen pembahas yang sudah memberi masukan kepada penulis demi kesempurnaan Tugas Akhir
7. Seluruh Dosen Teknik Industri Universitas Bakrie yang sudah memberikan penulis informasi, bantuan dan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
8. Pak Halim dan Pak Adi dari Departemen Personalia dan Umum yang sudah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. BAI
9. Pak Wahyu dan Pak Rohadi sebagai Manajer Teknik dan Pengendali Kualitas yang sudah membantu penulis dalam penelitian di PT. BAI
10. Pak Gunawan, Pak Darto, Mas Febry dan Mas Nanda yang sudah membantu penulis dalam proses penelitian di PT. BAI
11. Terima kasih kepada keluarga besar PT. BAI yang telah mengizinkan dan membantu penulis dalam proses pengambilan dan pengolahan data penelitian Tugas Akhir.
12. Terima kasih kepada keluarga besar Teknik Industri Universitas Bakrie yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Demikian Tugas Akhir ini dibuat. Penulis berharap masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini dan penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi universitas dan perusahaan di masa yang akan datang

Jakarta, 7 Mei 2021

Muhammad Ardiansyah Azman

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ardiansyah Azman

NIM : 1192903012

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie Hak Bebas **Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Fee Rights*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Faktor Penyebab *Reject* pada Pipa Penstock dengan Metodologi Six Sigma dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 7 Mei 2021

Yang Menyatakan,



Muhammad Ardiansyah Azman

**ANALISIS FAKTOR PENYEBAB *REJECT* PADA PIPA
PENSTOCK DENGAN METODOLOGI SIX SIGMA DAN
FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)**

Muhammad Ardiansyah Azman

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang faktor penyebab *reject* pada proses produksi di PT. BAI pada produksi pipa penstock dengan metodologi *Six Sigma* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Objek penelitian yang digunakan adalah produk *reject* pada pipa penstock berupa cacat las yang melebihi batas toleransi menurut API 1104 dan ANSI B31.3. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui level sigma pada produk *reject* pipa penstock, mengetahui kapabilitas proses produksi pipa penstock, menganalisis akar permasalahan dengan *fishbone diagram*, mengukur tingkat risiko dari masing – masing akar permasalahan dengan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), memberikan usulan perbaikan berdasarkan tingkat risiko tertinggi dengan metode *5Whys Analysis* dan mengontrol tiap tindakan perbaikan dengan *Process Control Plan* untuk eliminasi akar permasalahan.

Hasil penelitian ini adalah, bahwa ada empat penyebab utama terjadinya *reject* pada pipa penstock dengan tingkat risiko tertinggi, yaitu las yang tidak dibersihkan dengan baik, operator las kelelahan saat bekerja, proses pengelasan yang terburu – buru dan elektroda yang lembab dan basah.

Kata Kunci: *Reject*, Pipa Penstock, Six Sigma, FMEA

**ANALYSIS OF THE CAUSAL FACTOR TO REJECT OF THE
PENSTOCK PIPE WITH SIX SIGMA METHODOLOGY AND
FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)**

Muhammad Ardiansyah Azman

ABSTRACT

This study discusses the causes of reject in the production process at PT. BAI in the production of penstock pipes with Six Sigma methodology and Failure Mode Effect Analysis (FMEA). The object of research used is the reject product on the penstock pipe in the form of a weld defect that exceeds the tolerance limits according to API 1104 and ANSI B31.3. The purpose of this study was to determine the sigma level in penstock pipe reject products, to know the capability of the penstock pipe production process, to analyze the root of the problem with a fishbone diagram, to measure the level of risk from each root cause using the Failure Mode Effect Analysis (FMEA) method, to provide recommendations for improvement based on the highest level of risk with the 5Whys Analysis method and controlling each corrective action with a Process Control Plan to eliminate the root of the problem.

The results of this study are that there are four main causes of rejection in penstock pipes with the highest risk level, namely welds that are not cleaned properly, welding operators are exhausted while working, welding processes are rushed and electrodes are damp and wet.

Keywords: Reject, Penstock Pipe, Six Sigma, FMEA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Pembatasan Masalah	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
1.6. Sistematika Penulisan.....	8
BAB II LANDASAN TEORI.....	10
2.1. Definisi Kualitas.....	10
2.2. Definisi Pengendalian Kualitas	11
2.3. Kapabilitas Proses	12
2.4. <i>Six Sigma</i>	13
2.5. Metodologi DMAIC (<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>).....	15
2.5.1. <i>Define</i>	15
2.5.2. <i>Measure</i>	18
2.5.3. <i>Analyze</i>	21
2.5.4. <i>Improve</i>	22
2.5.5. <i>Control</i>	23
2.6. Hubungan Antara Pengendalian Kualitas Dengan <i>Six Sigma</i>	23
2.7. Metode Teknik Pengendalian Kualitas.....	23

2.7.1.	Diagram Pareto	24
2.7.2.	Diagram Sebab dan Akibat (<i>Cause and Effect Diagram</i>)	24
2.7.3.	Peta Kendali (<i>Control Chart</i>).....	25
2.8.	<i>Failure Mode Effect Analyze</i> (FMEA)	26
2.9.	Hubungan <i>Six Sigma</i> Dengan FMEA	30
2.10.	Teknik Pengelasan.....	30
2.10.1.	Peralatan Pengelasan.....	31
2.10.2.	Kualifikasi Operator Las	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1.	Objek Penelitian	34
3.2.	Metode Penelitian.....	34
3.3.	Alur Penelitian.....	35
3.4.	Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian.....	36
3.5.	Studi Pendahuluan	37
3.6.	Pengumpulan data	37
3.7.	Tahap <i>Define</i>	38
3.8.	Tahap <i>Measure</i>	38
3.9.	Tahap <i>Analyze</i>	39
3.10.	Tahap <i>Improve</i>	39
3.11.	Tahap <i>Control</i>	39
3.12.	Simpulan dan Saran.....	40
BAB IV PEMBAHASAN.....		41
4.1.	Gambaran Umum Perusahaan	41
4.2.	Struktur Organisasi Perusahaan.....	41
4.3.	Gambaran Umum Proses Produksi.....	42
4.4.	Pengumpulan dan Pengolahan Data	46
4.4.1.	Tahap <i>Define</i>	46
4.4.1.1.	Identifikasi Lingkungan Kerja	46
4.4.1.2.	Diagram SIPOC	48
4.4.1.3.	Persyaratan atau Keinginan Pelanggan (<i>Voice of Customer</i>)	49
4.4.1.4.	Jenis Critical to Quality (CTQ) dan Jumlah Reject Pada Proses Pengelasan Produksi Pipa Penstock.....	51

4.4.2.	Tahap <i>Measure</i>	59
4.4.2.1.	Diagram Pareto Jumlah Cacat Produksi Pipa Penstock	59
4.4.2.2.	Perhitungan Nilai Sigma	60
4.4.2.3.	Peta Kendali (Control Chart) Proses Produksi Pipa Penstock	61
4.4.2.4.	Kapabilitas Proses Produksi Pipa Penstock	63
4.4.3.	Tahap <i>Analyze</i>	65
4.4.3.1.	Analisis Penyebab Cacat Dengan Fishbone Diagramm.....	66
4.4.3.2.	Penentuan Peringkat Risiko Akar Permasalahan Dengan Metodologi Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	72
4.4.4.	Tahap <i>Improve</i>	76
4.4.4.1.	Mencari Akar Permasalahan Dengan 5Whys Analysis.....	76
4.4.4.2.	Usulan Perbaikan Terhadap Akar Permasalahan 79Error! Bookmark not defined.	
4.4.5.	Tahap <i>Control</i>	81
4.4.5.1.	Dokumentasi Dengan Process Control Plan	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		83
5.1.	Kesimpulan.....	83
5.2.	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN.....		88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pipa Penstock	2
Gambar 1. 2 Cacat <i>Porosity</i>	3
Gambar 1. 3 Cacat <i>Slag Inclusion</i>	4
Gambar 1. 4 Cacat <i>Root Concavity</i>	4
Gambar 2. 1 Diagram Pareto	24
Gambar 2. 2 <i>Fishbone Diagramm</i>	25
Gambar 2. 3 Peta Kendali	26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	36
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT. BAI Divisi SDA (Tegal).....	42
Gambar 4. 2 Proses Produksi Pipa Penstock.....	47
Gambar 4. 3 Cacat <i>Incomplete Penetration</i>	52
Gambar 4. 4 Cacat <i>Incomplete Fusion</i>	53
Gambar 4. 5 Cacat <i>Crack</i>	53
Gambar 4. 6 Cacat <i>Slag Inclusion</i>	54
Gambar 4. 7 Cacat <i>Porosity</i>	55
Gambar 4. 8 Cacat <i>Excessive Penetration</i>	56
Gambar 4. 9 Cacat <i>Root Concavity</i>	56
Gambar 4. 10 Cacat <i>Undercut</i>	57
Gambar 4. 11 Hasil Inspeksi Pipa Penstock	59
Gambar 4. 12 Diagram Pareto Jumlah dan Jenis <i>Defect</i> Pipa Penstock	60
Gambar 4. 13 Perhitungan Nilai Sigma Dengan <i>Six Sigma Calculator</i>	61
Gambar 4. 14 Membuat Peta Kendali C Dengan Minitab	62
Gambar 4. 15 Peta Kendali C Pipa Penstock Periode Januari 2020 - Januari 2021.....	63
Gambar 4. 16 Menghitung Kapabilitas Proses Dengan Minitab.....	64
Gambar 4. 17 Kapabilitas Proses Pipa Penstock Periode Januari 2020 – Januari 2021	65
Gambar 4. 18 <i>Fishbone Diagram</i> Penyebab Cacat <i>Porosity</i>	67
Gambar 4. 19 Diagram <i>Fishbone</i> Penyebab Utama Cacat <i>Porosity</i>	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah dan Jenis Cacat	
Tabel 2. 1 Level Sigma	20
Tabel 2. 2 Tingkat <i>Severity</i>	28
Tabel 2. 3 Tingkat <i>Occurance</i>	28
Tabel 2. 4 Tingkat <i>Detection</i>	29
Tabel 4. 1 Proses Pengelasan Pipa Penstock.....	48
Tabel 4. 2 Diagram SIPOC Proses Pengelasan Pipa Penstock	49
Tabel 4. 3 Hasil Inspeksi Pipa Penstock Periode Januari 2020 - Januari 2021	58
Tabel 4. 4 Perhitungan Nilai Sigma Proses Produksi Pipa Penstock Periode Januari 2020 – Januari 2021	61
Tabel 4. 5 Detail Penyebab Utama dan Sub Penyebab Utama Cacat <i>Porosity</i>	69
Tabel 4. 6 Detail Penyebab Utama dan Sub Penyebab Utama Cacat <i>Slag Inclusion</i>	70
Tabel 4. 7 Pembobotan Penyebab Utama Dengan FMEA	73
Tabel 4. 8 Penyebab Utama dan Nilai RPN.....	76
Tabel 4. 9 Usulan Perbaikan Akar Permasalahan	79
Tabel 4. 10 <i>Process Control Plan</i> Untuk Setiap Usulan Perbaikan.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuisisioner Penelitian	88
Lampiran 2 Lembar Pernyataan.....	93