



**PENINGKATAN KUALITAS LAS PIPA
DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP
(PLTGU) DENGAN *QUALITY CONTROL, FAILURE
MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA), DAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**OLEH
HORAS CANMAN SIANIPAR
55319110031**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**



HALAMAN JUDUL
PENINGKATAN KUALITAS LAS PIPA
DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP
(PLTGU) DENGAN *QUALITY CONTROL, FAILURE*
MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA), DAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

UNIVERSITAS
TESIS
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Industri

OLEH
HORAS CANMAN SIANIPAR
55319110031

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023

PENGESAHAN TESIS

Judul : PENINGKATAN KUALITAS LAS PIPA DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU)
DENGAN QUALITY CONTROL, *FAILURE MODE AND
EFFECTS ANALYSIS (FMEA)*, DAN *ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)*

Nama : Horas Canman Sianipar

NIM : 55319110031

Program Studi : Magister Teknik Industri

Tanggal : 23 Februari 2023



Mengesahkan,
Pembimbing

(Dr. Hasbullah, MT)

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri



(Dr. Ir. Sawarni Hasibuan M.T.)

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : PENINGKATAN KUALITAS LAS PIPA DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU)
DENGAN *QUALITY CONTROL, FAILURE MODE AND
EFFECTS ANALYSIS (FMEA), DAN ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)*

Nama : Horas Canman Sianipar

NIM : 55319110031

Program Studi : Magister Teknik Industri

Tanggal : 23 Februari 2023

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan arahan pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister (S2) pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, serta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 23 Februari 2023



(Horas Canman Sianipar)

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Horas Canman Sianipar
NIM : 55319110031
Program Studi : Magister Teknik Industri

Dengan Judul:

“Peningkatan Kualitas Las Pipa Di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Dengan *Quality Control, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan Analytical Hierarchy Process (AHP)*”. Telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 20 Februari 2023, didapatkan nilai persentase sebesar 28%.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Februari 2023

Administrator Turnitin

Miyono, S.Kom

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Menteng dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HAKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Tesis dengan judul ” PENINGKATAN KUALITAS LAS PIPA DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) DENGAN *QUALITY CONTROL*, *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS* (FMEA), DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP)” dibuat untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar magister pada program studi Teknik Industri di Universitas Mercu Buana.

Dalam penelitian dan penyusunan tesis ini tidak sedikit kesulitan dan tantangan yang dihadapi namun dapat diatasi dengan baik berkat adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu peneliti mengucapkan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tuaku, Mama dan Bapa yang telah membesarkanku dengan segala upaya dan doanya yang tidak pernah berkesudahan.
2. Dr. Hasbullah, MT sebagai pembimbing yang telah banyak memberikan pengetahuan, bimbingan, nasehat, motivasi, dan koreksi dalam penyusunan tesis ini.
3. Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang telah banyak memberikan pengetahuan, arahan, nasehat, dan motivasi dalam penyelesaian tesis ini.
4. Dr. Ir. Sawarni Hasibuan, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
5. Prof. Dr. Ir. Ngadiono, MS selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
6. Prof. Dr. Ir. Mawardi Amin, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
7. Seluruh dosen Universitas Mercu Buana di Fakultas Teknik - Program Magister Teknik Industri yang telah memberikan banyak materi kuliah yang sangat berguna dalam penyusunan tesis ini.
8. Seluruh mahasiswa Magister Teknik Industri angkatan 25 yang sudah banyak memberikan saran, nasehat, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.

9. Pak Fengki Markos selaku *Piping Engineer* dari PT. Rekadaya Elektriika Consult yang telah banyak membantu mendapatkan sumber data sekunder dalam penelitian ini.
10. Pak Marshal Tarlini selaku *Site QA/QC Manager* dari PT. Utama Karya dan seluruh *QA/QC Piping Engineer* dan *Welding Inspector* dari PT. Utama Karya yang telah banyak membantu mendapatkan sumber data primer dalam penelitian ini.
11. Pak Miduk Tampubolon selaku *Site QA/QC Manager* dari PT. Jurong Energi Lestari yang telah banyak membantu dalam mendapatkan sumber data primer dan sekunder dalam penelitian ini.
12. Pak Hajarat Purba selaku *Senior Welding Inspector* dari PT. Tiga Pilar Energi dan seluruh *welder* dan *piping supervisor* dari PT. Tiga Pilar Energi yang telah banyak membantu mendapatkan sumber data primer dan sekunder dalam penelitian ini.
13. Rekan-rekan kerja dari PT. Surveyor Indonesia yang telah banyak membantu dalam mendapatkan sumber data primer dan sekunder dalam penelitian ini dan menyediakan tempat untuk melakukan *Focus Group Discussion*.
14. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati peneliti berdoa semoga semua bantuan yang pernah Bapak dan Ibu berikan selama penelitian ini mendapatkan imbalan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa, Amin.

Jakarta, 23 Februari 2023



(Horas Canman Sianipar)

ABSTRAK

Intensitas pengelasan yang tinggi merupakan bagian integral dari proses konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). Adanya cacat pengelasan berpotensi besar untuk pengerjaan ulang, penambahan biaya konstruksi dan keterlambatan penyelesaian proyek. Pada fabrikasi sambungan perpipaan dengan pengelasan di proyek konstruksi tambahan PLTGU berkapasitas 650 MW di Muara Tawar ditemukan sambungan-sambungan las yang ditolak sebesar 22,44%. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan menentukan faktor penyebab utama pada sambungan Las. Metode yang digunakan adalah FMEA dan AHP. Berdasarkan diagram Pareto diketahui ada dua jenis cacat las yang dominan terjadi dalam sambungan las yang selanjutnya menjadi prioritas perbaikan yang dilakukan kontraktor yaitu *porosity* dan *cluster porosity*. Berdasarkan metoda FMEA diketahui ada dua kelompok nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang perbedaannya cukup jauh yaitu kelompok dengan nilai RPN rendah (1-140) dan kelompok dengan nilai RPN tinggi (245-392). Berdasarkan metoda FMEA dan AHP diketahui bahwa mode kegagalan atau faktor-faktor yang paling dominan menjadi penyebab terjadinya cacat porositas yang ditolak adalah kinerja mesin las sudah menurun atau mesin las mengalami kerusakan dan arus listrik pada mesin las tidak stabil karena genset sebagai sumber tenaga listrik berbeban tinggi, dan tenda rusak dan desain tidak baik.

Kata kunci: porositas, FMEA, AHP



ABSTRACT

High welding intensity is an integral part of the construction process of a Steam Gas Power Plant (PLTGU). The existence of welding defects has great potential for rework, additional construction costs and delays in project completion. In the fabrication of pipe joints by welding in the PLTGU additional construction project with a capacity of 650 MW in Muara Tawar, welded joints were found to be rejected at 22.44%. The purpose of this research is to analyze and determine the main causal factors in welding joints. The method used is FMEA and AHP. Based on the Pareto diagram, it is known that there are two types of welding defects that dominantly occur in welded joints which will then become the priority for repairs carried out by the contractor, namely porosity and cluster porosity. Based on the FMEA method, it is known that there are two groups of Risk Priority Number (RPN) values that differ quite a lot, namely the group with low RPN values (1-140) and the group with high RPN values (245-392). Based on the FMEA and AHP methods, it is known that the failure mode or the most dominant factors that cause porosity defects that are rejected are the performance of the welding machine that has decreased or the welding machine has been damaged and the electric current in the welding machine is unstable because the generator is a high-load power source, and the tent is broken and the design is not good.

Keywords: porosity, FMEA, AHP



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Asumsi dan Batasan Masalah.....	7
1.5.1 Asumsi Masalah.....	7
1.5.2 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kajian Teori.....	9
2.1.1 Pengendalian Kualitas.....	9
2.1.2 Cacat (<i>Defect</i>).....	13
2.1.3 <i>QC Seven Tools</i>	14
2.1.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	18
2.1.5 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	22
2.2 Penelitian Terdahulu.....	26
2.3 Kerangka Pemikiran	37
BAB III METODE PENELITIAN	38

3.1	Jenis dan Desain Penelitian	38
3.2	Jenis dan Sumber Data	38
3.3	Teknik Pengumpulan Data	39
3.4	Populasi dan Sampel.....	41
3.5	Langkah-Langkah Penelitian.....	42
3.6	Teknik Analisis Data Dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process	43
BAB IV	Hasil Pengolahan Data dan Analisis.....	45
4.1	Hasil Pengolahan Data.....	45
4.1.1	<i>Flowchart</i> Pekerjaan Konstruksi Perpipaan.....	45
4.1.2	Data Sambungan Las Yang Ditolak dari Hasil Uji Radiografi ...	46
4.1.3	Data Hasil Pengamatan Pada Pengelasan	48
4.2	Analisis Data	58
4.2.1	Analisis Dengan Diagram Pareto	58
4.2.2	Analisis Dengan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	59
4.2.3	Analisis Dengan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	77
4.2.4	Analisis Terhadap Hasil Pengamatan Pada Pengelasan.....	94
BAB V	Hasil dan Pembahasan	106
5.1	Pembahasan Hasil Analisis Dengan FMEA	106
5.2	Pembahasan Hasil Analisis Dengan AHP	107
5.3	Pembahasan Hasil Analisis Pengamatan Pada Pengelasan	107
5.4	Identifikasi Akar Penyebab Masalah.....	109
5.5	Implikasi Industri dan Keterbatasan Penelitian	116
BAB VI	Kesimpulan dan Saran	118
6.1	Kesimpulan.....	118
6.2	Saran (Rekomendasi Perbaikan).....	119
	DAFTAR PUSTAKA	122
	LAMPIRAN.....	127

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rating Severity Berdasarkan Kriterianya	19
Tabel 2.2 Rating Occurrence Berdasarkan Kriterianya	20
Tabel 2.3 Rating Detection Berdasarkan Kriterianya	21
Tabel 2.4 Skala Penilaian Perbandingan Fundamental	23
Tabel 2.5 Index Random Consistency	25
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	26
Tabel 2.7 State of The Art	35
Tabel 4.1 Hasil Uji Radiografi di HRSG Block 2.1	47
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Pada Pengelasan	49
Tabel 4.3 Parameter Rating Severity	60
Tabel 4.4 Parameter Rating Occurrence	63
Tabel 4.5 Parameter Rating Detection	64
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan RPN Dengan FMEA	66
Tabel 4.7 Hasil Diskusi Bobot Kriteria	79
Tabel 4.8 Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria	79
Tabel 4.9 Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan	80
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan RPN Baru Dengan Bobot AHP	82
Tabel 4.11 Perbandingan Mode Kegagalan Untuk RPN Tertinggi Dari Hasil FMEA dan FMEA-AHP	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Persentase Sambungan Las Yang Ditolak Di HRSG Block 2.1	6
Gambar 2.1	Tiga Aspek Kualitas (Mitra, 2016)	10
Gambar 2.2	Contoh Diagram Pareto (Manojkumar & Kumar, 2021a).....	15
Gambar 2.3	Contoh Diagram Alir (Dessalegn Dejene & Gopal, 2021).	16
Gambar 2.4	Contoh Diagram Sebab Akibat (Manojkumar & Kumar, 2021b).....	17
Gambar 2.5	Contoh Diagram Tebar (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019).....	18
Gambar 2.6	Contoh Schematic Layout Model AHP (Kakade & Thakur, 2021). .	23
Gambar 2.7	Kerangka Pemikiran	37
Gambar 3.1	Langkah-Langkah Penelitian	42
Gambar 4.1	Diagram Alir Pengelasan Hingga Pengujian	46
Gambar 4.2	Diagram Pareto Cacat Las di HRSG Block 2.1	58
Gambar 4.3	Hierarki Penyebab Cacat Las Porositas	78
Gambar 4.4	Hasil Uji Radiografi.....	94
Gambar 4.5	Perbandingan Arus Listrik Pada <i>Setting</i> dan WPS	95
Gambar 4.6	Perbandingan Arus Listrik Pada <i>Setting</i> dan WPS - Juru Las Labil	96
Gambar 4.7	Mesin Las Pro Arc-400.....	96
Gambar 4.8	Perbandingan Mesin Las Berdasarkan Deviasi Arus Listrik (<i>Setting</i> Terhadap <i>Output</i>)	97
Gambar 4.9	Perbandingan Mesin Las Berdasarkan Deviasi Arus Listrik - Mesin Las Abnormal	98
Gambar 4.10	Perbandingan Porositas Berdasarkan Kecepatan Angin Pada GTAW	98
Gambar 4.11	Perbandingan Porositas Berdasarkan Kecepatan Angin Pada SMAW.....	99
Gambar 4.12	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses SMAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 50 – 160 <i>Ampere</i> WPS.....	99

Gambar 4.13	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses SMAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 50 – 220 <i>Ampere</i> WPS	100
Gambar 4.14	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses SMAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 100 – 120 <i>Ampere</i> WPS	100
Gambar 4.15	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses SMAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 100 – 130 <i>Ampere</i> WPS	101
Gambar 4.16	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses GTAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 70 – 110 <i>Ampere</i> WPS	101
Gambar 4.17	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses GTAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 70 – 180 <i>Ampere</i> WPS	102
Gambar 4.18	Deviasi Arus Listrik Yang Terjadi Pada Proses GTAW Untuk Setiap <i>Current Setting</i> Pada 80 – 150 <i>Ampere</i> WPS	102
Gambar 4.19	Pengelasan Dekat Pintu Masuk Bangunan dan Tanpa Tenda	104
Gambar 4.20	<i>Outdoor</i> , Desain Buruk, Terpal Rusak, dan Arah <i>Axial</i> Terbuka	104
Gambar 4.21	<i>Outdoor</i> , Desain Buruk, dan Arah <i>Axial</i> Terbuka	105
Gambar 4.22	<i>Outdoor</i> , Desain Buruk, dan Arah <i>Axial & Radial</i> Terbuka	105
Gambar 4.23	<i>Outdoor</i> , Desain Buruk, dan Arah <i>Axial & Radial</i> Terbuka	105
Gambar 5.1	<i>Fishbone diagram</i> “kinerja mesin las sudah menurun atau mesin las mengalami kerusakan”	110
Gambar 5.2	<i>Fishbone diagram</i> “ arus listrik pada mesin las tidak stabil”	112
Gambar 5.3	<i>Fishbone diagram</i> “tenda rusak dan desain yang tidak baik”	114
Gambar 5.4	Desain Tenda	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Wawancara Individual	127
Lampiran 2. Daftar Hadir Focus Group Discussion.....	151
Lampiran 3. Foto Kegiatan FGD	152
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup.....	154

