

SKRIPSI

ANALISIS KERUSAKAN PADA MESIN *BUTT FUSION* PENYAMBUNG PIPA HDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) (Studi Kasus : PT. PANCA INDAH JAYAMAHE)



Oleh :

Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura

NPM.20036010023

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2026**

SKRIPSI

ANALISIS KERUSAKAN PADA MESIN *BUTT FUSION* PENYAMBUNG PIPA HDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)

(Studi Kasus : PT. PANCA INDAH JAYAMAHE)



Oleh :

Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura
NPM.20036010023

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2026**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS KERUSAKAN PADA MESIN *BUTT FUSION* PENYAMBUNG PIPA
HDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS* (FMEA)**

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Studi Strata Satu dan
Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Oleh :

Nama : Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura
NPM : 20036010023
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah diuji dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Pada Rabu / 18 Februari 2026
Telah disahkan oleh :

Dosen Penguji 1


Ndaru Adyono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001

Dosen Pembimbing


Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

Dosen Penguji 2


Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 199407262024061002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 196406111992032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 196804031991032001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : <http://tekmesin.upnjatim.ac.id/>

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura
NPM : 20036010023
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Sempro/Semhas : 18 Februari 2026

Telah mengerjakan revisi ~~PRA RENCANA (DESAIN) / SEMINAR PROPOSAL / SKRIPSI / TUGAS~~
AKHIR Ujian Lisan Periode I, TA . 2025/2026.

Dengan judul : ANALISIS KERUSAKAN PADA MESIN *BUTT FUSION* PENYAMBUNG PIPA HDPE
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)
(Studi Kasus : PT. PANCA INDAH JAYAMAHE)

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

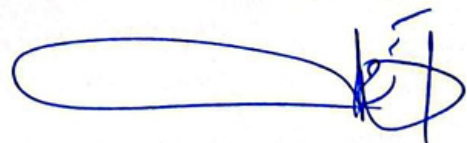
1. Ndaru Adyono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001
2. Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 199407262024061002

()
()

Surabaya, 24 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

()

Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura
NPM : 20036010023
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi~~* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada ~~Skripsi/Tesis/Desertasi~~ ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 24 Februari 2025

Yang Membuat pernyataan



Moh. Zaky Purwananda Choirun nura
NPM. 20036010023

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya terang bagi seluruh umat manusia yang mau berpikir. Tugas Akhir ini disusun agar memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. **Ibu Ir. Luluk Edahwati, MT.** selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. **Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** selaku dosen pembimbing tugas penelitian tugas akhir.
4. **Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** selaku dosen penguji I Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
5. **Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku dosen penguji II Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
6. **Orang tua dan keluarga** yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, terima kasih atas kesabaran, motivasi, dukungan dan doanya selama ini.
7. **Bapak dan ibu dosen** Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains yang telah tulus sepuh hati memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Kepada seseorang yang kehadirannya tidak kalah penting yakni, pasangan saya **Azzahro Saqifa Milda.** Terima kasih telah menjadi bagian dari penulis selama proses penyusunan skripsi ini berkontribusi dalam hal tenaga, pikiran, waktu, mendengarkan keluh kesah penulis, menemani serta selalu memberikan semangat hingga skripsi ini terselesaikan.
9. **Rekan – rekan mahasiswa Teknik Mesin** dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha menyusun dengan sebaik-baiknya, namun tidak menutup kemungkinan masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Penulis

(Moh. Zaky Purwananda Choirun Nura)

ABSTRAK

Dalam industri perpipaan, mesin *Butt Fusion* menjadi alat vital untuk menyambung pipa HDPE (*High-Density Polyethylene*) pada jaringan distribusi air dan gas. Gangguan operasional pada mesin tersebut berpotensi mengakibatkan cacat sambungan sekaligus menghambat kontinuitas produksi. Studi ini fokus pada identifikasi bentuk kegagalan beserta faktor pemicunya pada mesin Butt Fusion PT. Panca Indah Jayamahe, sekaligus menentukan strategi perawatan optimal guna meningkatkan keandalan melalui pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metodologi penelitian mencakup pengumpulan data riwayat kegagalan periode 2019-2024, implementasi analisis FMEA untuk perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), dan evaluasi reliabilitas berbasis distribusi Weibull melalui aplikasi Weibull++6. Perhitungan mencakup beberapa parameter kritis seperti *Probability Density Function* (PDF), tingkat keandalan komponen, *failure rate*, serta *Mean Time Between Failure* (MTBF). Temuan analisis FMEA mengindikasikan seal hidrolis sebagai komponen dengan tingkat risiko tertinggi (RPN 120), disusul komponen *cutting* (RPN 90) dan pemanas (RPN 50). Evaluasi reliabilitas memperlihatkan MTBF pemanas mencapai 11.395,71 jam, *cutting* 10.340,52 jam, sedangkan *seal* hidrolis 5.411,37 jam. Rekomendasi pelaksanaan *preventive maintenance* pada reliabilitas $R=0,8$ ditetapkan di 9.918 jam untuk pemanas, 9.634 jam untuk *cutting*, dan 1.420 jam untuk *seal* hidrolis. Penelitian menyimpulkan bahwa implementasi metode FMEA terbukti efisien dalam mengidentifikasi komponen berisiko tinggi dan menetapkan prioritas pemeliharaan. Strategi *preventive maintenance* terencana mampu meminimalkan kegagalan operasional, menurunkan waktu henti tak terjadwal, serta mengoptimalkan masa operasional mesin *Butt Fusion*.

Kata Kunci : *Butt Fusion*; FMEA; HDPE; MTBF

ABSTRACT

In the piping industry, Butt Fusion machines are vital tools for connecting HDPE (High-Density Polyethylene) pipes in water and gas distribution networks. Operational disruptions in these machines have the potential to cause connection defects and hinder production continuity. This study focuses on identifying the types of failures and their triggering factors in the Butt Fusion machines at PT. Panca Indah Jayamahe, as well as determining the optimal maintenance strategy to improve reliability through the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) approach. The research methodology includes collecting failure history data for the 2019-2024 period, implementing FMEA analysis to calculate the Risk Priority Number (RPN), and evaluating reliability based on the Weibull distribution using the Weibull++6 application. The calculations included several critical parameters such as the Probability Density Function (PDF), component reliability levels, failure rates, and Mean Time Between Failure (MTBF). The FMEA analysis findings indicated that the hydraulic seal was the component with the highest risk level (RPN 120), followed by the cutting component (RPN 90) and the heater (RPN 50). The reliability evaluation shows that the MTBF of the heater reaches 11,395.71 hours, the cutting component 10,340.52 hours, and the hydraulic seal 5,411.37 hours. The recommended preventive maintenance implementation at a reliability of $R=0.8$ is set at 9,918 hours for the heater, 9,634 hours for the cutting component, and 1,420 hours for the hydraulic seal. The study concludes that the implementation of the FMEA method has proven to be efficient in identifying high-risk components and setting maintenance priorities. A planned preventive maintenance strategy can minimize operational failures, reduce unscheduled downtime, and optimize the operational life of Butt Fusion machines.

Keywords : *Butt Fusion; FMEA; HDPE; MTBF*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR BEBAS REVISI SEMINAR HASIL	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.4.1 Manfaat teoritis	2
1.4.2 Manfaat Praktis	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Mesin Hidrolis.....	5
2.3 Mesin <i>Butt Fusion</i>	6
2.3.1 Komponen Mesin <i>Butt Fusion</i>	7
2.3.2 Prinsip Kerja Mesin <i>Butt Fusion</i>	8
2.4 Pipa HDPE (High-Density Polyethylene).....	8
2.5 <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA)	9
2.6 Perawatan (Maintenance).....	12
2.7 Analisis <i>Reliability</i> (Kehandalan)	13
2.7.1 Distribusi <i>Weibull</i>	13
2.8 Hipotesis.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Spesifikasi Mesin <i>Butt Fusion</i>	16

3.3	Diagram Alir Penelitian	16
3.4	Metodologi Penelitian.....	17
3.4.1	Studi Literatur.....	17
3.4.2	Studi Lapangan.....	18
3.4.3	Pengumpulan Data.....	18
3.4.4	<i>Failure Mode</i>	18
3.4.5	Analisis FMEA dan Realibilitas	18
3.4.6	Identifikasi Perawatan	19
3.4.7	Evaluasi dan Perbandingan Kegiatan Perawatan	19
3.4.8	Kesimpulan dan Saran	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Data Histori Kerusakan Mesin <i>Butt Fusion</i>	20
4.2	Data Kerusakan Komponen	20
4.3	<i>Analisis Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)</i>	21
4.4	Analisis Reliabilitas	24
4.5	Analisis Keandalan Kuantitatif Hidrolis	24
4.5.1	Waktu Antar Kegagalan (TBF) Hidrolis.....	24
4.5.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	25
4.5.3	Keandalan Hidrolis.....	26
4.5.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Hidrolis	27
4.5.5	<i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> Hidrolis	28
4.6	Analisis Keandalan Kuantitatif Konektor	28
4.6.1	Waktu Antar Kegagalan (TBF) Konektor.....	28
4.6.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	29
4.6.3	Keandalan Konektor.....	30
4.6.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Konektor	31
4.6.5	<i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> Konektor	32
4.7	Analisis Keandalan Kuantitatif Kelistrikan Mesin	32
4.7.1	Waktu Antar Kegagalan (TBF) Kelistrikan Mesin	32
4.7.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	33
4.7.3	Keandalan Kelistrikan Mesin.....	34
4.7.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Kelistrikan Mesin.....	35
4.7.5	<i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> Kelistrikan Mesin.....	36
4.8	Analisis Keandalan Kuantitatif Pemanas	36
4.8.1	Waktu Antar Kegagalan (TBF) Pemanas.....	37

4.8.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	37
4.8.3	Keandalan Pemanas	38
4.8.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Pemanas	39
4.8.5	<i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) Pemanas	40
4.9	Analisis Keandalan Kuantitatif Cutting	41
4.9.1	Waktu Antar Kegagalan (TBF) Cutting.....	41
4.9.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	41
4.9.3	Keandalan Cutting.....	42
4.9.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Cutting	43
4.9.5	<i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) Cutting.....	44
4.10	Analisis Keandalan Kuantitatif Seal Hidrolis	45
4.10.1	Waktu Antar Kegagalan Seal Hidrolis	45
4.10.2	Fungsi Kepadatan Peluang (PDF).....	46
4.10.3	Keandalan Seal Hidrolis.....	47
4.10.4	Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Seal Hidrolis	48
4.10.5	<i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) Seal Hidrolis.....	49
4.11	Analisis <i>Preventive Maintenance</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin <i>Butt Fusion</i>	7
Gambar 2.2 Pipa HDPE (<i>High-Density Polyethylene</i>)	9
Gambar 3.1 Diagram Penelitian	17
Gambar 4.1 (a) Kabel Pada Pemanas Putus , (b) Penggantian <i>Seal</i> Hidrolis Yang Bocor, (c) Konektor Error	21
Gambar 4.2 Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) Hidrolis	25
Gambar 4.3 Grafik Keandalan Hidrolis.....	26
Gambar 4.4 Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Hidrolis.....	27
Gambar 4.5 Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) Konektor	29
Gambar 4.6 Keandalan Konektor	30
Gambar 4.7 Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Konektor.....	31
Gambar 4.8 Grafik fungsi Kepadatan Peluang (PDF) Kelistrikan Mesin	33
Gambar 4.9 Grafik Keandalan Kelistrikan Mesin	34
Gambar 4.10 Grafik Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>) Kelistrikan Mesin.....	35
Gambar 4.11 Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) Pemanas	38
Gambar 4.12 Grafik Keandalan Pemanas.....	39
Gambar 4.13 Grafik Laju Kegagalan Pemanas	40
Gambar 4.14 Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) <i>Cutting</i>	42
Gambar 4.15 Grafik Keandalan <i>Cutting</i>	43
Gambar 4.16 Grafik Laju Kegagalan <i>Cutting</i>	44
Gambar 4.17 Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) <i>Seal</i> Hidrolis	46
Gambar 4.18 Grafik Keandalan <i>Seal</i> Hidrolis.....	47
Gambar 4.19 Grafik Laju Kegagalan <i>Seal</i> Hidrolis	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perhitungan MTBF	4
Tabel 2.2 Perhitungan MTTR.....	4
Tabel 2.3 Tingkat Kerusakan (<i>Severity</i>)	10
Tabel 2.4 Frekuensi Kejadian (<i>Occurence</i>)	11
Tabel 2.5 Tingkat Deteksi (<i>Detection</i>)	11
Tabel 4 1 Data Histori Kerusakan Mesin <i>Butt Fusion</i>	20
Tabel 4 2 Analisis <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA).....	22
Tabel 4 3 Hasil Nilai SOD.....	23
Tabel 4 4 Hasil Waktu Antar Kegagalan (TBF) Hidrolis.....	24
Tabel 4 5 Hasil Waktu Antar Kegagalan (TBF) Konektor.....	28
Tabel 4 6 Hasil Waktu Antar Kegagalan (TBF) Kelistrikan Mesin	33
Tabel 4 7 Hasil Waktu Antar Kegagalan (TBF) Pemanas.....	37
Tabel 4 8 Hasil Waktu Antar Kegagalan (TBF) <i>Cutting</i>	41
Tabel 4 9 Waktu Antar Kegagalan (TBF) <i>Seal</i> Hidrolis	45
Tabel 4 10 Nilai Waktu Keandalan Masing-Masing Komponen	49

DAFTAR NOTASI

S	= <i>Severity</i> (Tingkat Kerusakan)
O	= <i>Occurrence</i> (Frekuensi Kejadian)
D	= <i>Detection</i> (Tingkat Deteksi)
β	= Parameter Bentuk
η	= Faktor Skala
$f(T)$	= Fungsi Kepadatan Peluang
$R(T)$	= Fungsi Keandalan
$M(t)$	= Fungsi Waktu Rata-Rata Antara Suatu Kegagalan
$\lambda(T)$	= Fungsi Tingkat Kegagalan