



**ANALISA PENINGKATAN KEANDALAN
GAS ENGINE G-3512 CATERPILAR
DENGAN METODE FMEA & AHP
PADA INDUSTRI PENGOLAHAN GAS LPG**

TESIS

UNIVERSITAS
IRHAM ALQAIS
MERCU BUANA
55317110025

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS
MERCU BUANA
2020**



**ANALISA PENINGKATAN KEANDALAN
GAS ENGINE G-3512 CATERPILAR
DENGAN METODE FMEA & AHP
PADA INDUSTRI PENGOLAHAN GAS LPG**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program
Pascasarjana Pada Program Magister Teknik Industri**

**UNIVERSITAS
IRHAM ALQAIS
MERCU BUANA
55317110025**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

2020

PENGESAHAN THESIS

Judul : Analisa Peningkatan Keandalan Gas Engine G-3512 Catterpillar dengan Metode FMEA & AHP Pada Industri Pengolahan gas LPG

Nama : Irham Alqais

NIM : 55317110025

Program : Pascasarjana- Program Magister Teknik Industri

Tanggal : 04 Januari 2020

Mengesahkan

Pembimbing



(Dr. Ir. Erry Rimawan, MBAT)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Direktur

Program Pasca Sarjana

Ketua Program Studi

Magister Teknik Industri



(Prof. Dr. Ing Mudrik Alaydrus)



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

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Judul : Analisa Peningkatan Keandalan Gas Engine G-3512 Catterpillar dengan Metode FMEA & AHP Pada Industri Pengolahan Gas LPG
Nama : Irham Alqais
NIM : 55317110025
Program : Pascasarjana- Program Magister Teknik Industri
Tanggal : 4 Januari 2020

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian, 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, seta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

MERCU BUANA

Jakarta, 04 Januari 2020



(Irham Alqais)

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 Direktur Program Pascasarjana UMB.



PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis :

Nama : Irham Alqais
NIM : 55317110025
Program Studi : Magister Teknik Industri

Dengan judul “**Analisa Peningkatan Keandalan Gas Engine G-3512 Catterpillar dengan Metode FMEA & AHP Pada Industri Pengolahan Gas LPG**“, telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 8 Januari 2020, didapatkan nilai persentase sebesar 16%.

Jakarta, 15 Februari 2020

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Arie Pangudi, A.Md

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, peneliti sudah dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka penyusunan Tesis. Penelitian ini berjudul "Analisa Peningkatan Keandalan *Gas Engine* G-3512 Catterpillar dengan Metode FMEA dan AHP pada Industri Pengolahan Gas LPG" Tesis ini akan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknik Industri Universitas Mercu Buana.

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian telah mendapat bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini peneliti menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Dr. Ir. Arisetyanto Nugroho, MM selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Prof. Dr. Ing Mudrik Alaydrus, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan dan fasilitas pada Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana
3. Dr. Ir. Erry Rimawan, MBAT sebagai Pembimbing pertama dan pembimbing kedua Dr. Ir. Tanto Pratondo, M.Si, yang juga telah memberikan bimbingan, arahan, dan memberi motivasi dalam penyusunan Tesis ini.
4. Dr. Ir. Sawarni Hasibuan, M.T, selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan, arahan, dan membagi ilmu yang bermanfaat dalam penyelesaian penelitian ini.
5. Para Guru Besar Universitas Mercu Buana selaku dosen yang telah memberikan kuliah dan tugas lain guna pendalaman materi kuliah; dan rekan-rekan mahasiswa sebagai pendamping diskusi dalam belajar

6. Kepada orang tua umi Hj. Khodijah Ahmad yang telah membesarkan, dan sabar mendidik peneliti, dan anggota keluarga lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.
7. Kepada istriku Siska Amelia, atas semua dukungan baik doa, waktu, semangat, inspirasi dan motivasi sehingga tesis ini dapat tersusun dengan baik.
8. Kepada anak-anakku Arkan Faiq Alqais, Adrian Mafatih Alqais, Aretha Rayna Alqais. Kalian adalah cahaya mataku yang senantiasa memberikan energi yang tak pernah ada habisnya.
9. Kepada seluruh rekan kerja PT. BBWM, yang telah membantu peneliti baik pikiran, masukan dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini sehingga dapat tersusun dengan baik.
10. Kepada seluruh rekan Magister Teknik Industri angkatan 21 yang telah menjadi teman, sahabat, saudara, pembimbing untuk semua tawa, canda dan kebersamaan di 2 tahun yang singkat, walaupun kita mempunyai arah tujuan hidup yang berbeda, kita semua masih mempunyai Bahan Obrolan yang sama karena bersama kita benar.

Penelitian ini sudah dibuat dengan sungguh-sungguh untuk mengikuti kaidah-kaidah penelitian ilmiah sebagaimana telah diatur dalam buku pedoman yang merupakan kebijakan Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana. Di sisi lain adanya keterbatasan kemampuan teknis maupun metodologis, tentu di dalam proposal penelitian ini masih terdapat kekurangan. Semoga semua pihak dapat membantu penyempurnaannya.

Jakarta, 4 Januari 2020

Irham Alqais

ABSTRACT

The Tambun LPG refinery uses a G-3512 gas engine which functions as an initial drive for the screw compressor in the cooling system (tag number; Austcold C) to liquefy natural gas from the gas phase to the liquid phase so that it is easily separated in the LPG purification process. With frequent damage to the components of a gas engine the right method is needed to be able to improve its reliability. Failure analysis is done quantitatively and qualitatively. Qualitative analysis was carried out using the causal method, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). The results of the FMEA analysis and risk priority number (RPN) for engine damage by overheating showed the highest RPN value was 252 due to a dead-core radiator, so routine replacement and cleaning had to be done. Whereas the quantitative analysis uses the calculation of the reliability value then it is verified using the process hierarchy analytic model (AHP). Where actions to improve the reliability of gas engines are better determined by the operating schedule with a value of 0.267, then the second priority is influenced by risk analysis with the FMEA method that is equal to 0.224, maintenance of the engine operator in accordance with standard operating procedures with the application of Total Productive Maintenance then becomes the third priority with a value 0.201, this implies that the reliability of engine gas can be maintained and improved by minimizing failures through analyzing potential risks to the system and component parts of the engine and analyzing the occurrence of component damage from a previous fault history.

Keyword: Reliability, Overheating, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Total Productive Maintenance, Analytic Hierarchy Process (AHP)

ABSTRAK

Kilang LPG Tambun menggunakan mesin gas G-3512 yang berfungsi sebagai penggerak awal untuk sekrup kompresor dalam sistem pendingin (nomor tag; Austcold C) yang berfungsi mencairkan gas alam dari fase gas ke fase cair sehingga mudah dipisahkan dalam proses pemurnian LPG. Dengan sering terjadinya kerusakan pada komponen-komponen mesin gas tersebut diperlukan metode yang tepat untuk dapat meningkatkan keandalannya. Analisis kegagalan dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode kausal, Mode Kegagalan dan Analisis Efek (FMEA). Hasil analisis FMEA dan nomor prioritas risiko (RPN) untuk kerusakan mesin dengan *overheating* menunjukkan nilai RPN tertinggi adalah 252 karena radiator tersumbat, sehingga penggantian dan pembersihan rutin harus dilakukan. Sedangkan analisis kuantitatif menggunakan perhitungan nilai keandalan kemudian diverifikasi menggunakan analitik hierarki proses model (AHP). Dimana tindakan untuk meningkatkan keandalan mesin gas lebih baik ditentukan oleh jadwal pengoperasian dengan nilai 0.267, maka prioritas kedua dipengaruhi oleh analisis risiko dengan metode FMEA yaitu sebesar 0.224, perawatan operator mesin sesuai dengan standar operasi prosedur dengan penerapan *total productive maintenance* kemudian menjadi prioritas ketiga dengan nilai 0,201, ini menyiratkan bahwa keandalan gas engine dapat dipertahankan dan ditingkatkan dengan meminimalkan kegagalan melalui analisis risiko potensial pada sistem dan bagian komponen dari mesin dan menganalisis terjadinya kerusakan komponen dari histori kerusakan sebelumnya.

Kata Kunci : Keandalan, Overheating, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Total Productive Maintenance, Proses Hierarki Analitik (AHP)

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	v
KATA PENGANTAR	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Teori	8
2.1.1 Gas Engine	8
2.1.2 Perawatan	11
2.1.3 Total Productive Maintenance	14
2.1.4 Keandalan	16
2.1.4.1 Laju Kerusakan	20
2.1.5 Teori Penyelesaian Masalah	23
2.1.5.1 Diagram Pareto	23
2.1.5.2 5W+1H	25
2.1.5.3 FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	25

2.1.5.3.1 Fungsi FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	29
2.1.5.2 Keuntungan dan manfaat FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	29
2.1.5.3 Output dari proses FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	30
2.1.6 FGD (<i>Focus Group Discussion</i>).....	30
2.1.7. Analytical Hierarchy Process	31
2.1.7.1 Prinsip dasar Analytical Hierarchy Process	32
2.2 Kajian Penelitian Sebelumnya	33
2.3 Kerangka Pemikiran	38
BAB III METODOLOGI	39
3.1 Jenis dan Desain Penelitian	40
3.2 Data dan Informasi	40
3.3 Teknik Pengumpulan Data	41
3.4 Populasi dan Sampel.....	42
3.5 Teknik Analisis Data	42
3.6 Langkah-Langkah Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	47
4.1 Latar Belakang Penggunaan Gas engine G3512	47
4.2 Pengumpulan data	49
4.2.1. Desain Engine.....	50
4.2.2 Data Produksi dan Load Engine Austcold C	52
4.2.3. Jadwal Pengoperasian.....	54
4.3. Analisis Data	55
4.3.1 Analisa Ketersediaan	55
4.3.2. Analisis Diagram Pareto	56
4.3.3 Analisis Sebab Akibat	59
4.3.4 Analisis Diagram 5W+1H	61
4.3.5 Analisis FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	62
4.3.6. Analisis DFMEA	64
4.3.7 Analisis Keandalan dan Perhitungan Interval	69

4.3.8 Analisis Analytical Hierarchy Process	74
BAB V PEMBAHASAN	80
5.1 Temuan Utama	80
5.2 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	82
5.3. Implikasi Industri	84
5.3.1 Usulan Pemecahan Masalah	85
5.3.2. Usulan Penerapan	85
5.4. Keterbatasan Penelitian	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	87
6.1 Kesimpulan	87
6.2 Saran	88

DAFTAR PUSTAKA
RIWAYAT HIDUP
LAMPIRAN



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kerusakan Mesin Utama Kilang LPG Tambun Tahun 2018	4
Tabel 2.1 Tabel Kelebihan dan kekurangan Gas Engine.....	10
Tabel 2.2 Rumus Distribusi Peningkatan Realiabilty.....	23
Tabel 2.3 Tabel Occurance	26
Tabel 2.4 Tabel Severity	27
Tabel 2.5 Tabel Detectability	28
Tabel 2.6 Penelitian Sebelumnya	34
Tabel 2.7 State of the Art	37
Tabel 3.1 Matriks Operasional Variabel	39
Tabel 4.1 Spesifikasi Gas Engine Catterpillar G3512	50
Tabel 4.2 Rekomendasi Service Berkala	51
Tabel 4.3 Rencana Produksi dan Aktual serta Performa Austcold C	52
Tabel 4.4 Skala Nilai Keandalan Kilang LPG Tambun	53
Tabel 4.5 Jadwal Preventive Maintenance	54
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Availability Rate MTB dan MTTR	55
Tabel 4.7 Jumlah Kerusakan pada Austcold C	57
Tabel 4.8 Data Time To Repair	58
Tabel 4.9 Analisa 5+1 H	62
Tabel 4.10 Analisa FMEA High Temperature Engine	63
Tabel 4.11 Analisa DFMEA Gas Engine G3512	65
Tabel 4.12 Analisa RPN Desain	68
Tabel 4.13 Penentuan Distribusi Terpilih	70
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Distribusi antara Waktu Kerusakan dan Keandalan	71
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Distribusi antara Waktu Perbaikan	72
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR	72
Tabel 4.17 Perhitungan Interval Perawatan	73
Tabel 4.18 Prioritas Subkriteria Berdasarkan Kriteria	76
Tabel 4.19 Prioritas Berdasarkan Kriteria	76
Table 4.20 Total Perhitungan Prioritas	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi Permintaan dan Suplai LPG	2
Gambar 1.2 Perbandingan Produksi, impor dan Konsumsi LPG 2012-2017	3
Gambar 1.3 Block Diagram Proses LPG	3
Gambar 2.1 Engine Catterpillar	8
Gambar 2.2 Bagan Klasifikasi Engine	9
Gambar 2.3 Grafik Siklus Otto	10
Gambar 2.4 EJW System	11
Gambar 2.5 Komponen Cooling System	11
Gambar 2.6 Karakteristik Rentang Umur Kerusakan	20
Gambar 2.7 Diagram Pareto	20
Gambar 2.8 Struktur Hierarki	29
Gambar 2.9 Kerangka Pemikiran	38
Gambar 4.1 Diagram Alir Refrigerant System	47
Gambar 4.2 P&ID Propane Rerigeration System	48
Gambar 4.3 Gas Engine G-3512	49
Gambar 4.4 Batasan Lingkup Combustion dan Diesel Engine	50
Gambar 4.5 Jadwal Running Engine	54
Gambar 4.6 Grafik Ketersediaan Mesin	56
Gambar 4.7 Diagram Pareto Austcold C	57
Gambar 4.8 Fish bone diagram High Temperature Engine	60
Gambar 4.9 Pemilihan Distribusi	69
Gambar 4.10 Hierarki Proses Peningkatan kehandalan gas engine	75
Gambar 4.11 Kuisisioner Keandalan Gas Engine	75
Gambar 4.12 Goal Analisa Peningkatan Kehandalan	77
Gambar 4.13 Sensitivitas Analysis Peningkatan Keandalan	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat permohonan kuisisioner untuk responden

Lampiran 2 Daftar Pertanyaan wawancara pendahuluan

Lampiran 3 Perbandingan antar kriteria pada AHP

Lampiran 4 FMEA Overheating Gas Engine

Lampiran 5 DFMEA Gas Engine

Lampiran 6 Hasil Similiarity Jurnal

