

TUGAS AKHIR

ANALISIS *DEFECT* PENGELASAN DAN  
PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE *SIX*  
*SIGMA*, FMEA DAN FTA  
(Studi Kasus pada PT PAL Indonesia)



Oleh:

ATANASIVS HENDRATA W.  
NPM : 15320006

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK DARMA CENDIKA  
SURABAYA

2019

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS *DEFECT* PENGELASAN DAN  
PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE *SIX  
SIGMA*, FMEA DAN FTA  
(Studi Kasus pada PT PAL Indonesia)**



**Oleh:**

**ATANASIVS HENDRATA W  
NPM : 15320006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK DARMA CENDIKA  
SURABAYA  
2019**

**TUGAS AKHIR**

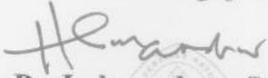
**ANALISIS DEFECT PENGELASAN DAN  
PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE SIX  
SIGMA, FMEA DAN FTA  
(Studi kasus pada PT PAL Indonesia)**

Oleh:

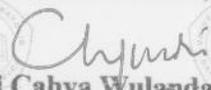
**ATANASIUS HENDRATA WICAKSONO**  
NPM : 15320006

Telah dipertahankan, dihadapkan dan diterima  
Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya  
pada tanggal : 15 Juli 2019

Tim Penguji :

  
1. Dr. Lukmandono, S.T.,M.T.

  
2. Lasman Parulian Purba, S.T.,M.Eng

  
3. Lusi Mei Cahya Wulandari, S.T.,M.T.

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya

  
Dr. Ir. Theresia Ratna D., M.T., IAI.

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS DEFECT PENGELASAN DAN**  
**PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE SIX**  
**SIGMA, FMEA DAN FTA**  
**(Studi kasus pada PT PAL Indonesia)**

Sebagai syarat untuk memenuhi kurikulum guna mencapai  
gelar Sarjana Teknik (S.T.)

di

**UNIVERSITAS KATOLIK DARMA CENDIKA**

Oleh:

**ATANASIVS HENDRATA WICAKSONO**

**NPM : 15320006**

Telah Disetujui,

Pembimbing I

  
**(Desrina Yusi Irawati, S.T.,M.T)**

Ketua Program Studi Teknik Industri

  
**(Lusi Mei Cahya Wulandari, S.T.,M.T.)**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Atanasius Hendrata Wicaksono  
Program Studi : Teknik Industri  
NPM : 15320006

Dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul:

### **ANALISIS DEFECT PENGELASAN DAN PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE SIX SIGMA, FMEA DAN FTA (Studi Kasus Pada PT PAL Indonesia)**

Adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi peraturan yang berlaku

Surabaya, 31 Juli 2019  
Pembuat pernyataan,

METERAI  
TEMPEL  
6ABC1ADF822142075  
6000  
Atanasius Hendrata W  
NPM: 15320006

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS *DEFECT* PENGELASAN DAN PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE *SIX SIGMA*, FMEA DAN FTA” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini dibuat dalam rangka untuk diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menerima banyak sekali dukungan yang diberikan dari berbagai pihak, karenanya penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Ibu Ir. Theresia Ratna Darmiwati., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya
2. Ibu Lusi Cahya W., S.T., M.T., selaku Kepala Prodi Teknik Industri Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya
3. Ibu Desrina Yusi Irawati., S.T., M.T., selaku Dosen Wali Prodi Teknik Industri 2015 Universitas Katolik Darma Cendika sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Tataq selaku Manager QC PT. PAL dan Mas Indra yang telah membimbing selama penelitian di perusahaan.
5. Bapak Iskak selaku staff di PT PAL yang telah membantu perizinan dalam penelitian di perusahaan.
6. Para Dosen Penguji Tugas Akhir.
7. Para Dosen Prodi Teknik Industri Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya dan para karyawan Fakultas Teknik UKDC.
8. Teman seperjuangan Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya angkatan 2015 (bang Rey, Abram Limbong, Deni, Gede Bayu, Bella, Deri dan Willy)
9. Pihak keluarga yang telah memberikan semangat kepada penulisan untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
10. Pihak – pihak lain yang tidak bisa di sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan doa kepada penulis sehingga dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dapat terselenggara dengan baik.



Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk pihak universitas dan para pembaca. Terima kasih, Tuhan memberkati.

Surabaya, 31 Juli 2019

Penulis



**ANALISIS *DEFECT* PENGELASAN DAN  
PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE *SIX SIGMA*,  
FMEA DAN FTA  
(Studi Kasus Pada PT PAL Indonesia)**

**ABSTRAK**

PT. PAL Indonesia adalah salah satu industri maritim yang dimiliki oleh pemerintah Indonesia. Salah satu proses manufaktur di PT PAL Indonesia menggunakan proses pengelasan sebagai proses inti selain proses-proses lainnya. Namun pada proses pengelasan seringkali ditemukan kecacatan. Salah satu metode peningkatan kualitas adalah *six sigma* yang berfokus pada mengurangi tingkat kecacatan. *Six sigma* memiliki 5 fase yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* dan *Control*. Pada fase *Analyze* menggunakan alat bantu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Penelitian ini bertujuan mengetahui faktor penyebab terjadinya cacat, jenis cacat, tingkat DPMO dan level Sigma pada proses pengelasan. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa faktor penyebab cacat pengelasan yaitu manusia, mesin, material, metode dan lingkungan. Untuk tingkat DPMO pada ATR 2 (P) adalah 27350,7 persatu juta kesempatan dengan nilai Sigma 3,42 dan nilai kapabilitas proses 1,15. Pada BR 4 (S) tingkat DPMO adalah 23541,6 cacat persejuta kesempatan dengan nilai Sigma 3,48 dan nilai kapabilitas proses 1,31. Hasil metode FMEA menunjukkan dua jenis cacat dengan nilai RPN tertinggi, yaitu *Porosity* nilai RPN 256 dan *Bead appearce* nilai RPN 240. Metode FTA menunjukkan kedua jenis cacat *Porosity* dan *Bead appearce* memiliki keterkaitan, yaitu karena kesalahan manusia dan penyimpanan material yang kurang baik. Perbaikan yang diajakukan berdasarkan cacat *porosity* dan *bead appearce* adalah cara penyimpanan elektroda yang baik dan benar serta pengawasan terhadap perekrutan *welder* kontrak.

**Kata Kunci:** *Six Sigma*, DMAIC, FMEA, FTA.



**DEFECT ANALYSIS OF WELDING AND ITS CONTROL  
USING SIX SIGMA, FMEA AND FTA**  
(Case study at PT. PAL Indonesia)

PT. PAL Indonesia is one of the maritime industries owned by the Indonesian government. One of the manufacturing processes in PT PAL Indonesia uses a welding process as a core process in addition to other processes. However, in the welding process, disability is often found. One method of quality improvement is six sigma which focuses on reducing the level of disability. Six Sigma has 5 phases, namely Define, Measure, Analyze, Improve and Control. In the Analyze phase use the tools Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). This study aims to determine the causes of disability, type of defect, DPMO level and Sigma level in the welding process. The results of this study are that the causes of welding defects are human, machine, material, method and environment. The DPMO level on ATR 2 (P) is 27350.7 per million opportunities with a Sigma value of 3.42 and the process capability value of 1.15. In BR 4 (S) the DPMO level is 23541.6 million chance defects with Sigma value 3.48 and process capability value 1.31. The results of the FMEA method show two types of defects with the highest RPN values, namely Porosity values of RPN 256 and Bead appearance values of RPN 240. The FTA method shows both types of Porosity defects and Bead appearances having relevance, namely due to human error and poor material storage. Improvements performed based on porosity defects and bead appearances are good and correct methods of electrode storage and supervision of contract welder recruitment.

**Keywords:** Six Sigma, DMAIC, FMEA, FTA.



## DAFTAR ISI

Daftar Isi .....	i
Daftar Gambar .....	iii
Daftar Persamaan .....	iv
Daftar Tabel .....	v
Daftar Lampiran .....	vi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.5. Batasan Masalah .....	6
1.6. Asumsi Penelitian .....	6
1.7. Sistematika Penulisan .....	6

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori .....	9
2.1.1. Dimensi Kualitas.....	9
2.1.2. Pengendalian Kualitas .....	9
2.1.3. Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas .....	10
2.1.4. Pengelasan.....	13
2.1.5. Proses Las .....	14
2.1.5.1. <i>Shield Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	14
2.1.5.2. <i>Las Tungsten Arc Welding</i> (GTAW) .....	16
2.1.6. Posisi Pengelasan .....	17
2.1.7. <i>Tools of Quality</i> .....	19
2.1.8. Pengertian <i>Six sigma</i> .....	20
2.1.9. Tahap-tahap implementasi.....	22
2.1.10. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	29
2.1.10.1. Tahap pembuatan FMEA .....	31
2.1.11. <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) .....	34
2.2. Penelitian Terdahulu .....	37

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Waktu dan Tempat .....	41
3.2. Metode Pelaksanaan .....	41
3.3. Jenis Data .....	43
3.4. Metode Pemecahan Masalah .....	44

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1. Gambaran Umum Perusahaan .....	47
4.1.1. Visi dan Misi Perusahaan .....	49
4.1.2. Struktur Organisasi.....	50
4.2. Fase <i>Define</i> .....	52
4.2.1. Identifikasi Tujuan penelitian .....	52
4.2.2. Rekapitulasi Data cacat.....	52
4.2.3. Metode Uji Pengelasan .....	53
4.2.4. <i>Welding Procedure Specification</i> (WPS).....	53
4.2.5. <i>Critical to quality</i> .....	54
4.2.5.1. Kriteria Penentuan cacat .....	55
4.3. Fase <i>Measure</i> .....	55
4.3.1. Pengukuran DPMO, analisa kapabilitas proses dan Level Sigma .....	56
4.4. Fase <i>Analyze</i> .....	59
4.4.1. Diagram Sebab Akibat .....	59
4.4.2. FMEA .....	63
4.4.2.1. Atribut Penelitian FMEA .....	63
4.4.2.1. Pengolahan Data FMEA.....	64
4.5. Fase <i>Improve</i> .....	71
4.5.1. FTA.....	71
4.5.2. Rekomendasi Perbaikan cacat <i>Porosity</i> .....	75
4.5.3. Rekomendasi Perbaikan cacat <i>Bead appearance</i> .....	78

### **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	79
5.2. Saran .....	80

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>85</b>





## Daftar Gambar

Gambar 2.1 Bagan kerja Las SMAW .....	15
Gambar 2.2 Las GTAW .....	16
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan.....	18
Gambar 2.4 <i>Cause and effect diagram</i> .....	20
Gambar 2.5 <i>Six Sigma</i> Motorola.....	21
Gambar 2.6 <i>Six Sigma</i> Kualitas .....	21
Gambar 2.7 Diagram sebab akibat .....	27
Gambar 2.8 Gerbang OR.....	36
Gambar 2.9 Gerbang AND.....	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan .....	43
Gambar 4.1 Kapal Perang .....	48
Gambar 4.2 Kapal Niaga .....	49
Gambar 4.3 Struktur Organisasi .....	51
Gambar 4.4 <i>Cause-effect Diagram weld defect</i> .....	60
Gambar 4.5 FTA cacat <i>Porosity</i> .....	72
Gambar 4.6 FTA cacat <i>Bead appearce</i> .....	74
Gambar 4.7 Oven Elektroda.....	76
Gambar 4.8 WPQ <i>Process</i> .....	79



## Daftar Persamaan

Persamaan 2.1 Menghitung DPMO .....	23
Persamaan 2.2 Menghitung Kapabilitas proses( $C_p$ ) .....	24
Persamaan 2.3 Menghitung RPN.....	31



## Daftar Tabel

Tabel 1.1 Data Jumlah Defect .....	2
Tabel 2.1 Tingkat Pencapaian <i>Sigma</i> .....	24
Tabel 2.2 <i>Rating Severity</i> .....	32
Tabel 2.3 Kriteria <i>Occurance</i> .....	33
Tabel 2.4 Nilai <i>Detection</i> .....	34
Tabel 2.5 Simbol FTA.....	35
Tabel 2.6 Tabel Penelitian terdahulu .....	37
Tabel 4.1 Rekapitulasi data cacat .....	52
Tabel 4.2 Cacat yang sering muncul.....	55
Tabel 4.3 Perhitungan DPMO, kapabilitas proses dan nilai Sigma.....	58
Tabel 4.4 Atribut Penelitian FMEA .....	63
Tabel 4.5 Perhitungan Nilai RPN.....	66
Tabel 4.6 FMEA pada setiap jenis cacat.....	68
Tabel 4.7 Rekanan Hasil RPN.....	69
Tabel 4.8 Keterangan <i>event</i> pada FTA <i>Porosity</i> .....	73
Tabel 4.9 Keterangan <i>event</i> pada FTA <i>Bead appearce</i> .....	75



## Daftar Lampiran

Lampiran 1. QC <i>Check Sheet</i> Block BR 4 (S).....	85
Lampiran 2. QC <i>Check Sheet</i> Block ATR 2 (P).....	87
Lampiran 3. <i>WELDING DETAIL &amp; PROCEDURE</i> .....	89
Lampiran 4. Tabel FMEA ( <i>Failure Mode and Effct Analysis</i> ...)	102