

TUGAS AKHIR

PENGARUH KOROSI DAN BEBAN FATIGUE BAJA ST 37 TERHADAP PREDIKSI UMUR FATIGUE DI KAWASAN PELABUHAN BELAWAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ILHAM DWILANA
1807230085



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ilham Dwilana
NPM : 1807230085
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Korosi dan Beban Fatigue Baja St 37 Terhadap
Prediksi Umur Fatigue di Kawasan Pelabuhan Belawan
Bidang Keahlian : Konstruksi dan Manufaktur

Medan, 16 September 2023

Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Suherman, S.T., M.T

Dosen Penguji II



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ilham Dwilana
Tempat /Tanggal Lahir : Sei Parit, 10 November 2000
NPM : 1807230085
Bidang Keahlian : Konstruksi dan Manufaktur
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Korosi dan Beban Fatigue Baja St 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue di Kawasan Pelabuhan Belawan”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 September 2023

Saya yang menyatakan,

 Ilham Dwilana

ABSTRAK

Pelabuhan Belawan Yang merupakan lingkungan dengan besarnya tingkat korosi terhadap logam. Dimana, air laut memiliki kandungan klorida (55%), natrium (31%), magnesium (4%), sulfat (8%), potassium (1%), kalsium (1%), dan kandungan lainnya seperti bikarbonat, strontium, florida dan bromida. Korosi dan *Fatigue* memiliki hubungan yang erat yang dimana kondisi lingkungan yang korosif seperti lingkungan air laut dapat mengakibatkan lelah korosi (*corrosion fatigue*) yang merupakan kerusakan pada logam akibat mengalami tegangan dimana besar dan arahnya berubah-ubah serta adanya serangan kimia. Penelitian ini menganalisis tentang Pengaruh Korosi dan Beban *Fatigue* Baja ST37 Terhadap Prediksi Umur *Fatigue* di Kawasan Pelabuhan Belawan dengan melakukan pengujian yang meliputi uji korosi dengan metode kehilangan berat yang telah dilakukan perendaman spesimen uji di dalam media air laut selama 8 minggu serta uji *fatigue* menggunakan alat uji *Rotary Bending Fatigue machine* dengan variasi beban 5kg, 10kg, 15kg. dan spesimen mengikuti standard ASTM E606 Hasil Analisa pengaruh korosi air laut di kawasan pelabuhan belawan terhadap baja ST37 dengan metode kehilangan berat, tingkat kehilangan berat tertinggi ada di spesimen 2 dengan jumlah 0,03 gram dengan hasil perhitungan 0,004 249 *mpy*.. serta diurutkan berikutnya pada spesimen 1 dan 3 dimana kedua spesimen ini kehilangan berat 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002 833 *mpy*. Pada hasil uji korosi mendapatkan beberapa spesimen memiliki hasil kehilangan berat berbeda yang disebabkan oleh pengaruh pada saat perendaman spesimen uji dengan media air laut dimana ada faktor yang memungkinkan menjadi penyebab kehilangan berat yaitu pH dengan nilai 6,6 baku mutu 7-8,5. Dimana sesuai dengan pernyataan. Reaksi korosi akan lebih cepat apabila pH berada di kondisi < 7 dimana kondisi ini merujuk kearah yang lebih asam sehingga menyebabkan atom-atom logam yang teroksidasi yang akan menyebabkan reaksi reduksi pada katoda. Serta untuk hasil analisa pengaruh beban terhadap prediksi umur *fatigue* pada spesimen standar ASTM E 606 baja ST37 memiliki umur *fatigue* minimum untuk variasi beban 5kg, 10kg, 15kg, dengan menunjukkan hasil prediksi umur *fatigue* berturut-turut yaitu 6732, 2573, 642, siklus. Hal ini menunjukkan bahwa umur *fatigue* semakin menurun seiring dengan kenaikan pembebanan.

Kata kunci: baja ST37, laju korosi, prediksi umur *fatigue*, metode kehilangan berat

ABSTRACT

Belawan Harbor is an environment with high levels of metal corrosion. Where, sea water contains chloride (55%), sodium (31%), magnesium (4%), sulfate (8%), potassium (1%), calcium (1%), and other contents such as bicarbonate, strontium, fluoride and bromide. Corrosion and fatigue have a close relationship, where corrosive environmental conditions such as sea water can cause corrosion fatigue, which is damage to metal due to stresses whose magnitude and direction change as well as chemical attacks. This research analyzes the Effect of Corrosion and Fatigue Load of ST37 Steel on Prediction of Fatigue Life in the Belawan Port Area by conducting tests which include corrosion tests using the weight loss method which has been carried out by immersing the test specimens in sea water for 8 weeks as well as fatigue tests using test equipment. Rotary Bending Fatigue machine with load variations of 5kg, 10kg, 15kg. and the specimens follow the ASTM E606 standard. Results of analysis of the effect of seawater corrosion in the Belawan port area on ST37 steel using the weight loss method. The highest level of weight loss was in specimen 2 with a total of 0.03 grams with a calculation result of 0.004 249 mpy... and in the next order in specimens 1 and 3 where these two specimens lost 0.02 grams in weight with a calculated result of 0.002 833 mpy. In the corrosion test results, several specimens had different weight loss results which were caused by the influence of immersion of the test specimens in seawater media, where there were factors that could possibly cause weight loss, namely pH with a value of 6.6, the quality standard is 7-8.5. Which is in accordance with the statement. The corrosion reaction will be faster if the pH is <7, where this condition refers to a more acidic direction, causing the metal atoms to be oxidized which will cause a reduction reaction at the cathode. As well as the results of the analysis of the influence of load on fatigue life prediction on ASTM E 606 standard specimens, ST37 steel has a minimum fatigue life for load variations of 5kg, 10kg, 15kg, showing the fatigue life prediction results respectively, namely 6732, 2573, 642 cycles. This shows that the fatigue life decreases with increasing loading.

Keywords: ST37 steel, corrosion rate, prediction of fatigue life, weight loss method

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Korosi dan Beban Fatigue Baja St 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue di Kawasan Pelabuhan Belawan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus Wakil Dekan III Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak H. Suherman, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II, yang juga telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Edy Fitria Kartika dan Sukarni, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis: M Rizky Alsyahputra Bintang, Ihza Andikal Zikri, Raja Farhan Suriadi, Ade Ahmad Wijaya, Junaidi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 16 September 2023



Ilham Dwilana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Baja	4
2.1.1. Defenisi Baja	4
2.1.2. Klasifikasi Baja	4
2.1.2.1. Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>)	4
2.1.2.2. Baja Paduan (<i>Alloy Steel</i>)	5
2.1.2.3. Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	6
2.1.3. Baja ST 37	6
2.1.3.1. Kegunaan Baja ST37	7
2.1.3.2. Komposisi Baja ST37	9
2.2. Korosi	9
2.2.1. Jenis-Jenis Korosi	10
2.2.1.1. <i>Uniform Attack</i> (Korosi Seragam)	10
2.2.1.2. <i>Pitting Corrosion</i> (Korosi Sumur)	10
2.2.1.3. <i>Errosion Corrosion</i> (Korosi Erosi)	11
2.2.1.4. <i>Galvanis Corrosion</i> (Korosi Galvanis)	11
2.2.1.5. <i>Stress Corrosion</i> (Korosi Tegangan)	12
2.2.1.6. <i>Crevice Corrosion</i> (Korosi Celah)	13
2.2.1.7. Korosi Mikrobiologi	13
2.2.1.8. <i>Fatigue Corrosion</i> (korosi Lelah)	14
2.2.2. Faktor Penyebab Korosi	14
2.2.3. Perhitungan Laju Korosi	16
2.3. Perkembangan Laju Korosi	16
2.4. <i>Fatigue</i> (Kelelahan)	18
2.4.1. Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah	19
2.4.1.1. Faktor Kelembaban Lingkungan	19
2.4.1.2. Faktor Tegangan Sisa	19

2.4.1.3. Faktor Suhu	19
2.4.1.4. Pembebanan dan Putaran	19
2.4.2 Uji Fatigue Menurut ASTM E606	20
2.4.3 Uji <i>Fatigue</i>	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1. Tempat Penelitian	23
3.1.2. Waktu Penelitian	23
3.2 Bahan dan Alat	24
3.2.1. Bahan Penelitian	24
3.2.2. Alat	24
3.3 Bagan Alir Penelitian	31
3.4 Rancangan Sample Uji <i>Fatigue</i>	32
3.5 Prosedur Penelitian	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.2 Analisa Data	34
4.3 Hasil Data Uji Korosi Dengan Metode Kehilangan Berat	35
4.3.1 Perhitungan Korosi Spesimen 1	36
4.3.2 Perhitungan Korosi Spesimen 2	36
4.3.3 Perhitungan Korosi Spesimen 3	37
4.3.4 Analisa Permukaan Spesimen	39
4.4 Pengujian <i>Fatigue</i>	40
4.4.1 Percobaan Pertama Uji <i>Fatigue</i>	40
4.4.3 Percobaan Kedua Uji <i>Fatigue</i>	41
4.4.3 Percobaan Ketiga Uji <i>Fatigue</i>	42
4.4.4 Data Hasil Pengujian <i>Fatigue</i>	43
4.5 Kurva S-N	43
4.6 Struktur Perpatahan Spesimen Uji <i>Fatigue</i>	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	
SURAT PENENTUAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR ASISTENSI	
SURAT UNDANGAN SEMINAR TUGAS AKHIR	
DAFTAR HADIR DAN DAFTAR EVALUASI SEMINAR TUGAS AKHIR	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2,1 Klasifikasi Baja	6
Tabel 2.2 hasil uji tarik Baja ST 37	8
Tabel 2,3 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37	9
Tabel 2,4 Konstanta Laju Korosi	16
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian	23
Tabel 4,1 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37	34
Tabel 4.2 hasil uji kualitas air laut	34
Tabel 4.3 data variasi nilai beban	40
Tabel 4.4 data hasil pengujian <i>fatigue</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Korosi di Lingkungan Industry	9
Gambar 2.2. Korosi Seragam (Budi Utomo, 2009)	10
Gambar 2.3. Korosi sumur (Budi Utomo, 2009)	11
Gambar 2.4. Korosi erosi (Budi Utomo, 2009)	11
Gambar 2.5. Korosi galvanis (Budi Utomo, 2009)	12
Gambar 2.6. Korosi tegangan (Budi Utomo, 2009)	12
Gambar 2.7 Korosi celah (Budi Utomo, 2009)	13
Gambar 2.8. Korosi mikrobiologi (Budi Utomo, 2009)	14
Gambar 2.9. Korosi lelah (Budi Utomo, 2009)	14
Gambar 2.10 Alat Uji <i>rotary bending fatigue machine</i>	18
Gambar 2.11 Spesimen pengujian <i>fatigue</i>	21
Gambar 2.12 <i>rotary bending fatigue machine</i>	21
Gambar 2.13 Desain Rancangan <i>rotary bending fatigue machine</i>	21
Gambar 3.1 Material uji Baja St 37 Tipe Round Bar	24
Gambar 3.2 Gerinda	24
Gambar 3.3 Amplas	25
Gambar 3.4 Kikir	25
Gambar 3.5 Mesin Bubut	25
Gambar 3.6 Jangka Sorong	26
Gambar 3.7 Penggaris	26
Gambar 3.8 Peralatan Uji <i>Fatigue</i>	26
Gambar 3.9 Cekam (<i>Chuck</i>)	27
Gambar 3.10 Motor Penggerak	27
Gambar 3.11 Rangka	27
Gambar 3.12 <i>Indicator Section</i>	28
Gambar 3.13 Beban	28
Gambar 3.14 Gantungan Beban	28
Gambar 3.15 Neraca Digital	29
Gambar 3.16 botol 250 ml	29
Gambar 3.17 Kunci cekam (<i>Chuck</i>)	29
Gambar 3.18 Kunci inggris	30
Gambar 3.19 Kain lap	30
Gambar 3.20 <i>Stopwatch</i>	30
Gambar 3.21 Gambar Diagram alir penelitian	31
Gambar 3.22 Rancangan Sample Uji Fatigue Sesuai Dengan ASTM E606	32
Gambar 4.1 Grafik hasil uji korosi	37
Gambar 4.2 Perbandingan Spesimen uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian korosi	39
Gambar 4.3 Spesimen Baja St 37 dengan variasi beban 5kg	40
Gambar 4.4 Spesimen Baja St 37 dengan variasi beban 10kg	41
Gambar 4.5 Spesimen Baja St 37 dengan variasi beban 15kg	42
Gambar 4.6 Grafik Kurva S-N	43
Gambar 4.7 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 5 kg dengan pembesaran 20×	44
Gambar 4.8 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 10 kg dengan	45

pembesaran 20×
Gambar 4.9 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 15 kg dengan
pembesaran 20×

45

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
St	Steel	
%	Persen	
kg	Kilogram	
mm^2	Milimeter Persegi	
km^2	Kilometer Persegi	
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (Tingkat Kekeruhan Air)	
mg/l	Miligram Per liter	
Pb	Timbal	
Cu	Tembaga	
Zn	Seng	
ASTM	American Standard Testing Material	
JIS	Japanese Industrial Standard	
Mn	Mangan	
ASME	American Society of Mechanical Engineering	
SAE	Society of Automotive Engineers	
DIN	Deutsches Institut fur Normung	
Fe	Ferro	
Ph	Power of Hydrogen	
C	Carbon	
Si	Silicon	
W	Wolfram	
Ni	Nikel	
Cr	Chromium	
O ₂	Oxigen	
H ₂ O	Hydrogen	
K	Konstanta	
a	Berat Atom Logam terkorosi	gram
i	Kecepatan Arus	$\mu A/cm^2$
D	Densitas Logam terkorosi	gram/cm ³
K	Konstanta Faktor	
W	<i>Wheight Loss</i>	gr
d	Diameter benda uji	mm
mpy	Mils per tahun	
mm/y	Millimeter per tahun	
$g/m^2 \cdot h$	Gram per meter kuadrat per jam	
A _s	Luas area	cm ²
t	waktu	Year

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja ST37 merupakan suatu material yang memiliki kadar karbon rendah (*low carbon steel*) dikarenakan kadar karbonnya kurang dari 0,30%. Memiliki kekuatan tarik hingga 370 N/mm². Baja ST 37 mengandung berbagai macam unsur seperti Karbon (C) = 0,15%, Silikon (Si) = 0,01 %, Mangan (Mn) = 0,6 %, Sulfur (S) = 0,0011 % dan Fosfor (P) = 0,050% (Rahmat Ridho Aminuddin 2020).

Baja karbon jenis ST37 yang diaplikasikan sebagai bahan utama pembuatan sparepart otomotif dan konstruksi. Baja paduan karbon rendah jenis ST37 memiliki kegunaan yang luas sebagai baja untuk konstruksi, rangka kendaraan, sparepart, mur, baut, pipa, tangki minyak, dan penggunaan lain-lainnya. Baja paduan karbon rendah jenis ST37 memiliki sifat /karakter pengerjaan pemesinan yang baik seperti sifat mekanis berupa keuletan, mampu tempa, kelunakan, dan sifat mampu pemesinan (Baroto, 2017).

Korosi adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya (Trethewey, 1991). Berdasarkan pada teori kimia, korosi terjadi akibat adanya reaksi oksidasi dan reduksi antara material dengan lingkungannya. Reaksi oksidasi diartikan sebagai reaksi yang menghasilkan elektron dan reduksi adalah reaksi antara dua unsur yang mengikat electron (Supomo, 2003).

Zulhanif (2002) mendefinisikan Fatigue atau kelelahan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatannya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu. Sejak tahun 1830 telah diketahui bahwa logam yang dikenai tegangan berulang akan rusak pada tegangan yang jauh lebih rendah dibanding yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban tunggal.

Korosi dan *Fatigue* memiliki hubungan yang erat yang dimana kondisi lingkungan yang korosif seperti lingkungan air laut dapat mengakibatkan lelah korosi (*corrosion fatigue*) yang merupakan kerusakan pada logam akibat mengalami tegangan dimana besar dan arahnya berubah-ubah serta adanya serangan kimia (Threthewey, 1991).

Pelabuhan Belawan mempunyai posisi yang sangat strategis yang dijadikan sebagai tempat persinggahan secara regional/internasional sehingga dapat berperan sebagai salah satu ikatan dalam sistem transportasi nasional dan internasional melalui jalur perairan. Pelabuhan Belawan Yang merupakan lingkungan dengan besarnya tingkat korosi terhadap logam. Dimana, air laut memiliki kandungan klorida (55%), natrium (31%), magnesium (4%), sulfat (8%), potassium (1%), kalsium (1%), dan kandungan lainnya seperti bikarbonat, strontium, florida dan bromida. Mengakibatkan tingginya tingkat korosi terhadap air laut. Untuk pengukuran kualitas air di Pelabuhan Belawan, sebelumnya sudah dilakukan Hasil pemeriksaan air perairan yang diperoleh dibandingkan dengan nilai parameter BM air laut untuk perairan pelabuhan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Mengacu pada hasil uji parameter-parameter Air Laut (E.E. Mangindaan, 2012). Sehingga menjadikan pelabuhan belawan sebagai objek penelitian dalam upaya menganalisa pengaruh korosi baja ST37 terhadap prediksi umur fatigue untuk mendapatkan hasil dan solusi, menjadikan rujukan serta pertimbangan terhadap pembangunan industri dan konstruksi dengan menggunakan logam baja ST37.

Pada tugas akhir ini, penulis mengambil judul tentang “Pengaruh Korosi Dan Beban Fatigue Baja ST37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue Di Kawasan Pelabuhan Belawan” sebagai bahan studi:

1.2 Rumusan Masalah

Melihat dari latar belakang yang diuraikan sebelumnya, permasalahan nantinya dikemukakan pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh korosi air laut di kawasan pelabuhan belawan terhadap baja ST37.
2. Bagaimana pengaruh beban terhadap prediksi umur fatigue pada spesimen standar ASTM E606 baja ST37.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam penelitian tugas akhir ini ruang lingkup meliputi sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja ST37
2. Pengujian material meliputi uji korosi dan uji fatigue
3. Lokasi penelitian berada di pelabuhan belawan
4. Uji korosi menggunakan media air laut dan waktu pengambilan data selama 8 minggu dengan menggunakan metode *Weight Loss Method* (metode kehilangan berat).
5. Uji fatigue menggunakan variasi pembebanan 5 ,10, 15 kg

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh korosi air laut pada baja ST37 di kawasan pelabuhan belawan.
2. Menganalisa pengaruh beban terhadap prediksi umur fatigue pada spesimen standar ASTM E606 baja ST37.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui tingkat korosifitas yang disebabkan oleh air laut di kawasan pelabuhan belawan
2. Dapat Mengetahui pengaruh korosi dan beban fatigue baja ST37 terhadap prediksi umur fatigue.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

2.1.1 Defenisi Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. “Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan tungsten. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*)” (Agung, 2012).

Salah satu pemanfaatan baja di dunia industri adalah sebagai bahan atau material konstruksi (*structure*) pada bangunan – bangunan seperti pada jembatan, tower dan rangka gedung. Jenis – jenis baja konstruksi umumnya sangat banyak sekali baik menurut standard ASTM, DIN, JIS, BS dan lain – lain. Baja – baja yang digunakan pada konstruksi umumnya memiliki spesifikasi tegangan (*tensile strength*) yang jelas. Karena dasar pemilihan baja konstruksi untuk pembuatan suatu bangunan didasarkan pada kekuatan dari baja tersebut. Oleh karena itu pada standard DIN dan JIS diberikan pada pengkodean baja konstruksi. Baja yang digunakan dalam penelitian ini merupakan baja karbon rendah (Indera, 2013).

2.1.2. Klasifikasi Baja

Pengklasifikasian baja secara umum beserta penjelasannya menurut Ir. Oentoeng (Konstruksi Baja, 1999) adalah sebagai berikut:

2.1.2.1. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Carbon adalah bahan untuk menaikkan tegangan (*strength*) dari baja murni. Baja di kategorikan berdasar material, yaitu dari ingot iron (baja bongkah)

tanpa carbon sama sekali, sampai *cast iron* (baja tuang) yang memiliki carbon sekurang-kurangnya adalah 1.70 %. Penggunaan baja karbon banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari untuk kepentingan yang umum. Standar yang digunakan pada baja karbon dan paduannya adalah:

- a. ASTM A 108-03 (*Steel Bars, Carbon and Alloy, Cold-Finished*)
- b. JIS G 4051:1979 (*Carbon Steels for Machine Structural Use*)

Pembagian baja karbon adalah sebagai berikut:

1. *Low Carbon Steel* (< 0.2 % Carbon)

Baja low carbon biasanya digunakan untuk automobile body panels, tin plate, dan wire product yang membutuhkan keuletan yang tinggi.

2. *Medium Carbon Steel* (0.2 - 0.5 % Carbon)

Baja medium carbon biasanya digunakan dalam kondisi hasil quench dan tempered dan banyak digunakan sebagai shaft, axle, gear, crankshaft, coupling, dan forging.

3. *High Carbon Steel* (> 0.5 % Carbon)

Baja high carbon banyak digunakan pada spring material dan high-strength wire.

Selain pembagian berdasarkan persen kadar karbon di atas, masih terdapat baja karbon dengan kadar mangan yang tinggi (*High Manganese Carbon Steel*), yaitu sekitar 1.1-1.4 % Mn. Baja jenis ini banyak digunakan dalam aplikasi rel kereta api.

2.1.2.2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja yang ditambahkan unsure tertentu yang bertujuan untuk menaikkan sifat mekanik pada baja tersebut.

a. *Low Alloy Steel* (< 8 % *Alloying Element*)

Salah satu contoh baja jenis ini yang terkenal adalah HSLA (*High Strength low Alloy*) yang menggunakan paduan Nb, V, Ti, dan Al.

b. *High Alloy Steel* (> 8 % *Alloying Element*)

Penggunaan baja paduan tinggi biasanya bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat baja, yaitu: *Corrosion Resistant* (*Austenitic dan Duplex*), *Heat Resistant* (*Austenitic*), *Wear Resistant* (*Manganese Steel*).

2.1.2.3. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Baja tahan karat dalam industri banyak digunakan pada bagian:

Chemical processing, Oil and gas exploration and processing equipment, Marine and high chloride environments Salah satu contoh standar komposisi stainless steel tipe Duplex: ASTM A240, ASME SA-240, dan SAE J405.

Adapun Pengklasifikasian Baja secara singkat menurut panduan ASM Handbook, 1993 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2,1 Klasifikasi Baja Sumber : ASM Handbook, 1993

Jenis	Kelas	Kadar karbon	Kekuatan luluh	Kekuatan tarik	perpanjangan	Kekerasan brinell
	baja lunak khusus	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100
Baja karbon rendah	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	40-30	80-120
	Baja lunak	0,12-0,20	22-30	38-48	36-24	100-130
	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24-36	44-55	32-22	112-145
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30-0,40	30-40	50-60	30-17	140-170
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04-0,05	34-46	58-70	26-14	160-200
	Baja sangat keras	0,50-0,80	36-100	65-100	20-11	180-235

2.1.3. Baja ST37

Baja ST37 merupakan suatu material yang memiliki kadar karbon rendah (*low carbon steel*) dikarenakan kadar karbonnya kurang dari 0,30%. Memiliki kekuatan tarik hingga 370 N/mm². Baja ST 37 mengandung berbagai macam unsur seperti Karbon (C) = 0,15%, Silikon (Si) = 0,01 %, Mangan (Mn) = 0,6 %, Sulfur (S) = 0,0011 % dan Fosfor (P) = 0,050% (Rahmat Ridlo Aminuddin, dkk, 2020).

Baja jenis ST37 merupakan standar peruntukan DIN untuk baja dengan kuat tarik 37/mm² dengan komposisi 0,17% C, 0,30% Si, 0,2-0,5% Mn, 0,05% P,

0,05% S. Baja ST37 memiliki kekuatan tarik hingga 123,82 HV, termasuk dalam kelompok baja hipoeutektik, dan mengandung struktur mikro ferit dan perlit. Baja ST37 termasuk dalam golongan baja ringan karena memiliki kandungan karbon hanya 0,17.% (W.M.E. Wattimena & Jandri Louhenapessy, 2014)

2.1.3.1. Kegunaan Baja ST37

Baja karbon jenis ST37 yang diaplikasikan sebagai bahan utama pembuatan sparepart otomotif dan konstruksi. Contoh spesifik penggunaan baja ST37 adalah pada poros baling baling kapal seperti kapal boat, kapal nelayan penangkap ikan atau kapal dengan kapasitas menengah seperti kapal pengangkutan orang. “Baja paduan karbon rendah jenis ST37 memiliki kegunaan yang luas sebagai baja untuk konstruksi, rangka kendaraan, sparepart, mur, baut, pipa, tangki minyak, dan penggunaan lain-lainnya. Baja paduan karbon rendah jenis ST37 memiliki sifat /karakter pengerjaan pemesinan yang baik seperti sifat mekanis berupa keuletan, mampu tempa, kelunakan, dan sifat mampu pemesinan” (Baroto & Sudargo, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmat Ridlo Aminuddin, Ari Wibawa Budi Santosa Hartono Yudo (2020). Dengan judul penelitian “Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (*Propeller Shaft*) setelah Proses *Tempering*”. Yang dimana menggunakan baja karbon ST37 sebagai bahan poros propeller kapal setelah proses tempering. Tujuannya untuk mengetahui apakah baja ST37 hasil perlakuan Tempering dapat memenuhi standar BKI untuk digunakan sebagai poros baling-baling . Poros baling-baling (*propeller shaft*) berfungsi untuk menyalurkan daya dari mesin induk ke baling-baling menjadi gaya dorong untuk menggerakkan sebuah kapal. Dalam berputarnya/bekerjanya poros baling-baling untuk menghasilkan gaya dorong, poros tersebut menanggung berbagai jenis beban akibat dari kombinasi berbagai bentuk gaya. Beban tersebut diantaranya adalah beban tarik dan beban puntir, dimana beban tersebut terjadi secara berulang yang akhirnya akan mengakibatkan kegagalan lelah (*fatigue failure*) pada material. Untuk mendapatkan ketahanan destruktif yang tinggi dan kekuatan material yang baik perlu dilakukan proses perlakuan panas. Pada penelitian ini dilakukan

proses perlakuan panas tempering dengan menggunakan media pendingin pelumas Mesran *SAE 20W – 50*. Hasil penelitian ini berupa nilai kekuatan material yang kemudian dibandingkan dengan nilai minimum persyaratan rules BKI. Beberapa hasil penelitian seperti penampang patahan juga dapat mewakili karakter keuletan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja ST37 perlakuan panas *tempering* memiliki kekuatan tarik 640,8 Mpa, kekuatan puntir 566,62 Mpa dan untuk uji kekerasan diperoleh nilai kekerasan 241,5 VHN.

Data hasil pengujian Tarik Baja St 37 oleh Rahmat Ridlo Aminuddin , Ari Wibawa Budi Santosa, Hartono Yudo (2020) dapat dilihat pada tabel 4.3:

Tabel 2.2 hasil uji tarik (Rahmat Ridlo Aminuddin , Ari Wibawa Budi Santosa, Hartono Yudo, 2020)

Spesimen	PMax (MPa)	Teg. luluh (MPa)	Regangan (ε)	Rata-Rata (MPa)
<i>Tempering 600°C</i>	605.20	596.03	14.42	640.80
	606.88	597.78	15.71	
	625.93	613.54	14.23	
	725.16	722.10	13.39	
	263.67	393.99	42.07	
<i>Raw Material</i>	278.46	394.00	38.72	425.16
	283.90	410.08	41.04	
	362,62	502.58	35.58	

Pada pengujian tarik tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan antara kekuatan tarik dan kekuatan luluh standar BKI dengan kekuatan tarik dan kekuatan luluh hasil pengujian, baja ST 37 dengan perlakuan panas tempering memiliki kekuatan tarik sebesar 640,8 MPa atau sesuai dengan standar BKI (400-800 MPa), kemudian baja ST 37 dengan perlakuan panas tempering memiliki kekuatan luluh sebesar 632,36 MPa atau sesuai dengan standar BKI (min 380 MPa), berdasarkan kesimpulan diatas maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan Tarik dan luluh baja ST 37 perlakuan panas tempering memenuhi standar BKI Volume V (Rules for Material) 2006 section 6

2.1.3.2. Komposisi Baja ST37

Berikut ini adalah komposisi Baja karbon rendah Tipe Baja St 37 menurut Rusianto & Sigit, 2002 yang dirangkum dan dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2,3 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST37 (Rusianto & Sigit, 2002)

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,118	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,005
Ni	0,026	Al	Max. 0,002
Cr	0,021	V	Max. 0,001
P	0,017	-	-

2.2. Korosi

Kurniawan dan Saifullah (2012) berpendapat, Korosi adalah fenomena kimia bahan-bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matriks logam itu sendiri. Korosi atau pengkaratan adalah suatu proses reaksi terjadinya perusakan atau degradasi (penurunan kualitas) material (logam dan non logam) karena pengaruh kimia dan elektrokimia karena kontak langsung dengan lingkungan berupa air, udara, gas, asam dan lain-lain. Apabila suatu logam terendam dalam larutan yang bersifat elektrolit, akan terdapat perbedaan potensial efektif pada permukaannya (Uhlig, 1971).



Gambar 2.1 Korosi di Lingkungan Industry (Affandi, 2020)

2.2.1. Jenis – Jenis Korosi

2.2.1.1. *Uniform attack* (korosi seragam)

korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya ini terjadi pada pelat baja atau profil, logam homogen.

Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara member lapisan pelindung yang mengandung inhibitor seperti gemuk.

- a. Untuk lambung kapal diberi proteksi katodik
 - b. Pemeliharaan material yang tepat
 - c. Untuk jangka pemakaian yang lebih panjang diberi logam berpaduan tembaga 0,4%
- Untuk contoh korosi seragam dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:

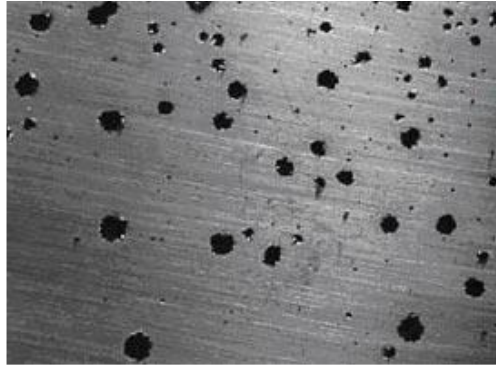


Gambar 2.2. Korosi Seragam (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.2. *Pitting corrosion* (korosi sumur)

Adalah korosi yang disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen yang dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Pilih bahan yang homogen
 - b. Diberikan inhibitor
 - c. Diberikan coating dari zat agresif
- Untuk contoh korosi sumur dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3. Korosi sumur (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.3. *Errosion Corrosion* (korosi erosi)

Korosi yang terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian – bagian yang tajam dan kasar, bagian – bagian inilah yang mudah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam. Korosi ini biasanya terjadi pada pipa dan propeller. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Pilih bahan yang homogen
- b. Diberi coating dari zat agresif
- c. Diberikan inhibotor
- d. Hindari aliran fluida yang terlalu deras. Untuk contoh korosi erosi dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Korosi erosi (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.4. *Galvanis corrosion* (korosi galvanis)

Korosi yang terjadi karena adanya 2 logam yang berbeda dalam satu elektrolit sehingga logam yang lebih anodic akan terkorosi. Korosi ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Beri isolator yang cukup tebal hingga tidak ada aliran elektrolit
- b. Pasang proteksi katodik
- c. Penambahan anti korosi inhibitor pada cairan. Untuk contoh korosi galvanis dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



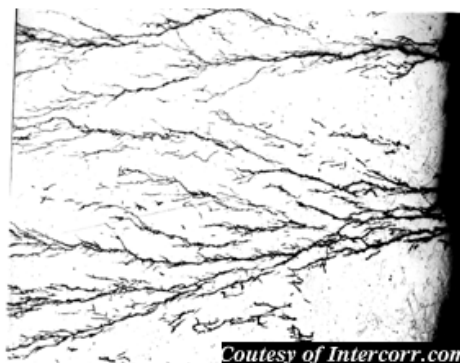
Gambar 2.5. Korosi galvanis (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.5. *Stress corrosion* (korosi tegangan)

Terjadi karena butiran logam yang berubah bentuk yang diakibatkan karena logam mengalami perlakuan khusus (seperti diregang, ditekuk dll.) sehingga butiran menjadi tegang dan butiran ini sangat mudah bereaksi dengan lingkungan. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Diberi inhibitor
- b. Apabila ada logam yang mengalami streses maka logam harus direlaksasi.

Untuk contoh korosi tegangan dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6. Korosi tegangan (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.6. *Crevice corrosion* (korosi celah)

Korosi yang terjadi pada logam yang berdekatan dengan logam lain diantaranya ada celah yang dapat menahan kotoran dan air sehingga konsentrasi O_2 pada mulut kaya dibanding pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian mulut jadi katodik Korosi ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Isolator
- b. Dikeringkan bagian yang basah
- c. Dibersihkan kotoran yang ada. Untuk contoh korosi celah dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7. Korosi celah (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.7. Korosi mikrobiologi

Korosi yang terjadi karena mikroba Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan protozoa. Korosi ini pembentuk degradasi material di lingkungan. Pengaruh inisiasi atau laju korosi di suatu area, Mikroorganisme umumnya berhubungan dengan permukaan korosi kemudian menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis atau biodeposit. Lapisan film tipis atau biofilm. Pembentukan lapisan tipis saat 2 – 4jam pencelupan sehingga membentuk lapisan ini terlihat hanya bintik-bintik dibandingkan menyeluruh di permukaan. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Memilih logam yang tepat untuk suatu lingkungan dengan kondisi-kondisinya
- b. Memberi lapisan pelindung agar lapisan logam terlindung dari lingkungannya
- c. Memperbaiki lingkungan supaya tidak korosif
- d. Perlindungan secara elektrokimia dengan anoda korban atau arus tandingan.

- e. Memperbaiki konstruksi agar tidak menyimpan air, lumpur dan zat korosif lainnya. Untuk contoh korosi mikrobiologi dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8. Korosi mikrobiologi (Budi Utomo, 2009)

2.2.1.8. *Fatigue corrosion* (korosi lelah)

Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah karena terjadi kelelahan logam. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- a. Menggunakan inhibitor
- b. Memilih bahan yang tepat atau memilih bahan yang kuat korosi.
- c. Memilih bahan yang tepat atau memilih bahan yang kuat korosi. Untuk contoh korosi lelah dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9. Korosi lelah (Budi Utomo, 2009)

2.2.2 Faktor Penyebab Korosi

Menurut (Knobloch dan Mazumber, Anatu 2000). Faktor lingkungan merupakan salah satu penyebab terjadinya karat kapal. Dimana karat dapat dengan mudah terbentuk pada kapal yang sering berlayar dari daerah yang berbeda keadaan lingkungannya khususnya menyangkut masalah perbedaan iklim dan

temperatur dari daerah-daerah tersebut. Hal ini berkaitan dengan keadaan kelembaban dari daerah-daerah itu pula yaitu pada daerah yang mendapatkan intensitas penyinaran sinar matahari yang banyak khususnya daerah-daerah tropis maka temperatur udara cukup tinggi sehingga kelembaban udara akibat pengembunan akan semakin kecil, dimana uap air yang mengembang dan tertinggal diatas plat-plat kapal akan cepat untuk menguap, karna seperti penulis ketahui bahwa uap air tersebut mengandung kadar garam yang sangat tinggi dengan derajat keasaman atau ph yang rendah. Sehingga hal tersebut dapat dengan cepat mempengaruhi terbentuknya korosi.

1. Oksigen (O_2) dan Hidrogen (H_2O)

Besi akan lebih cepat mengalami korosi dikarenakan kondisi kelembapan pada suatu lingkungan yang disebabkan oleh konsentrasi oksigen dengan partikel-partikel penyebab karat lainnya. Selain itu juga korosi juga dapat disebabkan terjadi karena oksigen terlarut yang ada di dalam air.

2. pH (*Power of Hydrogen*)

Reaksi korosi akan lebih cepat apabila pH berada di kondisi < 7 dimana kondisi ini merujuk kearah yang lebih asam sehingga menyebabkan atom-atom logam yang teroksidasi yang akan menyebabkan reaksi reduksi pada katoda.

3. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi lajunya korosi. Dimana apabila suhu meningkat, maka semakin cepat juga laju korosi yang terjadi.

4. Zat Elektrolit

Zat elektrolit seperti asam dan garam akan mempercepat lajunya korosi. Seperti pada air laut dan saat hujan asam yang akan menyebabkan besi lebih cepat berkarat .

5. Intensitas Cahaya

Latifah Kumalia (2019) berpendapat, korosi juga berpengaruh terhadap intensitas cahaya, dimana semakin besar Intensitas cahaya yang diberikan, maka semakin tinggi Nilai laju korosi yang dihasilkan.

2.2.3 Perhitungan Laju Korosi

A. Metode kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Metode penurunan berat dapat diterapkan untuk studi korosi jika spesimen berukuran sama dan telah diuji untuk rentang waktu yang sama. Metode kehilangan berat dinyatakan sebagai kehilangan berat per satuan luas atau per satuan luas per satuan waktu. Jika densitas logam diketahui, kehilangan ketebalan logam per satuan waktu dapat dihitung. Chodijah, Siti (2008) menyatakan, laju Korosi dalam mils/tahun juga dapat dihitung dengan metode penurunan berat dan konstanta laju korosi menurut adalah sebagai berikut:

$$CR (mpy) = \frac{W \times K}{D \cdot A_s \cdot T}$$

Dimana:

W = *Wheight Loss* (gr)

K = Konstanta Faktor

A_s = Luas area (cm²)

T = Waktu (h)

D = Densitas logam atau polimer (gr/ cm³)

Berikut ini adalah tabel konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2,4 Konstanta Laju Korosi (Chodijah, Siti, 2008)

Satuan laju korosi yang diinginkan	Nilai K
Mils per tahun (mpy)	3.45×10^6
Millimeter per tahun (mm/y)	8.76×10^4
Gram per meter kuadrat per jam (g/m ² . h)	$100 \times 10^4 \times D$

2.3 Perkembangan Laju Korosi

Penelitian dan menyusun peta laju korosi sudah dilakukan di berbagai negara. Khususnya perkembangan tentang penelitian korosi di Indonesia, Penelitian korosi sebelumnya sudah pernah dilakukan di beberapa wilayah

Indonesia seperti di Banda Aceh dan Sumatera Utara. Penelitian meliputi pengujian dan pemetaan laju korosi di Sumatera Utara sudah tersedia dengan bentuk konstruksi baja plat dan siku. Namun untuk baja konstruksi jenis ST37 belum dilakukan pengukuran laju korosi.

Penelitian korosi yang sebelumnya sudah pernah dilakukan di beberapa wilayah Indonesia seperti di Makassar, Banda Aceh dan Sumatera Utara. Penelitian korosi di Makassar dilakukan oleh Revansi Junarto (2021) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Variasi Beban terhadap kelelahan korosi Aluminium 5005 pada lingkungan NaCl, pengaruh kekasaran permukaan spesimen terhadap kelelahan korosi Aluminium 5005 pada lingkungan NaCl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah siklus kelelahan korosi yang menurun pada spesimen Aluminium Al5005 seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan. Jumlah siklus tertinggi pada beban 250 N sebanyak 42507 siklus dan jumlah siklus terendah pada beban 400 N sebanyak 5668 siklus. Hal tersebut disebabkan karena spesimen memiliki beban maksimum yang dapat di terima sebelum putus, semakin tinggi beban yang diberikan maka beban tersebut semakin mendekati beban maksimum yang dapat diterima oleh spesimen, sehingga specimen lebih cepat putus.

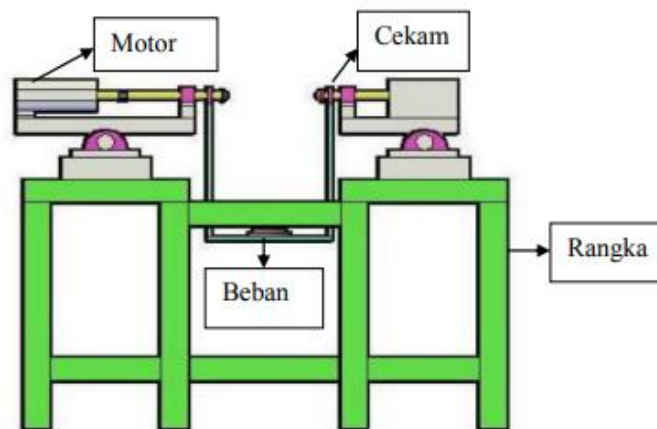
Penelitian laju korosi juga sudah dilakukan di kabupaten batu bara oleh Muhammad Ibnu Manda (2022). Dengan menggunakan spesimen uji berupa baja konstruksi dengan jenis baja plat, baja siku, baja strip, baja segiempat, dan baja tulangan. Metode yang dipilih pada penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat di enam titik lokasi sebaran dalam waktu pemaparan yang dilakukan selama bulan Februari, Maret, April, Mei, Juni, dan juli. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi atmosferik yang terjadi di Kawasan Industri Kuala Tanjung, dengan adanya penelitian ini maka dapat dimanfaatkan sebagai rujukan untuk kota-kota lain yang akan melakukan penelitian yang sama tentang korosi atmosferik. Penelitian ini telah sukses dilakukan dan telah mendapatkan hasil dari penelitian berupa 0,138 mpy untuk baja plat, 0,281 mpy baja siku, 2,906 mpy baja strip, 4,662 mpy baja segiempat dan 2,065 mpy baja tulangan. Hasil tersebut merupakan hasil perhitungan laju korosi atmosferik yang dilakukan pada salah satu lokasi yang dipilih dari Kecamatan Sei Suka.

Penelitian laju korosi yang dilakukan oleh Affandi (2019) selama enam bulan di kawasan industri Medan dan Kecamatan Medan Belawan dengan pengambilan data setiap dua minggu dengan nilai rata-rata laju korosi baja strip dan baja tulangan di lima titik Kawasan Industri Medan adalah 0,775 mpy, 1,70 mpy, 1,153 mpy, 1,473 mpy dan 5,401 mpy. Untuk profil tulangan nilai rata-rata laju korosi adalah 0,178 mpy, 0,591 mpy, 0,607 mpy, 0,309 mpy dan 0,615 mpy secara berurutan.

2.4 *Fatigue* (Kelelahan)

Kelelahan (*fatigue*) adalah kegagalan dibawah beban berulang. Terdapat tiga fase dalam perpatahan *fatigue*: permulaan retak, penyebaran retak, dan patah *fatigue* menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian Suatu bagian dapat dikenakan berbagai macam kondisi pembebanan, termasuk tegangan berfluktuasi, regangan berfluktuasi, temperatur berfluktuasi (*fatigue* termal), atau dalam kondisi lingkungan korosif atau temperatur tinggi Kebanyakan kegagalan pemakaian terjadi sebagai akibat tegangan-tegangan tarik (Abrianto, 2007)

Pada dasarnya kegagalan fatik dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatik sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (Dieter, 1992). Berikut adalah skema alat uji *rotary bending fatigue machine* dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Alat uji *rotary bending fatigue machine* (Muharnif M, Randy Septiawan 2018)

2.4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelelahan atau kekuatan lelah yaitu tipe pembebanan, putaran, kelembaban lingkungan (korosi), konsentrasi tegangan, suhu, kelelahan bahan, komposisi kimia bahan, tegangan-tegangan sisa, dan tegangan kombinasi.

2.4.1.1 Faktor kelembaban lingkungan

Kelembaban relatif 70 % sampai 80%. Lingkungan kelembaban tinggi membentuk pit korosi dan retak pada permukaan spesimen yang menyebabkan kegagalan lebih cepat terjadi (Haftirman, 1995).

2.4.1.2 Faktor tegangan sisa

Faktor tegangan sisa yang mungkin timbul pada saat pembuatan spesimen direduksi dengan cara melakukan pemakanan pahat sehalus mungkin terhadap spesimen sehingga pemakanan pahat tidak menimbulkan tegangan sisa maupun tegangan lentur pada spesimen.

2.4.1.3 Faktor suhu

Secara umum kekuatan lelah baja akan turun dengan bertambahnya suhu diatas suhu kamar kecuali baja lunak dan kekuatan lelah akan bertambah besar apabila suhu turun (Dieter, 1986).

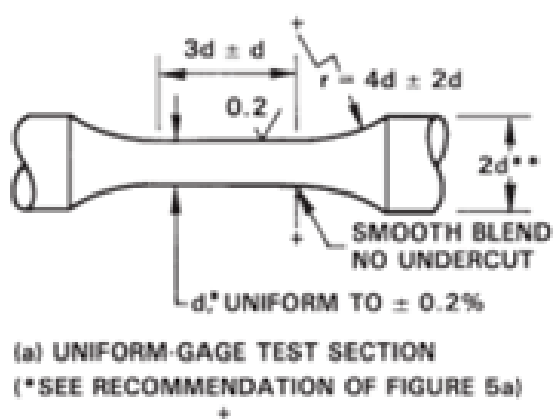
2.4.1.4 Faktor Pembebanan dan Putaran

Tipe pembebanan ini sangat mempengaruhi kekuatan lelah (Ogawa, 1989) Faktor putaran Pada putaran antara 750 rpm sampai 1500 rpm mempunyai kekuatan lelah yang hampir sama tetapi apabila putaran 50 rpm menurunkan kekuatan lelah jauh lebih besar dari putaran 750 rpm dan 1500 rpm, sehingga putaran yang berada diantara 750 rpm sampai 1500 rpm tidak mempengaruhi kekuatan lelah dengan signifikan (Iwamoto, 1989).

2.4.2. Uji Fatigue Menurut ASTM E606

ASTM E606 adalah mencakup penentuan sifat kelelahan bahan yang homogen menggunakan spesimen uji yang dibuat secara uniaksial terutama untuk pengujian kelelahan yang terkontrol regangan, namun ada beberapa bagian yang dapat memberikan informasi untuk pengujian terkontrol beban atau terkontrol stress. Berikut adalah beberapa istilah yang digunakan dalam pengujian fatik. Faktor faktor yang mempengaruhi *fatigue life* adalah adanya tipe pembebanan, putaran, kelembaban, lingkungan (korosi), konsentrasi tegangan, suhu, kelelahan bahan, komposisi kimia bahan, tegangan-tegangan sisa dan tegangan kombinasi. (A. International, E1823, 1996).

ASTM E606 mengatur mengenai strain control yaitu kontrol mesin pengujian harus memungkinkan pergantian di antara batas regangan konstan. Jika perilaku material memungkinkan (misalnya, efek penuaan tidak menghalangi), stabilitas kontrol harus sedemikian sehingga regangan batas maksimum dan minimum dapat diulang selama durasi pengujian hingga dalam 1% dari kisaran antara batas kontrol maksimum dan minimum. Untuk kontrol regangan dalam kondisi umur panjang, kadang-kadang menguntungkan untuk menjalankan tes kontrol regangan semu di bawah kontrol beban. Pengujian fatik dapat dimulai dalam kontrol regangan dan beralih ke kontrol beban setelah stabilisasi siklik dari respon tegangan terjadi. Dalam kasus ini regangan harus dipantau (langsung atau tidak langsung) dan penyesuaian dilakukan dalam kontrol beban untuk mempertahankan batas regangan dalam 1% dari kisaran antara batas maksimum dan minimum. Dimensi juga telah ditetapkan yaitu seperti pada gambar 2 yang menunjukkan dua konfigurasi spesimen dasar (A. International, E606, 1998). spesimen pengujian *Fatigue* dapat dilihat pada gambar 2.11



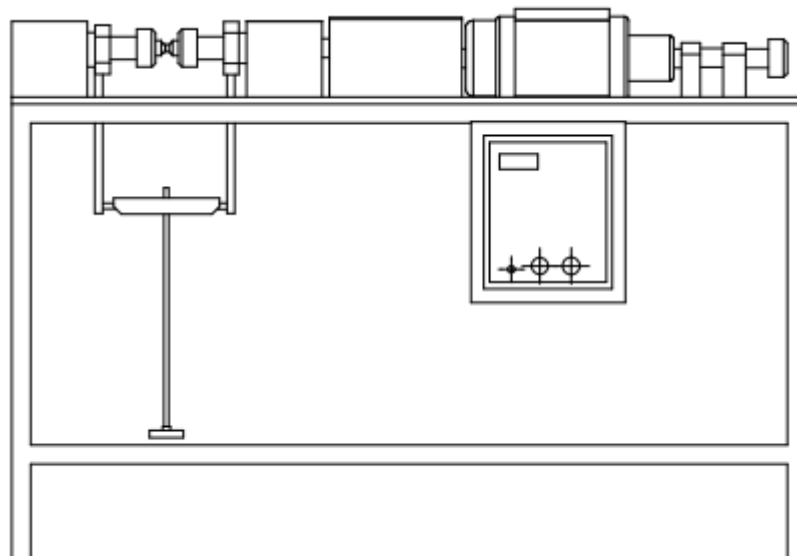
Gambar 2.11 Spesimen pengujian *fatigue* (A. International, E606, 1998).

2.4.3 Uji *Fatigue*

Alat uji *fatigue* dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut. Serta untuk gambar desain rancangan dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.12 *rotary bending fatigue machine*



Gambar 2.13 Desain Rancangan *rotary bending fatigue machine*

Pengujian fatigue dilakukan dengan cara memberikan stress level tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu, Benda uji akan diputar dan diberi beban, maka akan terjadi momen lentur pada benda uji dan besarnya dihitung dengan persamaan (*international for use of ONO'S,-*). (Dieter 1992).

$$\sigma = \frac{WL/2}{\pi/32d^3}$$

Dimana :

σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

W = Beban lentur (kg)

d = Diameter benda uji (mm)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat

Penelitian ini dilakukan di kawasan Pelabuhan Belawan. Serta dilaksanakan di laboratorium Mekanika Kekuatan Material, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

3.1.2. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini telah dimulai atas persetujuan yang diberikan oleh pembimbing pada tanggal 23 Desember 2021 Adapun waktu pelaksanaan penelitian pengaruh korosi dan beban fatigue baja St 37 terhadap prediksi umur fatigue di kawasan pelabuhan belawan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

NO	KEGIATAN	Bulan (waktu pelaksanaan)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pengajuan judul							
2	Study Literatur							
3	Pengumpulan Alat dan Bahan							
4	Proses Penelitian Uji Korosi Fatik							
5	Penyelesaian skripsi							

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan sebagai spesimen uji pada penelitian ini adalah baja karbon St 37 tipe Round Bar.



Gambar 3.1 Material uji Baja St 37 tipe Round Bar

3.2.2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pembuatan spesimen dan pelaksanaan penelitian antara lain:

1. Gerinda

Gerinda ini digunakan untuk memotong bahan yaitu baja St 37 menjadi benda uji sesuai dengan bentuk dan ukuran yang sudah ditentukan. Seperti pada gambar

3.2



Gambar 3.2 Gerinda

2. Amplas

Amplas berguna untuk menghaluskan permukaan maupun bekas pemotongan. Amplas yang digunakan yaitu amplas yang berukuran 800 dan 1000. Seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Amplas

3. Kikir

Kikir berguna untuk merapihkan bekas potongan dari benda uji yang telah dipotong dengan menggunakan gerinda. Seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Kikir

4. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk melakukan proses pemakanan agar sesuai dengan bentuk specimen uji standard ASTM E606. Seperti pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Mesin Bubut

5. Jangka Sorong

Jangka sorong berfungsi untuk mengukur benda uji apakah sudah sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan. Seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Jangka Sorong

6. Penggaris

Penggaris berguna untuk memngukur bahan agar lebih mudah dalam proses pemotongan. Seperti pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Penggaris

7. Peralatan Uji Fatigue

Berfungsi untuk menguji kelelahan terhadap bahan uji baja St 37. Seperti pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Peralatan Uji Fatigue

Bagian-bagian dari *Rotary bending fatigue machine* adalah sebagai berikut

a. Cekam (*Chuck*)

Berfungsi sebagai tempat pengikatnya spesimen uji pada saat pengujian. Dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Cekam (*Chuck*)

b. Motor Penggerak

Sebagai sumber penggerak yang akan digunakan untuk menggerakkan cekam pada saat pengujian fatigue. Dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Motor Penggerak

c. Rangka

Rangka merupakan tempat dudukannya berbagai macam komponen mesin *Rotary Bending Fatigue* sekaligus sebagai penahan beban. Dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Rangka

d. *Indicator section*

Sebagai panel yang berisi tombol on/off, tombol emergency, serta panel yang menunjukkan siklus/putaran mesin. Dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 *Indicator Section*

e. Beban

Variasi pembebanan yang di gunakan dalam uji *fatigue* adalah 5kg, 10kg, 15kg. Dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Beban

f. Gantungan beban

Digunakan untuk meletakkan Beban pengujian. Dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Gantungan Beban

8. Neraca Digital 0,1 gram

Berfungsi sebagai penimbang berat spesimen uji untuk pengambilan data berat awal dan sesudah dilakukan pengujian. Seperti pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Neraca Digital

9. Botol 250 ml

Digunakan untuk perendaman spesimen dengan air laut selama pengujian korosi Seperti pada gambar 3.16



Gambar 3.16 botol 250 ml

10. Kunci cekam (*Chuck*)

Digunakan untuk mengencangkan dan mengendurkan cekam pada saat ingin menggunakan spesimen pada mesin *Rotary Banding Fatigue* Seperti pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Kunci cekam (*Chuck*)

11. Kunci Inggris

Digunakan untuk menahan cekam pada saat penguncian agar cekam terkunci secara maksimal Seperti pada gambar 3.18



Gambar 3.18 Kunci Inggris

12. Kain Lap

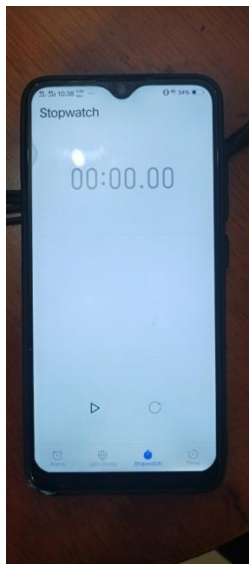
Digunakan untuk membersihkan tempat kerja sebelum dan sesudah digunakan
Seperti pada gambar 3.19



Gambar 3.19 Kain lap

13. Stopwatch

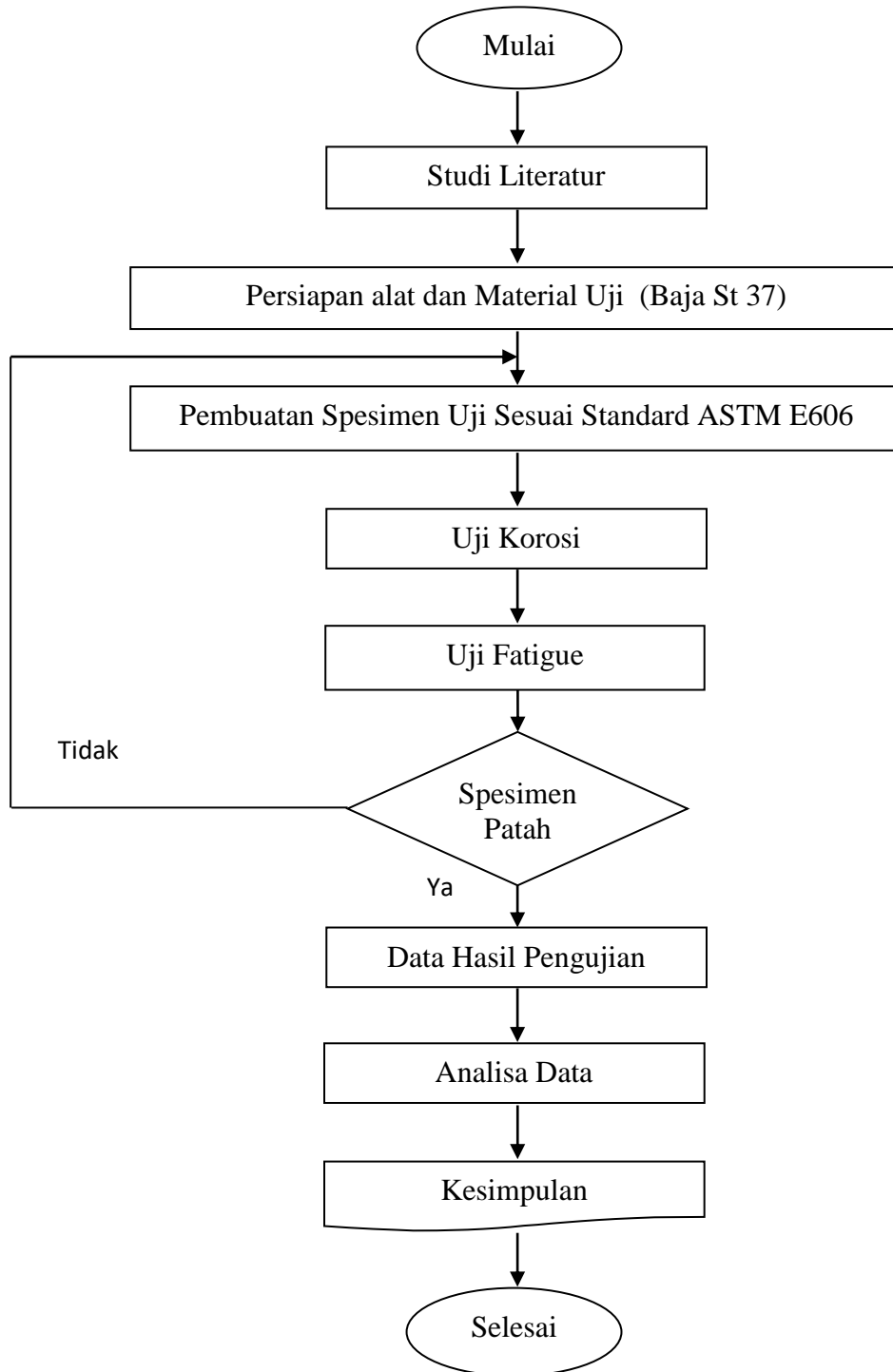
Berfungsi sebagai penunjuk atau pengukur waktu mulai dan berakhirnya
pengujian hingga spesimen patah. Seperti pada gambar 3.20



Gambar 3.20 Stopwatch

3.3 Bagan Alir Penelitian

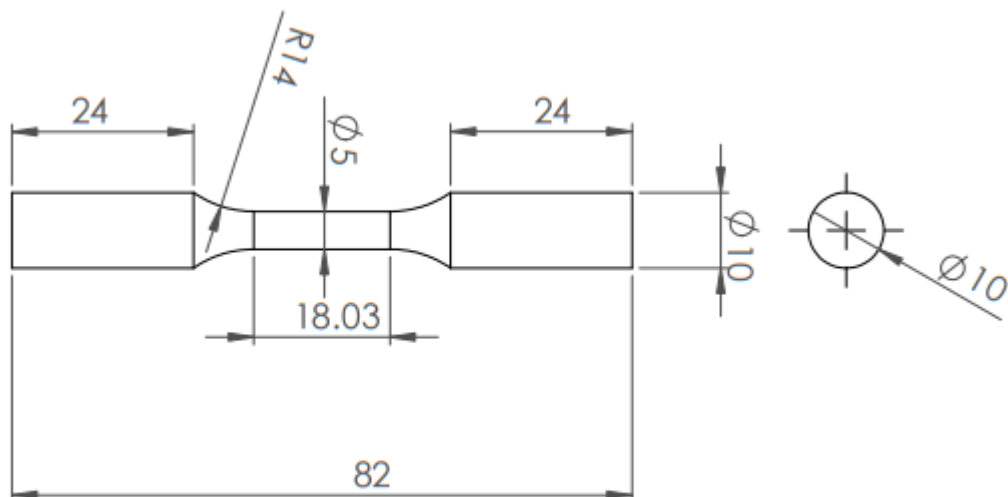
Bagan Alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.21 Gambar Diagram alir penelitian

3.4. Rancangan Sample Uji Fatigue

Rancangan sample spesimen uji fatigue menggunakan ASTM E606. ASTM E606 adalah mencakup penentuan sifat kelelahan bahan yang homogen menggunakan spesimen uji yang dibuat secara uniaksial terutama untuk pengujian kelelahan yang terkontrol regangan, namun ada beberapa bagian yang dapat memberikan informasi untuk pengujian terkontrol beban atau terkontrol stress. Berikut adalah beberapa istilah yang digunakan dalam pengujian fatik. Faktor factor yang mempengaruhi fatigue life adalah adanya tipe pembebanan, putaran, kelembaban, lingkungan (korosi), konsentrasi tegangan, suhu, kelelahan bahan, komposisi kimia bahan, tegangan-tegangan sisa dan tegangan kombinasi. (A. International, E1823, 1996) dan pada penentuan ukuran berdasarkan dari beberapa referensi yang sudah melakukan pengujian sebelumnya..



Gambar 3.22 Rancangan Sample Uji Fatigue Sesuai Dengan ASTM E606

3.5 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah untuk melakukan pengujian yaitu sebagai berikut:

3.5.1 Membuat spesimen uji sesuai dengan panduan standard ASTM E606

1. Melakukan pembubutan terhadap spesimen sesuai dengan standar spesimen uji, ASTM E606

3.5.2 Melakukan uji korosi

1. Melakukan pembersihan spesimen uji menggunakan kertas amplas sampai permukaan bersih.
2. Spesimen uji di timbang beratnya sebelum di rendam dalam media air laut untuk mengambil data berat awal.
3. Spesimen uji direndam dalam media air laut dengan waktu perendaman 8 minggu
4. Setelah 8 minggu perendaman, bersihkan spesimen menggunakan kertas gosok sampai permukaan bersih, lalu ditimbang untuk mengetahui berat akhirnya.

3.5.3 Melakukan uji *fatigue* terhadap spesimen baja st 37

1. Memasang spesimen pada cekam mesin *rotary bending fatigue*.
2. Memasang beban pada mesin *rotary bending fatigue* yang akan diberikan pada spesimen.
3. Pastikan spesimen terikat kuat agar tidak terjadi kesalahan pada pengujian.
4. Menghidupkan mesin dan stopwatch
5. Mematikan mesin dan stopwatch saat spesimen patah.
6. Kemudian mencatat waktu, dan siklus pada indicator serta mencatat beban pada mesin *rotary bending fatigue*.
7. Lepas spesimen pada mesin *rotary bending fatigue*.
8. Ulangi langkah-langkah sebelumnya sesuai dengan jumlah spesimen dan variasi pembebanan
9. Apabila pengujian telah selesai, bersihkan dan rapihkan peralatan uji.

3.5.4 Setelah dilakukan 2 pengujian tersebut maka selanjutnya melakukan analisa data untuk mengetahui:

1. Bagaimana pengaruh lingkungan di wilayah pelabuhan belawan terhadap korosi pada baja St 37.
2. Bagaimana pengaruh beban *fatigue* baja St 37 terhadap prediksi umur *fatigue* pada kawasan pelabuhan belawan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada bab ini berisi tentang hasil dari pengolahan data sesuai dengan data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan. Data yang ditampilkan meliputi Hasil uji korosi dan hasil uji *fatigue* yang merupakan hasil dari penelitian.

4.2 Analisa Data

- a. Komposisi bahan pada baja ST37 sesuai dengan *mill certificate* dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37

Unsur	Kandungan (%)
S	0,035
Mn	0,70
C	0,32
Si	0,17
P	0,040

- b. Data hasil pengujian kualitas air yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 hasil uji kualitas air laut

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
Air Laut Pelabuhan Belawan				
1	Kekeruhan	NTU	3,30	5
2	Suhu	°C	29	28-32
3	Kebauan*	-	Tidak berbau	Alami
4	TSS	mg/l	49	80
5	Salinitas	‰	18	34
6	pH	-	6,6	7-8,5
7	Amoniak Total*	mg/l	0,02	0,3
8	Tembaga*	mg/l	<0,0001	0,008

9	Timbal*	mg/l	<0,0001	0,008
10	Seng*	mg/l	0,0294	0,05
11	Nikel*	mg/l	<0,0001	0,05

Berdasarkan dari tabel 4.2 diatas, hasil pengujian kualitas air laut di pelabuhan belawan dengan parameter uji fisika dan kimia dengan berikut beberapa hasil yang di dapat: Konsentrasi Kekeruhan (nilai ambang batas 3,30 NTU). Suhu berada di 29°C. Kebauan, Tidak Berbau. TSS (*Total Suspend Solid*) 49 mg/l dengan nilai ambang batas 80 mg/l. salinitas 18‰ dengan nilai ambang batas 34‰. pH berada di 6,6 dengan baku mutu 7-8,5. Amoniak total berkisar di 0,02 mg/l dari 0,03mg/l. Tembaga (Cu) <0,0001 mg/l dengan baku mutu 0,008mg/l. Timbal (Pb) <0,0001 mg/l dengan baku mutu 0,008mg/l. Seng (Zn) 0.0294 mg/l dengan baku mutu 0,5 mg/l. Nikel (Ni) <0,0001 mg/l dengan baku mutu 0,05mg/l.

Dilihat dari tabel serta penjelasan sebelumnya, faktor yang memungkinkan penyebab terjadinya laju korosi adalah pH dengan nilai 6,6 baku mutu 7-8,5. Dimana sesuai dengan pernyataan yaitu, “Reaksi korosi akan lebih cepat apabila pH berada di kondisi < 7 dimana kondisi ini merujuk kearah yang lebih asam sehingga menyebabkan atom-atom logam yang teroksidasi yang akan menyebabkan reaksi reduksi pada katoda” (knoboloch dan mazumber 2000).

4.3 Hasil Data Uji Korosi dengan metode kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan menghitung kekurangan berat akibat korosi yang terjadi, Metode ini menggunakan jangka waktu yang sudah ditentukan sehingga mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi (Chodijah, Siti, 2008).

$$CR (mpy) = \frac{W \times K}{D \cdot A_s \cdot T}$$

Dimana:

W = Kehilangan Berat (gr)

K = Konstanta Faktor

A_s = *Surface area* (cm²)

T = Waktu/*Exposure time* (h)

D = Densitas Baja karbon (gr/ cm³)

Surface area = 2305.28 cm²

Nilai Surface Area di dapatkan dari hasil menggambar/modeling Spesimen standard ASTM E606 dengan menggunakan aplikasi SOLIDWORKS 2015 dengan hasil kalkulasi dari *MASS PROPERTIES* sehingga mendapatkan nilai 2305.28 cm².

Exposure Time = 8 minggu = 1344 h (jam)

Densitas baja karbon = 7,86 g/ cm³

4.3.1 Perhitungan Korosi Spesimen 1

Berat awal 7,40 gram - berat Akhir 7,38 gram

Kehilangan berat = 0,000002 kg = 0,02 gram

Berikut adalah perhitungan laju korosi sebagai berikut;

$$CR (mpy) = \frac{0,02 \text{ gram} \cdot 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2305.28 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,002 833 \text{ mpy}$$

Maka hasil yang di dapat pada perhitungan uji laju korosi spesimen 1 baja St 37 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,002 833 mpy

4.3.2 Perhitungan Korosi Spesimen 2

Berat awal 7,62 gram - berat Akhir 7,59 gram

Kehilangan berat = 0,000003 kg = 0,03 gram

Berikut adalah perhitungan laju korosi sebagai berikut;

$$CR (mpy) = \frac{0,03 \text{ gram} \cdot 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2305.28 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,004 249 \text{ mpy}$$

Maka hasil yang di dapat pada perhitungan uji laju korosi spesimen 2 baja St 37 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,004 249 mpy.

4.3.3 Perhitungan Korosi Spesimen 3

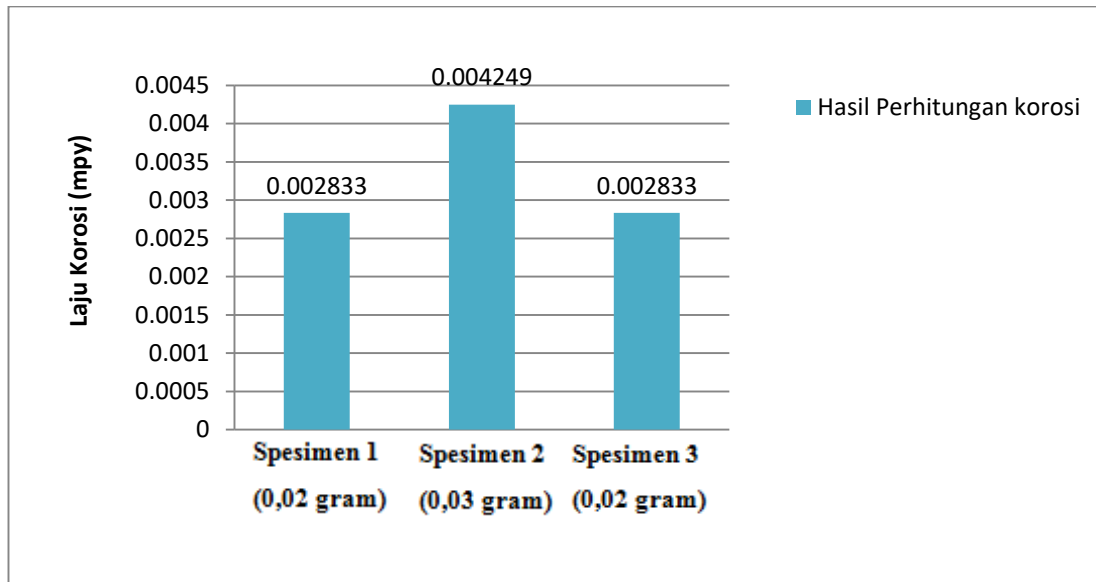
Berat awal 7,36 gram - berat Akhir 7,34 gram

Kehilangan berat = 0,000002 kg = 0,02 gram

Berikut adalah perhitungan laju korosi sebagai berikut;

$$CR (mpy) = \frac{0,02 \text{ gram} \cdot 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2305.28 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,002 833 \text{ mpy}$$

Maka hasil yang di dapat pada perhitungan uji laju korosi spesimen 3 baja St 37 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,002 833 *mpy*.



Gambar 4.1 Grafik hasil uji korosi

Dilihat dari gambar 4.1, hasil uji korosi dengan menggunakan metode perendaman pada media air laut terhadap spesimen uji baja ST37 memiliki pengaruh terhadap permukaan spesimen uji. Pengaruh yang terjadi adalah berupa karat hampir di seluruh permukaan spesimen. Dan setelah dilakukan perhitungan korosi, sehingga mendapat hasil yang dapat dilihat pada grafik hasil uji korosi pada gambar 4.2 hasil uji korosi pada 3 spesimen yang berat awalnya berbeda. Dimana spesimen pertama kehilangan berat sebesar 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002 833 *mpy*. Spesimen kedua kehilangan berat sebesar 0,03 gram dengan hasil perhitungan 0,004 249 *mpy*. Spesimen ketiga kehilangan berat 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002 833 *mpy*.

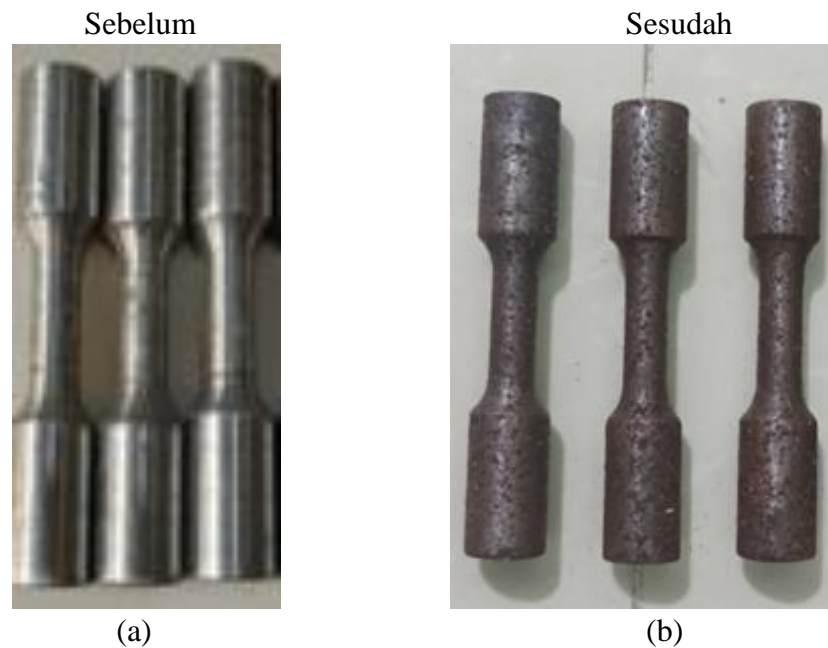
Berikut adalah perbandingan dengan hasil penelitian Korosi baja ST37 yang telah dilakukan sebelumnya oleh Lusiana Br Turnip, Sri Handani, Sri Mulyadi (2015). “Pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit buah manggis terhadap penurunan laju korosi Baja ST-37” Laju korosi tanpa penambahan inhibitor dalam media korosif NaCl 3% sebesar 1,5161 mpy. Setelah diberi larutan inhibitor laju korosi terendah terjadi pada penambahan inhibitor 2%, dengan laju korosi yang terjadi sebesar 1,1211 mpy, sedangkan laju korosi terbesar terjadi pada penambahan inhibitor 10% yaitu 1,3377 mpy. Pada gambar terlihat ada titik yang mengalami kenaikan laju korosi, hal ini diakibatkan karena lapisan Fe-tanin ekstrak tidak bisa menutupi seluruh permukaan baja, sehingga pada bagian yang tidak tertutupi dapat terion dan mengalami korosi (Hasibuan, dkk., 2012).

Sebagai perbandingan Hasil Analisa pengaruh korosi air laut di kawasan pelabuhan belawan terhadap baja ST37 dengan metode kehilangan berat, tingkat kehilangan berat tertinggi ada di spesimen 2 dengan jumlah 0,03 gram dengan hasil perhitungan 0,004 249 mpy. serta diurutkan berikutnya pada spesimen 1 dan 3 dimana kedua spesimen ini kehilangan berat 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002 833 mpy. dimana dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil yang signifikan antara media uji larutan NaCl variasi penambahan inhibitor, laju korosinya lebih tinggi dibandingkan dengan media uji Air laut dengan proses alami perendaman selama 8 minggu.

Pada hasil uji korosi, mendapatkan beberapa spesimen memiliki hasil kehilangan berat berbeda yang disebabkan oleh pengaruh pada saat perendaman spesimen uji dengan media air laut dimana ada faktor yang memungkinkan menjadi penyebab kehilangan berat yaitu pH dengan nilai baku mutu 7-8,5. Dimana sesuai dengan pernyataan, “Reaksi korosi akan lebih cepat apabila pH berada di kondisi < 7 dimana kondisi ini merujuk kearah yang lebih asam sehingga menyebabkan atom-atom logam yang teroksidasi yang akan menyebabkan reaksi reduksi pada katoda” (knoboloch dan mazumber 2000).

4.3.4 Analisa Permukaan Spesimen

Dilihat dari foto makro spesimen uji korosi metode kehilangan berat dengan menggunakan air laut sebagai media perendaman di kawasan pelabuhan belawan, dengan waktu perendaman selama 8 minggu. Terjadinya perubahan tidak hanya pada permukaan spesimen uji perubahan warna juga terjadi, ini menunjukkan bahwa laju korosi berhubungan dengan waktu serta terpengaruh dengan lingkungan. Perubahan bentuk permukaan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.2 Perbandingan Spesimen uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian korosi

Hasil analisa permukaan uji korosi dengan media perendaman air laut dapat dilihat pada gambar (a) spesimen yang belum terkena korosi dengan media air laut yang mulanya permukaan spesimen mulus tidak berlubang dan berpori. Dan setelah dilakukan uji korosi dengan perendaman di media air laut, perubahan permukaan spesimen dapat dilihat pada gambar (b) permukaan mengalami perubahan seperti adanya lubang/pori-pori pada permukaan dan perubahan warna permukaan mejadi merah dengan sedikit kecoklatan.

4.4 Pengujian *Fatigue*

Pada analisa tegangan static, kegagalan semestinya tidak terjadi jika tegangan *von mises* yang diterima suatu struktur berada jauh dibawah kekuatan lluh material. Namun ketika mengalami jutaan beban berulang kecil, struktur mengalami pertumbuhan retak permukaan yang dapat menyebabkan degradasi kekuatan material dan kegagalan mendadak. Kegagalan ini disebut dengan kegagalan fatik yang sering terjadi secara tiba-tiba dan dapat menyebabkan malapetaka. Uji fatigue menggunakan mesin *Rotary bending machine* dengan menggunakan variasi beban 5kg, 10kg, 15kg, ,adapun datanya bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.3 data variasi nilai beban

No	W (kg)	D (mm)	L (mm)
1	5	5	18
2	10	5	18
3	15	5	18

4.4.1 Percobaan Pertama Uji *Fatigue*

Percobaan pertama pada uji *fatigue* yaitu menggunakan material jenis Baja ST37, lalu spesimen mengalami patah pada menit 5:30.93 dan berada di siklus 6732 dengan menggunakan variasi beban 5kg. berikut patahan pada spesimen dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3. Spesimen Baja ST37 dengan variasi beban 5kg

Penyelesaian Percobaan Pertama:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{5kg. 1,8cm/2}{3,14/32.0,5^3cm} \\ &= \frac{5kg. 0,9cm}{0,0981.0,125cm} \\ &= \frac{4,5kg. cm}{0,0122cm} \\ &= 68,85 Kg/cm^2 \\ &= 36,885 Mpa\end{aligned}$$

4.4.2 Percobaan Kedua Uji *Fatigue*

Percobaan kedua pada uji *fatigue* yaitu menggunakan material jenis Baja ST37, lalu spesimen mengalami patah pada menit 2:05.86 dan berada di siklus 2573 dengan menggunakan variasi beban 10kg. berikut patahan pada spesimen dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4. Spesimen Baja ST37 dengan variasi beban 10kg

Penyelesaian Percobaan kedua:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{10kg. 1,8cm/2}{3,14/32.0,5^3cm} \\ &= \frac{10kg. 0,9cm}{0,0981.0,125cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{9kg \cdot cm}{0,0122cm} \\
&= 737,70 Kg/cm^2 \\
&= 73,770 Mpa
\end{aligned}$$

4.4.3 Percobaan Ketiga Uji *Fatigue*

Percobaan ketiga pada uji *fatigue* yaitu menggunakan material jenis Baja ST37, lalu spesimen mengalami patah pada detik 31.88 dan berada di siklus 642 dengan menggunakan variasi beban 15kg. berikut patahan pada spesimen dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5. Spesimen Baja ST37 dengan variasi beban 15kg

Penyelesaian Percobaan ketiga:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\
&= \frac{15kg \cdot 1,8cm/2}{3,14/32 \cdot 0,5^3cm} \\
&= \frac{15kg \cdot 0,9cm}{0,0981 \cdot 0,125cm} \\
&= \frac{13,5kg \cdot cm}{0,0122cm} \\
&= 1106,55 Kg/cm^2 \\
&= 110,655 Mpa
\end{aligned}$$

4.4.4 Data hasil pengujian *Fatigue*

Setelah dilakukannya pengujian *fatigue* terhadap spesimen uji material Baja ST37, dengan menggunakan mesin *Rotary Bending Fatigue* maka hasil data pengujian ditunjukkan pada tabel 4.4 sebagai berikut:

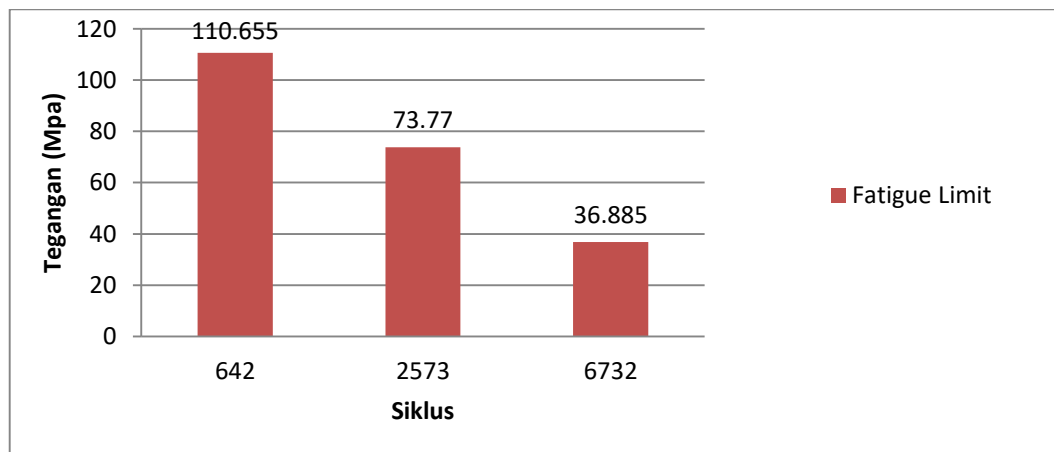
Tabel 4.4 data hasil pengujian *fatigue*

No	W (kg)	σ (Mpa)	Siklus	T (menit)
1	5 kg	36,885 Mpa	6732	05:30
2	10 kg	73,770 Mpa	2573	02:05
3	15 kg	110,655 Mpa	642	00:31

4.5 Kurva S-N

Kurva S-N merupakan karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan yang berulang dengan besar yang sama. Kurva tersebut diperoleh dari pengujian baja ST37 yang diberi beban secara berulang dengan jumlah N sampai terjadi *failure*, besarnya N berbanding terbalik dengan tegangan S (tegangan maksimum - tegangan minimum) (Dieter, 1992).

Kurva ini menyediakan informasi karakteristik *fatigue* dengan amplitude pembebanan yang konstan. Dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.6. Grafik Kurva S-N

Hasil analisa pengaruh beban terhadap prediksi umur *fatigue* pada spesimen standar ASTM E606 baja ST37 dengan pengujian *fatigue* yang telah

dilaksanakan, bahwa spesimen baja ST37 memiliki umur *fatigue* minimum untuk variasi beban 5kg, 10kg, 15kg menunjukkan hasil prediksi umur *fatigue* berturut-turut yaitu 6732, 2573, 642 siklus. Hal ini menunjukkan bahwa umur *fatigue* semakin menurun seiring dengan kenaikan pembebanan. Dan dapat disimpulkan untuk pembebanan 5kg pada baja ST37 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian *fatigue* dengan asumsi prediksi umur *fatigue* 6732 siklus. Pada pembebanan 10kg pada baja ST37 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian *fatigue* dengan asumsi prediksi umur *fatigue* 2573 siklus. Dan pada pembebanan 15kg pada baja ST37 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian *fatigue* dengan asumsi prediksi umur *fatigue* 642 siklus.

4.6 Struktur Perpatahan Spesimen Uji *Fatigue*

Hasil pengamatan struktur makro, menunjukkan bahwa terjadinya awal *crack* dan terus berkembang hingga penampang dari spesimen uji tidak kuat menahan beban yang diberikan dan terjadi perpatahan akhir *final failure*. Gambar Makro struktur perpatahan spesimen uji *fatigue* dapat dilihat pada gambar 4.7, 4.8, 4.9 berikut:



Gambar 4.7 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 5 kg dengan pembesaran 20×

Dapat dilihat patahan spesimen hasil uji baja ST37 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 5 kg pada gambar 4.7, Permukaan perpatahan berbentuk rata, terbentuk patah rapuh (*brittle fracture*). Retak diawali pada bagian sisi Kiri dengan rongga dari permukaan, sehingga terjadi perambatan retak perlahan pada bagian sisi kanan dan terjadi *final failure* dimana terdapat bintik-bintik dari permukaan patahan.



Gambar 4.8 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 10 kg dengan pembesaran 20×

Dapat dilihat patahan spesimen hasil uji baja ST37 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 10 kg pada gambar 4.8, Awal retak timbul dari bagian permukaan pada sisi kiri terjadi cacat pada permukaan sehingga terjadi konsentrasi tegangan pada permukaan spesimen. Seiring waktu dengan pembebanan yang diberikan, menyebabkan perambatan retak hingga patah ditandai dengan adanya *beachmarks*.



Gambar 4.9 Spesimen uji Baja ST37 pembebanan 15 kg dengan pembesaran 20×

Dapat dilihat patahan spesimen hasil uji baja ST37 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 15 kg pada gambar 4.9, awal perpatahan tidak adanya *beachmarks* dikarenakan perpatahan yang terjadi begitu cepat. Sehingga Permukaan patahan terlihat sangat kasar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, yang berupa uji korosi dan pengujian *Fatigue*. dapat disimpulkan sebagai berikut:

Hasil Analisa pengaruh korosi air laut di kawasan pelabuhan belawan terhadap baja ST37 dengan metode kehilangan berat, tingkat kehilangan berat tertinggi ada di spesimen 2 dengan jumlah 0,03 gram dengan hasil perhitungan 0,004 249 *mpy*. serta diurutkan berikutnya pada spesimen 1 dan 3 dimana kedua spesimen ini kehilangan berat 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002 833 *mpy*. Pada hasil uji korosi mendapatkan beberapa spesimen memiliki hasil kehilangan berat berbeda yang disebabkan oleh pengaruh pada saat perendaman spesimen uji dengan media air laut dimana ada faktor yang memungkinkan menjadi penyebab kehilangan berat yaitu pH dengan nilai 6,6 baku mutu 7-8,5. Dimana sesuai dengan pernyataan. Reaksi korosi akan lebih cepat apabila pH berada di kondisi < 7 dimana kondisi ini merujuk kearah yang lebih asam sehingga menyebabkan atom-atom logam yang teroksidasi yang akan menyebabkan reaksi reduksi pada katoda.

Hasil analisa pengaruh beban terhadap prediksi umur fatigue pada spesimen standar ASTM E606 baja ST37 dengan pengujian *fatigue* yang telah dilaksanakan, bahwa spesimen baja ST37 memiliki umur *fatigue* minimum untuk variasi beban 5kg, 10kg, 15kg menunjukkan hasil prediksi umur *fatigue* berturut-turut yaitu 6732, 2573, 642 siklus. Hal ini menunjukkan bahwa umur *fatigue* semakin menurun seiring dengan kenaikan pembebanan.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian yang telah dilaksanakan adalah :

1. Uji Korosi
Exposure time bisa dilakukan lebih lama lagi.
2. Uji *Fatigue*
 - a. Pada alat uji *fatigue* ada beberapa komponen penting yang kurang lengkap seperti kunci cekam dan beban, sehingga pengujian sempat tertunda. Diharapkan kedepannya untuk melengkapi peralatan uji *fatigue* .
 - b. Untuk pengujian berikutnya diharapkan menggunakan bahan dan beban yang lebih bervariasi lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad Amirul Nafis Furqoni. (2022)., ANALISIS PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN KEDALAMAN PEMAKANAN PROSESS SIDE MILLING TERHADAP TINGKAT KEKASARAN BAJA ST37. Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
- Supomo, Heri, (2003). Buku Ajar Korosi, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS, Surabaya
- A. International, "E 606 – 92, (1998). Standard Practice for Strain-Controlled Fatigue Testing," ed. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- Iwayan Gede Budi. (2010)., Teses: *Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Sedang AISI 1045 Dengan Type Rotary Bending*. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Sisworo dan Sudjito. 2009. *Ketahanan Fatik Rotary Bending*.
- Tata Surdia, Shinroku Saito. 1985., Pengetahuan Bahan Teknik, PT Pradnya Paramita Jakarta,
- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). *Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating*. Jurnal Teknik ITS, 4(1), G1-G5.
- Schweitzer, P.A., (2007), *Fundamental of Metallic Corrosion; atmospheric and Media Corrosion of Metals*, Boca Raton; CRC Press Taylor and Francis Group
- J. E. Bringas, Penyunt DS67B, A. (2004). *Handbook of Comparative World Steel Standards* (Third ed.). USA.
- Trethewey, K. R. & Chamberlain, J., 1991, *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ir. Wahid Suherman, 1987. "Pengetahuan Bahan", Institut Teknologi Surabaya
- Jones, D.A., (1992) *Principles and prevention of corrosion*, 2nded, Macmillan Publishing Company, New York (1992). Pp.83-85, 25.

- Nanang Budi, Sriyanto. (2009). *Prilaku perambatan retak fatik dalam media korosif dengan variasi konsentrasi NaCl pada sambungan Las busur rendam baja ASTM A572 Grade 50*,. Universitas Gadjah Mada.
- Uhlig's, 1976 corrosion handbook, Copyright @ 2011 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada
- Budi Utomo, (2009), *Jenis Korosi Dan Penanggulangannya*, Teknik Perkapalan. Universitas Diponegoro
- Kaidir.M . Rizky Arman, Julisman,. (2015)., *ANALISA SIFAT MEKANIK PERMUKAAN BAJA ST 37 DENGAN PROSES PACK CARBURIZING, MENGGUNAKAN ARANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON PADAT*. Universitas Bung Hatta Padang
- LASINTA Ari Nendra, Wibawa,. (2020). *Pengaruh Beban Terhadap Prediksi Umur Fatik Dudukan (Bracket) AC Outdoor Menggunakan Metode Elemen Hingga*., Universitas Sebelas Maret
- Munasir., L (2009), *LAJU KOROSI BAJA SC 42 DALAM MEDIUM AIR LAUT DENGAN METODE IMMERS TOTAL*., Jurusan Fisika FMIPA, UNESA surabaya
- Affandi, Iqbal Tanjung, Arya Rudi Nasution, Syarizal Fonna, Syiful Huzni., (2020), *INVESTIGASI LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH PROFIL SEGIEMPAT DI KAWASAN INDUSTRI MEDAN*., Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Iqbal Tanjung, Affandi, Syifaul Huzni, Syarizal Fonna, (2020), *Investigasi Pengaruh Jumlah Anoda Terhadap Distribusi Potensial Korosi Pada Beton Bertulang Menggunakan BEM 3D*., Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- ASTM International, (June 2002), *Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- Muharnif M, Randy Septiawan, (2018)., *Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue*

- Machine*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Rudi Hartono, Didi Subigyar,(2020)., *Laju korosi Pada Baja Karbon Medium Plat A36 Direndam Dalam Media Air Laut Dan Air Tawar.*, Dinamika jurnal teknik mesin UNKHAIR.
- Trisna Hadi Saputra, Priyagung Hartono, Margianto., *Analisis Laju Korosi Pada Baja Karbon A36 Dengan 3 Medium Korosi.*, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Malang.
- Eko Saputra, Kurnia Hastuti., (2021), *STRESS CORROSION CRACKING OF AISI 304 WITH VARIATION OF WHEIGHT USING OCEAN'S WATER AS MEDIA.*, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau-Pekanbaru
- Affandi, Arya Rudi, S. Fonna, S. Huzni., (2019). *Atmospheric Corrosion Analysis On Carbon Steel Low Profile Strip and Reinforcing steel in Industrial Area.* Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- X. Chen And Y. Liu. Finite., (2019). *Element Modelling And Simulation With Ansys Workbench*, 2nd ed. Tayloy & Francis Group
- Lusiana Br Turnip, Sri Handani, Sri Mulyadi, (2015), *PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS TERHADAP PENURUNAN LAJU KOROSI BAJA ST-37.* Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Andalas, Padang

LAMPIRAN



Foto Pemotongan Spesimen Uji



Foto Pembubutan Spesimen Uji Sesuai Dengan ASTM E 606



Foto Survei Lokasi Di Kawasan Pelabuhan Belawan



Foto Pengambilan Media Uji Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Belawan



Foto Dokumentasi Setelah Pengambilan Media Uji Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Belawan



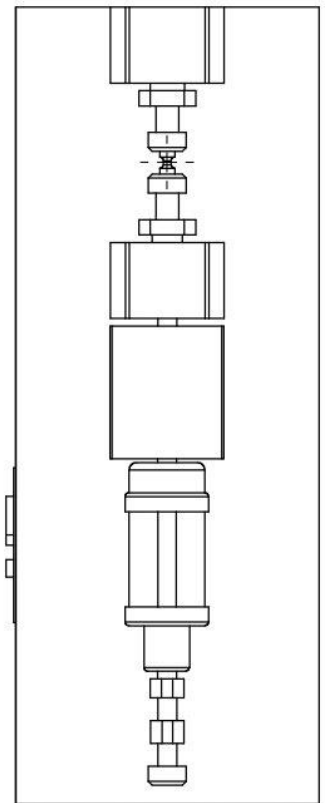
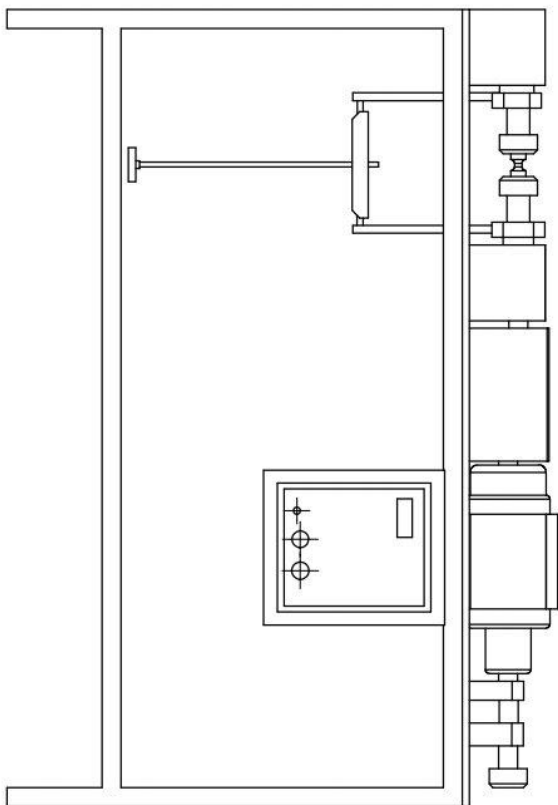
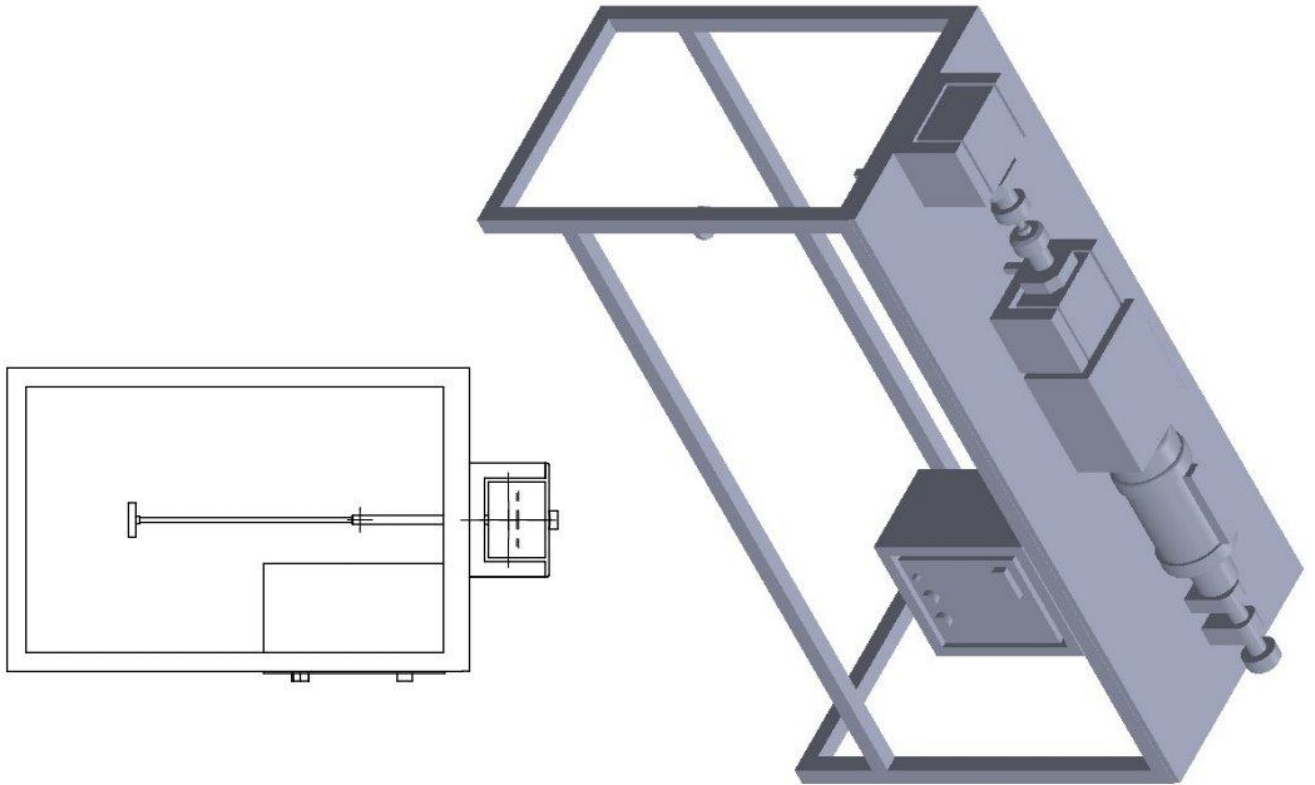
Foto Penimbangan Berat Awal Spesimen Di Kawasan Pelabuhan Belawa

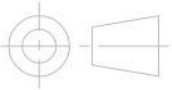


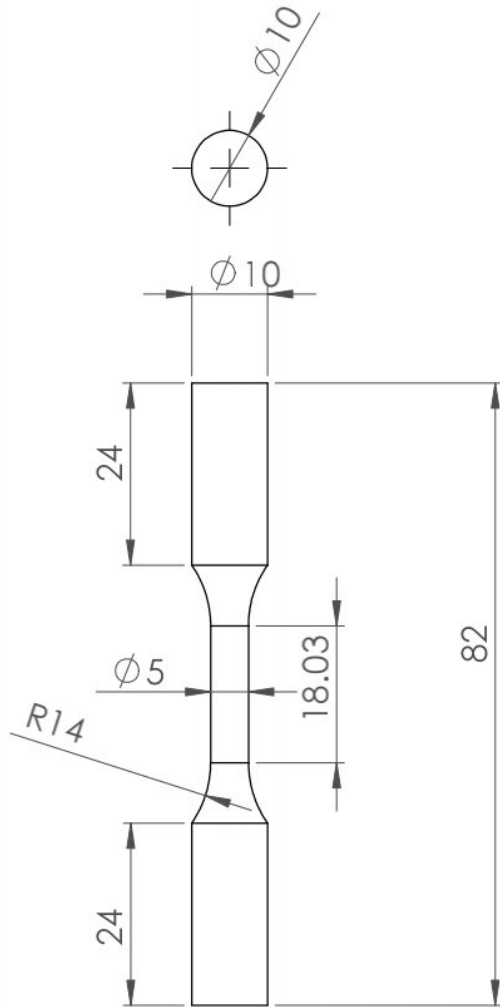
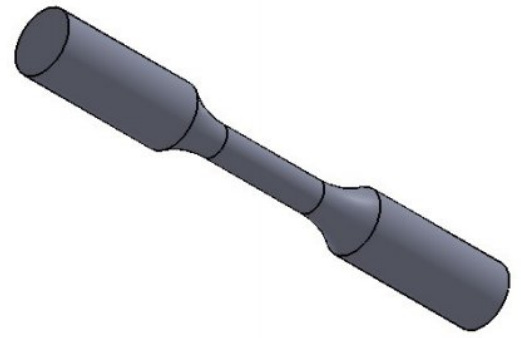
Foto Custom Pemotongan Besi Untuk Beban *Fatigue*

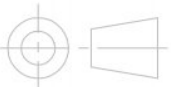


Foto Pengujian *Fatigue*



	Skala :	Digambar : Ilham Dwilana	PERINGATAN	
	Ukuran : Milimeter	NPM : 1807230085		
	Tanggal : 13/09/2023	Dilihat :		
TEKNIK MESIN Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Mesin Uji Rotary Bending Machine		No	A4



	Skala : 1:1	Digambar : Ilham Dwilana	PERINGATAN	
	Ukuran : Milimeter	NPM : 1807230085		
	Tanggal : 30/08/2023	Dilihat :		
TEKNIK MESIN Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Spesimen Uji Fatigue ASTM E606		No	A4

Mass properties of SPESIMEN Fatigue ASTM E606 ILHAM DWILANA

Configuration: Default

Coordinate system: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter

Mass = 4.70 grams

Volume = 4697.68 cubic millimeters

Surface area = 2305.28 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

$$X = 0.00$$

$$Y = 0.00$$

$$Z = 41.00$$

*Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters) Taken at the center of mass.*

$$I_x = (0.00, 0.00, 1.00) \quad P_x = 52.20$$

$$I_y = (0.00, -1.00, 0.00) \quad P_y = 3502.50$$

$$I_z = (1.00, 0.00, 0.00) \quad P_z = 3502.50$$

*Moments of inertia: (grams * square millimeters)*

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

$$L_{xx} = 3502.50 \quad L_{xy} = 0.00$$

$$L_{xz} = 0.00 \quad L_{yx} = 0.00 \quad L_{yy} = 3502.50$$

$$L_{yz} = 0.00 \quad L_{zx} = 0.00 \quad L_{zy} = 0.00 \quad L_{zz} = 52.20$$

*Moments of inertia: (grams * square millimeters)*

Taken at the output coordinate system.

$$I_{xx} = 11399.29 \quad I_{xy} = 0.00$$

$$I_{xz} = 0.00 \quad I_{yx} = 0.00 \quad I_{yy} = 1399.29$$

$$I_{yz} = 0.00 \quad I_{zx} = 0.00 \quad I_{zy} = 0.00 \quad I_{zz} = 52.20$$



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(QA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2018-03-11
Cert. No. : 201803-019834
Customer :
Heat No. : 276685

Steel Grade : AISI 1037/ST37
Shape of Product : ROUND BAR
Delivery Condition : As Rolled

Size (mm) : 25.7
Length (mm) : 6,000
Weight (kg) : 24
Quantity(pcs) : 1,000

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		x 100	x 100	x 100	x 1000	x 1000
Spec.	Min.	32	17	0.7	40	35
	Max.	40	37	1		
	Result	37	37	0.8	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (HB)				
		SURFACE	100-120 HB	10-30 HRC		

Mechanical Properties AISI 1037/ST37

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Young's modulus (GPa)	<i>E</i>	190
Poisson's ratio	<i>v</i>	0,29
Density(Kg/m ³)	<i>P</i>	7.740
Yield strength (MPa)	<i>Sy</i>	540
Shear strength (MPa)	<i>Ss</i>	340
Extension ratio (%)		14 - 20
Area reduction (Psi)		40 - 45
Hardness (Hb)	<i>Hb</i>	100 - 120

<<Remarks>>

B/DS : 4

----- End of report -----

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.

Certified by

O. Y. Cho

Manager of Quality Assurance Dept

SURAT PENGANTAR LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Bersama ini disampaikan Laporan Hasil Pengujian untuk :

Nama Pelanggan : M. RIZKY AL-SYAHPUTRA BINTANG DAN
ILHAM DWILANA

Nama Pemohon : M. RIZKY AL-SYAHPUTRA BINTANG DAN
ILHAM DWILANA

Personil Penghubung : M. Rizky Al-Syahputra Bintang

Tanggal Contoh Uji Di Terima : 06 Maret 2023

Tanggal Contoh Uji Di Analisa : 06-29 Maret 2023

Tanggal Terbit Laporan : 29 Maret 2023

Jenis dan Jumlah Contoh Uji :

1. Air Laut : 1 Sampel


Jumlah Total Halaman : 3 Halaman

(Termasuk Sampul Depan)

Medan, 29 Maret 2023

Manajer Mutu

PT. Shafera Enviro Laboratorium



Shafera Enviro
Laboratorium
Yolanda S.C Sinuhaji

PT. SHAFERA ENVIRO LABORATORIUM
Jl. Letjen, Jamin Ginting 37 Sidomulyo, Kec. Medan Tuntungan.
Medan - 20137.
Telp. + 62812-1551-018
Email : shafera.enviro@gmail.com.
Website : www.shafera-enviro.com

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pelanggan :

M. RIZKY AL-SYAHPUTRA BINTANG DAN ILHAM
DWILANA

Personil Penghubung : M. Rizky Al-Syahputra Bintang

Tanggal : 29 Maret 2023

PT. SHAFERA ENVIRO LABORATORIUM

APORAN HASIL PENGUJIAN

INFORMASI CONTOH UJI

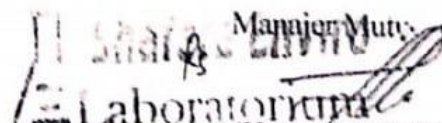
Nomer Laporan	: SEL-103-III-2023
Nama Pelanggan	: M. Rizky Al-Syahputra Bintang dan Ilham Dwilana
Personil Penghubung	: Rizky Al-Syahputra
Tanggal Terbit Laporan	: 29 Maret 2023

Identifikasi Laboratorium	Identitas Contoh Uji	Analisa	Tanggal Pengambilan	Tanggal Penerimaan	Waktu Analisa	Koordinat	
						Lintang	Bujur
AL-III-203	Air Laut Pelabuhan Belawan	Air Laut	05/03/2023	06/03/2023	06-29/03/23	3.779382 ^o	98.681038 ^o

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Metoda
			Air Laut Pelabuhan Belawan		
1	Kekeruhan	NtU	3,30	5	IK III/016/2020
2	Suhu	°C	29	28-32	IK III/015/2020
3	Kebauan*	-	Fidak berbau	Alami	Organoleptis
4	TSS*	mg/l	49	80	SNI 6989.27-2019
5	Salinitas	‰	18	34	Refraktometer
6	pH	-	6,6	7-8,5	IK III/013/2020
7	Amoniak Total *	mg/l	0,02	0,2	SNI 19-6964.3-2003
8	Tembaga*	mg/l	<0,0001	0,008	SNI 6989.84-2019
9	Tinbal*	mg/l	<0,0001	0,008	SNI 6989.84-2019
10	Seng*	mg/l	0,0294	0,05	SNI 6989.84-2019
11	Nikel*	mg/l	<0,0001	0,05	SNI 6989.84-2019

Catatan

1. Hasil analisa hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2. Sampel yang dianalisa harus merupakan hasil sampel yang di sampling tim PPC laboratorium Shafera
3. *Parameter yang tidak masuk ruang lingkup KAN
4. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak tanpa izin dari Pimpinan Laboratorium
5. Baku mutu berdasarkan PPRI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan (cukup Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut dan Sejenisnya untuk Biota Laut)


 Manajer Mutu
 Shafera Enviro Laboratorium
 (Yotunda S.C Sinuhaji)



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Realize the potential of every individual
together and tanggungjawab

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XII/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f/umsuMEDAN](#) [i/umsuMEDAN](#) [t/umsuMEDAN](#) [u/umsuMEDAN](#)

PENENTUAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor:840./II.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 14 Agustus 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : ILHAM DWILANA
Npm : 1807230085
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : 9 (Sembilan)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH KOROSI DAN BEBAN FATIGUE BAJA ST 37 TERHADAP PREDIKSI UMUR FATIGUE DI KAWASAN PELABUHAN BELAWAN ..

Pembimbing : AFFANDI ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal,

Medan 27 Muharram 1445 H

Agustus 2023 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Korosi dan Beban Fatigue Baja St 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue di Kawasan pelabuhan Belawan

Nama : Ilham Dwilana

NPM : 1807230085

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		<ul style="list-style-type: none"> Disusai penulisan latar belakang lebih objektif, penggunaan nama pada keua' bahasa asing penulisan bahasa lebih konsisten 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> Disusai melampirkan hasil uji kualitas air, mempertahankan jarak dan susunan paragraf pada penulisan 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> Disusai asistensi pengujian fatigue dan sampel uji serta alat uji 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan pada kata pengantar, latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> merapikan penulisan dan menghapus beberapa gambar yang tidak diperlukan pada Bab 4 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> Disusai Bab 4, merapikan dan menambahkan Ringkasan kesimpulan pada setiap hasil pengujian 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> menyusun maulis dari penulisan sesuai dengan judul, dengan menambahkan kesimpulan pada uskuruhan pengujian pada Bab 5 	Af
		<ul style="list-style-type: none"> Disusai perbaikan pada beberapa kata dan merapikan Tabel sesuai Perforan 	Af

Gabtu Ace Cammar Hziic
12/8-2023

Af

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

Nama : Ilham Dwilana

NPM : 1807230085

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Korosi Dan Beban Fatigue Baja ST 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue Di Kawasan Pelabuhan Belawan

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Affandi, ST, MT			:
Pemanding – I : H. Suherman, ST, MT			:
Pemanding – II : H. Muharnif, ST. M.Sc			:
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230084	M. Rizky Alsyahputra B.	
2	1707230024	M. Ryan Adinata	
3	1807230122	Razi Farhan S. Rad	
4	1807230042	Muhammad Refan	
5	1907230016	Revaldo Silva	
6	1907230020	M. Syarif Zulfari	
7	1907230045	BAGUS KUNCORO BUDI	
8	1907230050	Putra Rizki Perdana Sembiring	
9	1907230051	ARIEL FIRMANSYAH	
10	1907230049	Muhammad Fikri	

Medan, 06 Shafar 1445 H
22 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ilham Dwilana
NPM : 1807230085
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Korosi Dan Beban Fatigue Baja ST 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue Di Kawasan Pelabuhan Belawan

Dosen Pembanding – I : H. Suherman, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST. M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Affandi, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 06 Shafar 1445 H
22 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



H. Suherman, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ilham Dwilana
NPM : 1807230085
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Korosi Dan Beban Fatigue Baja ST 37 Terhadap Prediksi Umur Fatigue Di Kawasan Pelabuhan Belawan

Dosen Pembanding – I : H. Suherman, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST. M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Affandi, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
kawat busu kopy.
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 06 Shafar 1445 H
22 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



H. Muharnif, ST. M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Nama | : ILHAM DWILANA |
| 2. NPM | : 1807230085 |
| 3. Tempat/Tanggal Lahir | : Sei Parit, 10 November 2000 |
| 4. Jenis Kelamin | : Laki- Laki |
| 5. Agama | : Islam |
| 6. Status Pernikahan | : Belum Menikah |
| 7. Kelurahan/Desa | : Sei Parit |
| 8. Kecamatan | : Sei Rampah |
| 9. Kabupaten/Kota | : Serdang Bedagai |
| 10. Kontak Pribadi | |
| a. Nomor HP | : 083194840736 |
| b. E-mail | : ilhamdwilana10@gmail.com |
| 11. Nama Orang Tua | |
| a. Ayah | : EDY FITRIA KARTIKA |
| b. Ibu | : SUKARNI |

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2006-2012 : SD Negeri 102028 Sei Parit
2. 2012-2015 : SMP Negeri 1 Sei Rampah
3. 2015-2018 : SMK Negeri 1 Sei Rampah
4. 2018-2023 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara

