

TUGAS AKHIR

PENGARUH KOROSI DAN BEBAN FATIGUE BAJA ST 60 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:

M RIZKY ALSYAHPUTRA BINTANG
1807230084



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

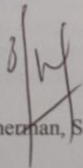
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M Rizky Alsyahputra Bintang
NPM : 1807230084
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Korosi dan Beban Fatigue Baja St 60 Terhadap
Prediksi Umur Fatigue di Kawasan Pelabuhan Belawan
Bidang Ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Medan, 16 September 2023

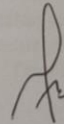
Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



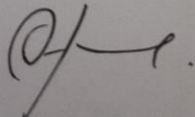
H. Suherman, S.T., M.T

Dosen Penguji II



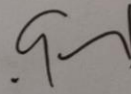
H. Muharnif M, S.T., M.Sc

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 : M. Rizky Alsyahputra Bintang
Tempat /Tanggal Lahir : Medan 22 November 2000
NPM : 1807230084
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 60 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, Agustus 2023



Saya yang menyatakan,

M Rizky Alsyahputra Bintang

ABSTRAK

Uji korosi dengan menggunakan metode perendaman pada media air laut di kawasan pelabuhan Belawan terhadap spesimen uji baja St 60 memiliki pengaruh terhadap bagian luar spesimen uji. Setelah dilakukan perhitungan korosi maka dapat disimpulkan, 3 spesimen yang berat awalnya berbeda-beda dimana setelah dilakukan uji korosi spesimen mendapatkan hasil perhitungan yang berbeda-beda, nilai $0,002493 \text{ mpy}$ dengan kehilangan berat $0,02 \text{ gram}$, hasil pada spesimen lain yang kehilangan berat $0,04 \text{ gram}$ mendapatkan hasil perhitungan $0,004987 \text{ mpy}$. 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 beberapa 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. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh yang terjadi adalah berupa terjadinya proses karat di seluruh permukaan spesimen dan berkurangnya berat specimen sehingga dapat mempengaruhi usia spesimen. Hasil pengujian *fatigue* yang telah dilaksanakan pada spesimen standar ASTM E 606 baja St 60, bahwa spesimen baja St 60 memiliki umur *fatigue* minimum untuk variasi beban 10 kg , 15 kg , 20 kg menunjukkan hasil prediksi umur *fatigue* yaitu 10945 , 2323 , 524 , siklus. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi beban yang di berikan maka akan semakin rendah usia *fatigue*.

Kata kunci: baja St 60, laju korosi, prediksi umur *fatigue*, metode kehilangan berat

ABSTRACT

Corrosion tests using the immersion method in sea water in the Belawan port area on St 60 steel test specimens have an influence on the outside of the test specimens. After carrying out corrosion calculations, it can be concluded that 3 specimens had different initial weights, where after the corrosion test the specimens obtained different calculation results, a value of 0.002493 mpy with a weight loss of 0.02 grams, the results of the other specimens lost weight. 0.04 grams gets a calculation result of 0.004987 mpy. In the corrosion test results, several specimens had different weight loss results which were caused by the influence of immersing the test specimens in seawater media, where there were several 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. This shows that the effect that occurs is in the form of a rust process on the entire surface of the specimen and a reduction in the weight of the specimen, which can affect the age of the specimen. The results of fatigue tests that have been carried out on ASTM E 606 standard specimens for St 60 steel, show that the St 60 steel specimens have a minimum fatigue life for load variations of 10kg, 15kg, 20kg, showing the predicted fatigue life results are 10945, 2323, 524 cycles. This shows that the higher the load given, the lower the fatigue life.

Keywords: St 60 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 60 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.

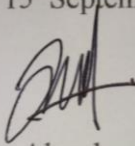
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing sekaligus Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 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.Sc 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., M.T 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: Drs. Ramlan Bintang dan Siti Nurhayati Barus, S.Kep., Ns 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 Ilham Dwilana, Raja Farhan Suriadi, Ihza Andikal Zikri, Imam Arif, Darma Indra Harahap, 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, 15 September 2023



M Rizky Alsyahputra Bintang

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
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	
2.1. Baja	4
2.1.1. Pengertian Baja	4
2.1.2. Klasifikasi Baja	5
2.1.2.1 Baja Karbon	5
2.1.2.2 Baja dengan kadar karbon rendah	5
2.1.2.3 Baja dengan kadar karbon Sedang	6
2.1.2.4 Baja dengan kadar karbon tinggi	6
2.1.3. Baja ST 60	6
2.2. Pengertian Korosi	8
2.2.1. Macam – macam korosi	9
2.2.2. Laju korosi	13
2.2.2.1 Faktor laju korosi	13
2.2.2.2 Suhu	13
2.2.2.3 Kecepatan Alir Fluida atau Kecepatan Pengadukan	13
2.2.2.4 Oksigen	13
2.2.3 Perhitungan laju korosi	13
2.2.4 Perkembangan laju korosi	14
2.3. Fatigue	16
2.3.1 Uji Fatigue Menurut ASTM 606	18
2.3.2 Uji Fatigue	19

BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat	22
3.2.1 Bahan Penelitian	22
3.2.2 Alat Penelitian	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	29
3.4 Rancangan Sample Uji Fatigue	30
3.5 Prosedur Penelitian	30
BAB 4 HASIL DAN PENELITIAN	
4.1 Hasil Penelitian	32
4.2 Analisa Data	32
4.3 Hasil Data Uji Korosi dengan metode kehilangan berat	33
4.3.1 Perhitungan korosi spesimen 1	34
4.3.2 Perhitungan Korosi Spesimen 2	34
4.3.3 Perhitungan Korosi Spesimen 3	35
4.3.4. Analisa Permukaan Spesimen	37
4.4 Pengujian Fatigue	38
4.4.1 Pengujian Pertama Uji Fatigue	38
4.4.2 Pengujian Kedua Uji Fatigue	39
4.4.3 Pengujian Ketiga Fatigue	40
4.4.4 Hasil Pengujian Fatigue	41
4.5 Kurva S-N	41
4.6 Struktur Perpatahan Spesimen Uji	42
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	
DESAIN SPESIMEN UJI ASTM E606	
MILL'S PROPERTIES	
SURAT PENGANTAR LAPORAN HASIL PENGUJIAN KUALITAS AIR	
SURAT PENENTUAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Komposisi baja st 60	7
Tabel 2,3 Konstanta Laju Korosi	15
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Kegiatan	21
Tabel 4.1 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 60 (Nanda,2009)	32
Tabel 4.2 hasil uji kualitas air laut	32
Tabel 4.3 data variasi nilai beban	36
Tabel 4.4 data variasi nilai beban	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dudukan tali kapal yang terkorosi	10
Gambar 2.2 <i>Galvanic Corosion</i>	11
Gambar 2.3 <i>Crevice Corrosion</i>	11
Gambar 2.4 <i>Selective Leaching Corrosion</i>	12
Gambar 2.5 <i>Microbiological Corrosion</i>	12
Gambar 2.6 Korosi Lelah	13
Gambar 2.7 <i>Filiform Corrosion</i>	13
Gambar 2.8 Kurva S-N	17
Gambar 2.9 Alat uji <i>rotary bending fatigue machine</i>	18
Gambar 2.10 Dimensi spesimen pengujian <i>fatigue</i>	19
Gambar 2.11 <i>rotary bending fatigue machine</i>	20
Gambar 3.1 Peralatan uji <i>Fatigue Rotary bending</i>	22
Gambar 3.2 Motor Penggerak	23
Gambar 3.3 Rangka	23
Gambar 3.4 Beban	23
Gambar 3.5 Cekam	24
Gambar 3.6 Gantungan beban	24
Gambar 3.7 Botol	24
Gambar 3.8 Kunci Cekam	25
Gambar 3.9 Neraca Digital	25
Gambar 3.10 Kunci Inggris	26
Gambar 3.11 Kikir	26
Gambar 3.12 Jangka sorong	26
Gambar 3.13 Ragum	27
Gambar 3.14 Gerinda	27
Gambar 3.15 Amplas/penghalus	27
Gambar 3.16 Mesin Bubut	27
Gambar 3.17 Stopwatch	28
Gambar 3.18 Gambar Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.19 Rancangan Sample Uji <i>Fatigue</i> Sesuai Dengan ASTM E606	30
Gambar 4.1 Perbandingan Spesimen uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian korosi	34
Gambar 4.2 Grafik hasil uji korosi	35
Gambar 4.3. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 10kg	37
Gambar 4.4. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 15kg	37
Gambar 4.5. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 20kg	38
Gambar 4.7. Grafik Kurva S-N	38
Gambar 4.8 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 10 kg dengan pembesaran 20×	42
Gambar 4.9 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 15 kg dengan pembesaran 20×	43
Gambar 4.10 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 20 kg dengan pembesaran 20×	43

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Km^2	Kilometer Persegi	
%	Persen	
Km	Kilometer	
St	Steel	
Fe	Ferro	
C	Carbon	
Al	Aluminium	
Cu	Cuprum/Tembaga	
Zn	Zink/Seng	
Ti	Titanium	
Si	Silicon	
Mn	Mangan	
S	Sulfur	
mpy	Mils per tahun	
$g/m^2 \cdot h$	Gram per meter kuadrat per jam	
P	Phosfor	
Cr	Chromium	
Ni	Nikel	
V	Vanadium	
Mo	Molybdenum	
W	Tungsten	
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>	
ASTM	American Standart Testing and Material	
W	Berat lentur	kg

d	Diameter alat uji	Cm
W	Wheight Loss	gr
K	Konstanta Faktor	
A_s	Luas area	cm ²
T	Waktu	h
D	Densitas logam atau polimer	gr/cm ³
σ	Tegangan lentur	kg/cm ²

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garam, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut memang berasa asin karena memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Kandungan garam di setiap laut berbeda kandungannya. Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, kalsium, dan lain-lain. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam. (Okky Putri Prastuti,2017).

Korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya. Korosi merupakan penurunan kualitas yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di alam. Dua jenis mekanisme utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung, dan reaksi elektrokimia. Korosi dapat terjadi didalam lingkungan kering dan juga lingkungan basah. Korosi yang terjadi pada logam tidak dapat dihindari, tetapi hanya dapat dicegah dan dikendalikan sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai yang lebih lama..Hasil dari proses kerusakan berupa berbagai produk korosi misalnya berbagai macam oksida logam, kerusakan permukaan logam secara morfologi, perubahan sifat mekanis, perubahan sifat kimia. Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi dengan cara perlindungan katodik, penambahan inhibitor, pelapisan pada permukaan logam. (Budi Utomo,2009)

Baja St 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan

dalam permesinan. Baja karbon sedang kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.

Pelabuhan Belawan adalah salah satu Pelabuhan di Indonesia yang memiliki peran yang sangat penting dalam kegiatan arus barang baik itu impor maupun ekspor di wilayah pantai timur Indonesia yang berada di arus lalu lintas selat malaka yang sangat aktif dalam perdagangan internasional. Pelabuhan Belawan berada di dalam wilayah Kota Madya Medan yang teletak lebih kurang 27 KM dari pusat kota. Pelabuhan Belawan merupakan Pelabuhan Internasional yang merupakan Pelabuhan utama sekunder yang berfungsi melayani kegiatan dan alih muat angkutan laut nasional dan laut internasional dalam jumlah yang cukup besar dan dalam jangkauan pelayanan yang sangat luas serta merupakan simpul dalam jaringan transportasi laut internasional. 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 ST60 terhadap prediksi umur fatigue untuk mendapatkan hasil dan solusi, menjadikan rujukan serta pertimbangan terhadap pembangunan industri dan konstruksi dengan menggunakan logam baja ST60.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis tertarik untuk mengangkatnya dalam sebuah penelitian dengan judul “Pengaruh Korosi dan beban fatigue Baja st 60 terhadap prediksi umur fatigue di kawasan pelabuhan belawan”.

1.2 Rumusan Masalah

Melihat dari latar belakang yang di uraikan sebelumnya, permasalahan yang di kemukakan pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh beban terhadap prediksi umur fatigue baja st 60 standar ASTM E 606
2. Bagaimana Menghitung Batas kelelahan atau *fatigue limit* yang terjadi pada material baja St 60.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam penelitian tugas akhir ini ruang lingkup meliputi sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah logam baja st 60
2. Lokasi penelitian di pelabuhan belawan
3. Pengujian material meliputi uji korosi dan uji *fatigue*
4. Uji fatigue menggunakan variasi pembebanan 10 ,15, 20, 25 kg
5. Uji korosi menggunakan media air laut dan waktu pengambilan data selama 8 minggu dengan metode *Weight Loss Method* (metode kehilangan berat

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh korosi air laut pada baja St 60 di kawasan Pelabuhan Belawan
2. Menganalisa pengaruh beban yang terjadi pada material baja st 60 pada standart ASTM E-606 baja St 60.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat korosifitas yang disebabkan oleh air laut di kawasan pelabuhan belawan
2. Dapat Mengetahui pengaruh korosi dan beban fatigue baja St 60 terhadap prediksi umur fatigue.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja

2.1.1 Pengertian Baja

Baja adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan adanya penambahan paduan lainnya. Baja yang paling banyak digunakan sebagai hasil akhir adalah komponen otomotif, tranformer listrik dan untuk proses manufaktur lainnya seperti proses pembuatan lembaran besi, proses ekstrusi dan lain-lain. Dasar pemakaian baja seiring dengan terus berkembangnya sebuah industri otomotif dan kebutuhan masyarakat dengan kendaraan bermotor, komponen permesinan, dan konstruksi di bidang lainnya terutamanya didasarkan sifat mekaniknya jika suatu logam yang sangat keras sulit dalam pembentukannya. Kemampuan pengerasan sebuah baja memiliki rentangan yang sangat besar sehingga dapat disesuaikan pada sifat mekanik yang sesuai dengan yang diinginkan dari baja itu [Troxell, 1998].

Diantaranya tujuan terpenting dalam sebuah pengembangan material yaitu menentukan struktur dan sifat-sifat material optimum, agar daya tahan yang dicapai maksimum. Baja adalah logam yang paling banyak digunakan. Bahwa baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon dengan sedikit unsur lain, ini dinamakan baja karbon (carbon steel). Bila baja itu mengandung juga unsur lain dalam jumlah yang cukup besar sehingga akan merubah sifatnya maka baja itu dinamakan baja paduan (alloy steel). (Wahid Suherman, 1987).

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur 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 sisi kristal (crystal lattice) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah titanium, krom (chromium), nikel, vanadium, cobalt dan tungsten (wolfram). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsure 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)

Baja merupakan campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur nonlogam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0.2 - 2.1% dari berat baja tergantung dari tingkatannya.

2.1.2 Klasifikasi Baja

Klasifikasi baja secara umum menurut beserta penjelasannya menurut (Amanto, 1999) adalah sebagai berikut. Baja dapat digolongkan berdasarkan komposisi yang terkandung dalam baja sendiri dalam kandungan komposisi kita dapat melihat golongan baja tersebut. Seperti kadar karbon yang terkandung, kadar sulfur dan paduan lain yang digunakan sebagai penyusun baja tersebut. Berikut ini klasifikasi yang dapat digolongkan berdasarkan komposisi yang terkandung.

2.1.2.1 Baja Karbon

Baja karbon tersusun dari unsur besi dan unsur karbon. Oleh sebab itu, pada umumnya baja sebagian besar hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan nilai persentase kandungan karbon dalam campuran unsur logam baja menjadi salah satu klasifikasi baja. Pada baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan nilai karbon yang terkandung dalam baja.

2.1.2.2 Baja dengan kadar karbon rendah

Baja kadar karbon rendah merupakan golongan baja yang mengandung nilai karbon kurang dari 0,3 persen. Dilihat dari biaya produksi baja karbon rendah memiliki biaya yang paling murah dibandingkan dengan baja karbon lainnya, memiliki sifat mudah dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Baja karbon rendah ini dapat digunakan dalam banyak hal seperti pembuatan pagar halaman rumah.

2.1.2.3 Baja dengan kadar karbon Sedang

Baja dengan kadar karbon sedang adalah golongan baja yang mempunyai kadar karbon antara,0,3% - 0,6%. Baja dengan kadar karbon sedang memiliki keunggulan tersendiri jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah, baja kadar karbon sedang memiliki kekuatan tarik dan batas regangan yang tinggi, mudah dibentuk oleh mesin, Baja karbon sedang banyak digunakan dalam banyak hal seperti untuk bahan pembuatan poros, bantalan dan rel kereta api. (Amanto, 1999)

2.1.2.4 Baja dengan kadar karbon tinggi

Baja kadar karbon tinggi merupakan baja yang mempunyai komposisi nilai karbon sebesar 0,6% - 1,7% dan memiliki tahan panas yang sangat tinggi, memiliki nilai kekerasan tinggi, tetapi nilai keuletannya lebih rendah. Baja kadar karbon tinggi mempunyai nilai kuat tarik paling tinggi dibandingkan dengan baja yang lainnya dan banyak digunakan sebagai material perkakas karena sifat yang dimiliki. Salah satu pemanfaatan dari baja kadar karbon tinggi tersebut adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah kadar karbon yang terkandung di dalam baja maka karbon ini banyak dimanfaatkan dalam pembuatan pegas. (Amanto, 1999)

2.1.3 Baja St 60

Baja St 60 adalah baja karbon yang memiliki kandungan unsur bukan besi seperti karbon, silikon, dan mangan sebagai unsur utamanya (Salmon CG, JE Johnson, 1990), karbon dan mangan adalah unsur utama untuk menaikkan kekuatan baja. Baja St 60 banyak digunakan pada poros dan bangunan kapal. tapi masih banyak kegagalan yang terjadi, misalnya kelebihan beban dan pengaruh suhu yang dapat menyebabkan perubahan struktur material. St 60 sendiri merupakan kepanjangan dari Steel dan angka 60 menunjukkan kekuatan tarik maksimal baja yaitu 600 N/mm²

Baja St 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C dengan titik didih 15500C dan titik lebur 29000C, disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan dalam permesinan. Baja

karbon sedang kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. (Sarjito, 2009) .

Baja St 60 merupakan golongan baja karbon menengah yang mempunyai kandungan karbon 0,564 %. Hal ini dibuktikan dengan pengujian komposisi yang dilakukan oleh Nizam Efendi yang dapat dilihat pada table dibawah ini :

Table 2.1 Komposisi baja st 60 (Nizam Efendi, 2009)

<i>Unsur</i>	<i>Kandungan (%)</i>	<i>Unsur</i>	<i>Kandungan (%)</i>
Fe	98,46	V	0,0117
S	0,011	Mn	0,0204
Al	0,000	Mo	0,0195
C	0,564	W	0,03
Ni	0,036	P	0,006
Nb	0,01	Cu	0,004
Si	0,142	Ti	0,00
Cr	0,040		

Dengan kadar karbon sedang yang dimiliki Baja St 60, menjadikan baja ini memiliki sifat-sifat pengerjaan dan kekuatan yang sangat baik. Apabila baja ini diberikan perlakuan yang tepat maka akan didapatkan kekerasan dan keuletan sesuai dengan yang di inginkan.

a. Kegunaan Baja St 60

Baja karbon jenis St 60 yang diaplikasikan sebagai bahan utama pembuatan sparepart otomotif dan konstruksi. Contoh spesifik penggunaan baja St 60 adalah pada poros baling baling kapal seperti kapal induk, roda gigi, as propeller, baut, konstruksi kapal, atau kapal dengan kapasitas tinggi. Baja St 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang, disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, gardan, dan dalam permesinan. (Fatoni M. , 2021)

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, Baja ST 60 memiliki kekuatan tarik sebesar 706,47 N/mm² dengan menggunakan material yang belum

mengalami perlakuan panas, sedangkan untuk material dengan mengalami perlakuan panas quenching memiliki kekuatan tarik sebesar 695,95 N/mm² (Sarjito, 2009).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh (Ridwan Redi Putra , Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa Budi, 2018) Berdasarkan BKI Volume III Rules for Macry Installation 2006 sec. 4, bahan material yang digunakan untuk proses pembuatan poros balingbaling (shaft propeller) adalah stainless steel dan carbon steel. Dalam hal ini pemilihan bahan uji yang digunakan sebagai objek penelitian poros baling-baling (shaft propeller) adalah medium carbon steel yaitu baja ST 60. Baja ST 60 tanpa perlakuan panas memiliki keuletan dan ketangguhan lebih tinggi, diikuti dengan baja ST 60 perlakuan panas tempering lalu baja ST 60 perlakuan panas quenching, hal tersebut dikarenakan baja ST 60 tanpa perlakuan panas memiliki fasa ferrite yang lebih dominan dibandingkan dengan baja ST 60 yang telah mengalami perlakuan (panas heat treatment),

Berdasarkan pengujian puntir yang telah dilakukan, baja ST 60 dengan perlakuan panas tempering memiliki nilai torsi maksimum sebesar 49.657 N.m, dan memiliki nilai tegangan geser maksimum sebesar 737,72 Mpa. Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, baja ST 60 dengan perlakuan panas tempering memiliki nilai tegangan luluh sebesar 622,33 Mpa, dan memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 853,49 Mpa. Sehingga baja ST 60 perlakuan panas tempering dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan poros baling-baling (propeller shaft). (Ridwan Redi Putra , Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa Budi, 2018)

Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan, baja ST 60 dengan perlakuan panas tempering memiliki nilai kekerasan sebesar 320 BHN. Sehingga baja ST 60 perlakuan panas tempering dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan poros baling-baling (propeller shaft). (Ridwan Redi Putra , Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa Budi, 2018)

2.2 Pengertian Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka, sering disebut juga dengan korosi atmosfer . Korosi atmosferik sangat dipengaruhi oleh

kondisi topografi dan iklim atau lingkungan. Faktor-faktor seperti temperatur, kelembaban, dan kandungan bahan kimia dalam udara sangat menentukan laju korosi (Affandi , 2020). Contoh korosi antara lain: karat pada besi dan paduannya pada temperatur kamar, kerak pada baja pada temperatur tinggi, noda pada perak, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa gambar yang menunjukkan korosi pada kawasan pelabuhan belawan sebagai berikut.



Gambar 2.1. Dudukan tali kapal yang terkorosi (Affandi ,2020)

Pencegahan korosi menurut (Kasta Ginting,2003) sampai saat ini sudah banyak dilakukan, karena korosi menyusahkan peradaban manusia. Berikut kerugian dari korosi :

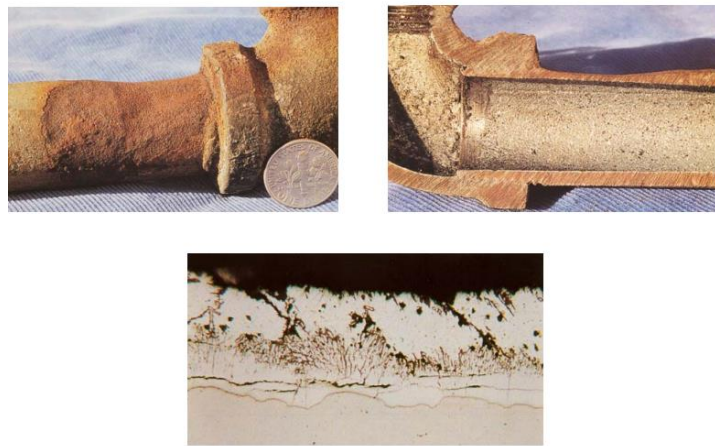
- a. Biaya korosi yang mahal, baik akibat dari korosi itu sendiri maupun untuk pencegahannya.
- b. Korosi membuat boros sumber daya alam.
- c. Korosi berbahaya untuk manusia, bahkan mendatangkan petaka.
- d. hancurnya peralatan karena lapuk oleh korosi sehingga tidak bisa dipakai lagi sebagai bahan konstruksi, dan harus diganti dengan yang baru.
- e. Patahnya peralatan yang berputar karena korosi, yang merugikan dari segi materil dan mengancam keselamatan jiwa

2.2.1 Macam – macam korosi

Jenis jenis korosi pada logam menurut (Kasta Ginting,2003) bisa bermacam-macam tergantung dari faktor faktor berikut yaitu lingkungan, jenis logam, bentuk bendanya, kehalusan permukaan bendanya dan lain-lain.

- a. *Galvanic* atau *Bimetallic Corrosion*

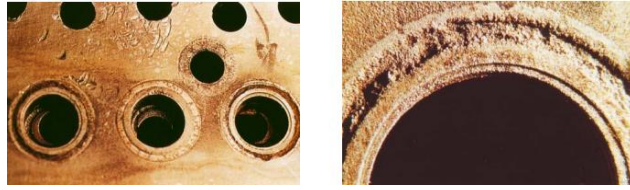
Galvanic atau bimetallic corrosion adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda berkontak secara langsung dalam media korosif. Logam yang memiliki potensial korosi lebih tinggi, akan terkorosi lebih hebat daripada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah. Sedangkan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah, akan kurang terkorosi daripada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih tinggi. Pada kasus ini terbentuk sebuah sel galvanik, dengan logam yang berpotensi korosi lebih tinggi sebagai anoda dan logam yang berpotensi korosi lebih rendah sebagai katoda. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.2 *Galvanic Corrosion* (Kasta Ginting,2003)

b. *Crevice Corrosion*

Crevice Corrosion termasuk jenis korosi lokal. Jenis korosi ini terjadi pada celah-celah konstruksi, seperti kaki-kaki konstruksi, drum maupun tabung gas. Korosi jenis ini juga dapat dilihat pada celah antara tube dari Heat Exchanger dengan tube sheet-nya. Adanya korosi bisa ditandai dengan warna coklat di sekitar celah. Tipe korosi ini terjadi akibat terjebaknya elektrolit sebagai lingkungan korosif di celah-celah yang terbentuk di antara peralatan konstruksi. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.3 *Crevice Corrosion* (Kasta Ginting,2003)

c. *Selective Leaching Corrosion*

Selective Leaching Corrosion adalah korosi berupa pelarutan unsur-unsur tertentu dari paduan logam. Akibatnya struktur menjadi rapuh kaarena keropos. Contoh korosi jenis ini adalah peristiwa *dezincification* (yaitu penghilangan unsur seng saja), yang terjadi pada logam paduan antara seng dengan tembaga (kuningan atau brass). Dapat di lihat pada gambar di bawah ini

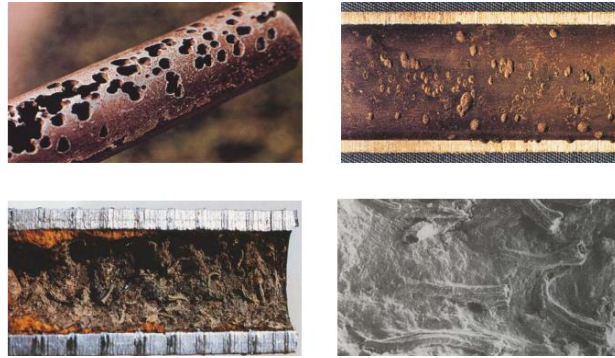


Gambar 2.4 *Selective Leaching Corrosion* (Kasta Ginting,2003)

d. *Microbiological Corrosion*

Microbiologi dapat menyebabkan korosi, baik secara aktif melalui kegiatannya, maupun secara pasif melalui keberadaannya. Aktifitas mikroba dapat menghasilkan senyawasenyawa yang korosif, yang pada gilirannya akan mengkorosikan logam. Ada mikroba yang dapat hidup pada lingkungan aerobik, dan ada pula jaringan yang dapat hidup pada kondisi an aerobik. Pada sistem cooling water ada 4 macam bakteri utama yaitu:

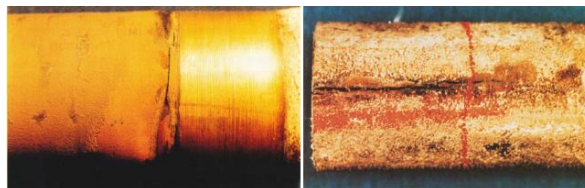
- 1). Pereduksi sulfat (sulfat reducer)
- 2). Pembentuk asam (acid producer)
- 3). Pengendap logam (metal depositor)
- 4). Pembentuk lumpur/kotoran (slime former)



Gambar 2.5 *Microbiological Corrosion* (Kasta Ginting,2003)

f. Korosi Lelah (Fatigue corrosion)

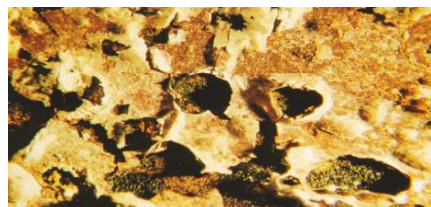
Corrosion Fatigue adalah korosi sebagai akibat dari adanya lingkungan korosif dan tegangan yang berupa cyclic stress (tegangan berulang-ulang) secara bersamaan. Syarat corrosion fatigue adalah seperti SCC, yaitu harus ada lingkungan korosif dan cyclic stress bersama-sama. Kegagalan bisa sangat mendadak walaupun peristiwa corrosion fatigue tampaknya baru saja dimulai. Kerusakan akibat corrosion fatigue jauh lebih besar dari pada jumlah kerusakan dari korosi dan fatigue jika mereka berdiri sendiri-sendiri.



Gambar 2.6 Korosi Lelah (*Fatigue corrosion*) (Kasta Ginting,2003)

g. *Filiform Corrosion*

Filiform Corrosion adalah korosi yang berbentuk seperti cabang-cabang di permukaan logam yang tertutupi cat. Karakteristik korosi jenis ini ialah bentuknya yang menyebar di permukaan logam dengan arah perkembangan korosi horizontal sepanjang permukaan logam dan tidak mengarah ke kedalaman logam.



Gambar 2.7 *Filiform Corrosion* (Kasta Ginting,2003)

2.2.2 Laju korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Menurut American Standard Testing and Material (ASTM) dalam menghitung hasil yang didapatkan setelah proses korosi selesai perlu digunakan rumus.

2.2.2.1 Faktor laju korosi

Berbagai faktor lingkungan yang dapat memengaruhi proses korosi antara lain, yaitu :

2.2.2.2 Suhu

Merupakan faktor penting dalam proses terjadinya korosi, dimana kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya (Fogler, 1992).

2.2.2.3 Kecepatan Alir Fluida atau Kecepatan Pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan korosi (Krik Othmer, 1965).

2.2.2.4 Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Djaprie, 1995).

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. Laju Korosi dalam mils/tahun juga dapat dihitung dengan metode penurunan berat dan konstanta laju korosi menurut (Chodijah, Siti; 2008) adalah sebagai berikut:

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

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 2,3 Konstanta Laju Korosi (Sumber: Chodijah, Siti; 2008)

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

2.2.4 Perkembangan laju korosi

Perkembangan Laju Korosi

Penelitian 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 St 60 belum dilakukan pengukuran laju korosi.

Penelitian korosi yang sebelumnya sudah pernah dilakukan di beberapa wilayah Indonesia seperti di Makasar, 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 Almunium 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 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.

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.

2.3 *Fatigue* (Kelelahan)

Fatigue atau kelelahan merupakan fenomena terjadinya kerusakan material karena pembebanan yang berulang-ulang, diketahui bahwa apabila pada suatu logam dikenai tegangan berulang maka logam tersebut akan patah, pada tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban statik. Kerusakan akibat beban berulang ini disebut patah lelah (*fatigue failures*) karena umumnya perpatahan tersebut terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama. Menurut (Rahmatullah,2018) Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase yaitu:

a. Awal retak

Mekanisme fatik umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, notch, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang.

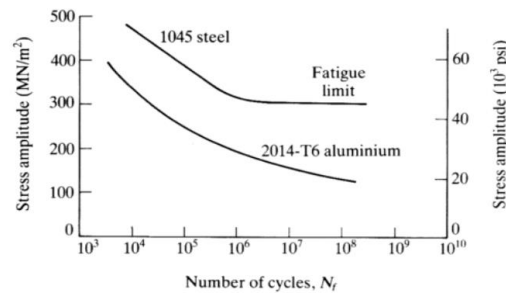
b. Penyebaran retak

Penyebaran retak ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*.

c. Perpatahan akhir

Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen. Didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu. *Progressive* mengandung pengertian proses *fatigue* terjadi selama jangka waktu tertentu atau selama pemakaian, sejak komponen atau struktur digunakan. *Localized* berarti proses *fatigue* beroperasi pada luasan lokal yang mempunyai tegangan dan regangan yang tinggi karena pengaruh beban luar, perubahan geometri, perbedaan temperatur, tegangan sisa dan tidak kesempurnaan diri. Crack merupakan awal terjadinya kegagalan *fatigue* dimana kemudian *crack* merambat karena adanya beban berulang.

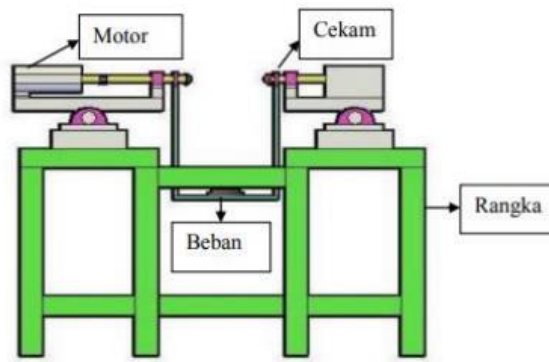
Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatigue sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (dieter,19) penyajian data fatigue rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar dibawah Untuk beberapa bahan teknis yang penting.. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.8 Kurva S-N (Dowling,1991)

Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Retak fatigue biasanya dimulai pada permukaan di mana lentur dan torsi menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan yang tinggi atau di tempat-tempat yang tidak rata menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, batas ketahanan (*endurance limit*) sangat tergantung pada kualitas penyelesaian permukaan (Van Vlack,1983). Penelitian fatik dikerjakan secara bertahap dengan membumbui *stress level* akibatnya logam akan mengalami kegagalan dalam kembali ke bentuk selanjutnya atau terjadi patah pada putaran tertentu. Untuk menghasilkan Grafik S-N diperlukan 8-12 material uji (Dieter, 1992).

Penelitian fatik dikerjakan dengan Alat Uji *Rotary Bending* . Apabila alat uji diputar dan diberi berat, maka akan bekerja sebuah momen lentur pada pembebanan pengujian. Momen lentur ini menghasilkan terjadinya berat lentur pada penampang spesimen uji dan besarnya dihitung perhitungannya dengan rumus (international for use of ONO'S,-) Dapat di lihat pada gambar di bawah ini

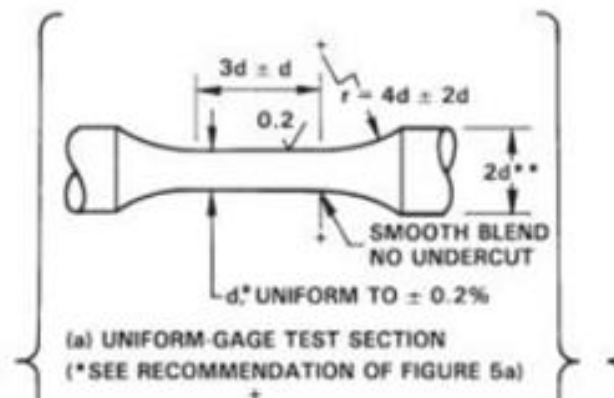


Gambar 2.9 Alat uji rotary bending fatigue machine (Muharnif M, Randy Septiawan, 2018)

2.3.1 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. Dimensi juga telah ditetapkan yaitu seperti pada gambar yang menunjukkan dua konfigurasi spesimen dasar (A. International, E606, 1998). Dimensi spesimen pengujian *Fatigue* dapat di lihat pada gambar 2.10

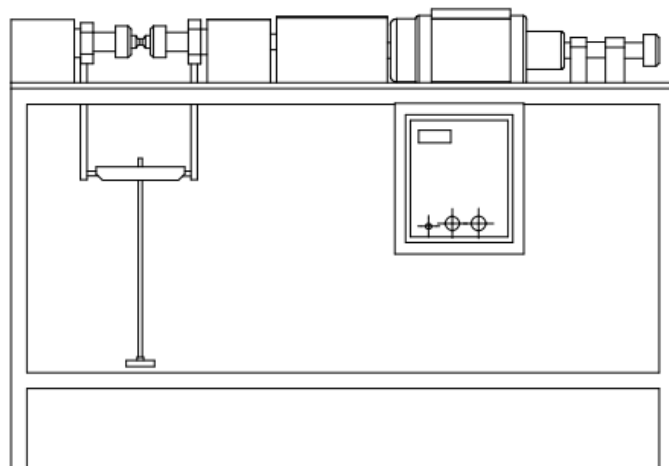


Gambar 2.10 Dimensi spesimen pengujian fatigue (A. International, E606, 1998).

2.3.2 Uji *Fatigue*



Gambar 2.11 *rotary bending fatigue machine*



Gambar 2.12 Desain Rancangan *rotary bending fatigue machine*

Pengujian *fatigue* yang dilakukan adalah dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue machine*. 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*,-). Terlihat pada gambar di atas

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

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

Penelitian ini dilaksanakan di Pelabuhan Belawan, dan dilaksanakan di laboratorium Mekanika Kekuatan Material, Fakultas Teknik prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri no 3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini diawali dari persetujuan dosen pembimbing pada tanggal 23 Desember 2021, pelaksanaan penelitian pengaruh korosi dan beban fatigue baja st 60 terhadap prediksi umur fatigue pada kawasan Pelabuhan Belawan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Kegiatan

NO	KEGIATAN	BULAN (Waktu)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pengajuan Judul	■						
2	Studi Literatur		■					
3	Pengumpulan Alat dan Bahan			■				
4	Proses Penelitian Uji Fatik			■	■	■		
5	Penyelesaian Skripsi					■	■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk specimen uji pada penelitian ini adalah baja karbona st 60 Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.0 Material uji baja st 60 tipe Round Bar

3.2.2 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam pembuatan specimen dan pelaksanaan kegiatan ini adalah :

1. Peralatan uji *fatigue*

Berfungsi sebagai alat menguji kelelahan terhadap bahan uji baja st 60 seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Peralatan uji *Fatigue Rotary bending*

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

a. Motor Penggerak

Sebagai sumber penggerak yang akan digunakan untuk menggerakkan cekam pada saat pengujian fatigue. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.2 Motor Penggerak

b. Rangka

Rangka merupakan tempat dudukannya berbagai macam komponen mesin *Rotary Bending Fatigue* sekaligus sebagai penahan beban. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.3 Rangka

c. Beban

Variasi pembebanan yang di gunakan dalam uji *fatigue* adalah 10kg,15kg,20kg, Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.4 Beban

d. Cekam

Berfungsi sebagai tempat pengikatnya spesimen uji pada saat pengujian

Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.5 Cekam

e. Gantungan beban

Digunakan untuk meletakkan Beban pengujian dapat di lihat pada gambar

di bawah ini



Gambar 3.6 Gantungan beban

f. Botol

Digunakan untuk perendaman spesimen dengan air laut selama pengujian

korosi, dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.7 Botol

g. Kunci cekam

Digunakan untuk mengencangkan dan mengendurkan cekam pada saat ingin menggunakan spesimen pada mesin *Rotary Banding Fatigue* dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.8 Kunci Cekam

h. Neraca digital

Berfungsi sebagai penimbang berat specimen uji untuk pengambilan data berat awal dan sesudah dilakukan pengujian. dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.9 Neraca Digital

i. Kunci Inggris

Digunakan untuk menahan cekam pada saat penguncian agar cekam terkunci secara maksimal. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.10 Kunci Inggris

j. Kikir

Kikir berfungsi untuk menghaluskan bekas potongan pada benda uji yang sudah di potong menggunakan gerinda. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.11 Kikir

k. Jangka Sorong

Jangka sorong berfungsi sebagai alat pengukur benda uji, apabila sudah sesuai dengan ukuran yang sudah di tentukan. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.12 Jangka sorong

l. Ragum

Ragum digunakan sebagai penjepit bahan pada saat proses pemotongan menjadi benda uji agar mempermudah dalam proses pemotongan. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.13 Ragum

m. Gerinda

Gerinda berfungsi sebagai alat pemotong bahan baja st 60 sesuai dengan ukuran yang sudah di tentukan. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.14 Gerinda

n. Amplas / penghalus

Amplas/penghalus berfungsi untuk menghaluskan permukaan akibat bekas pemotongan, amplas yang di gunakan adalah, amplas yang berukuran 800 dan 1000. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.15 Amplas/penghalus

o. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk melakukan proses pemakanan agar sesuai dengan bentuk specimen uji standard ASTM E-606. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.16 Mesin Bubut

p. Stopwatch

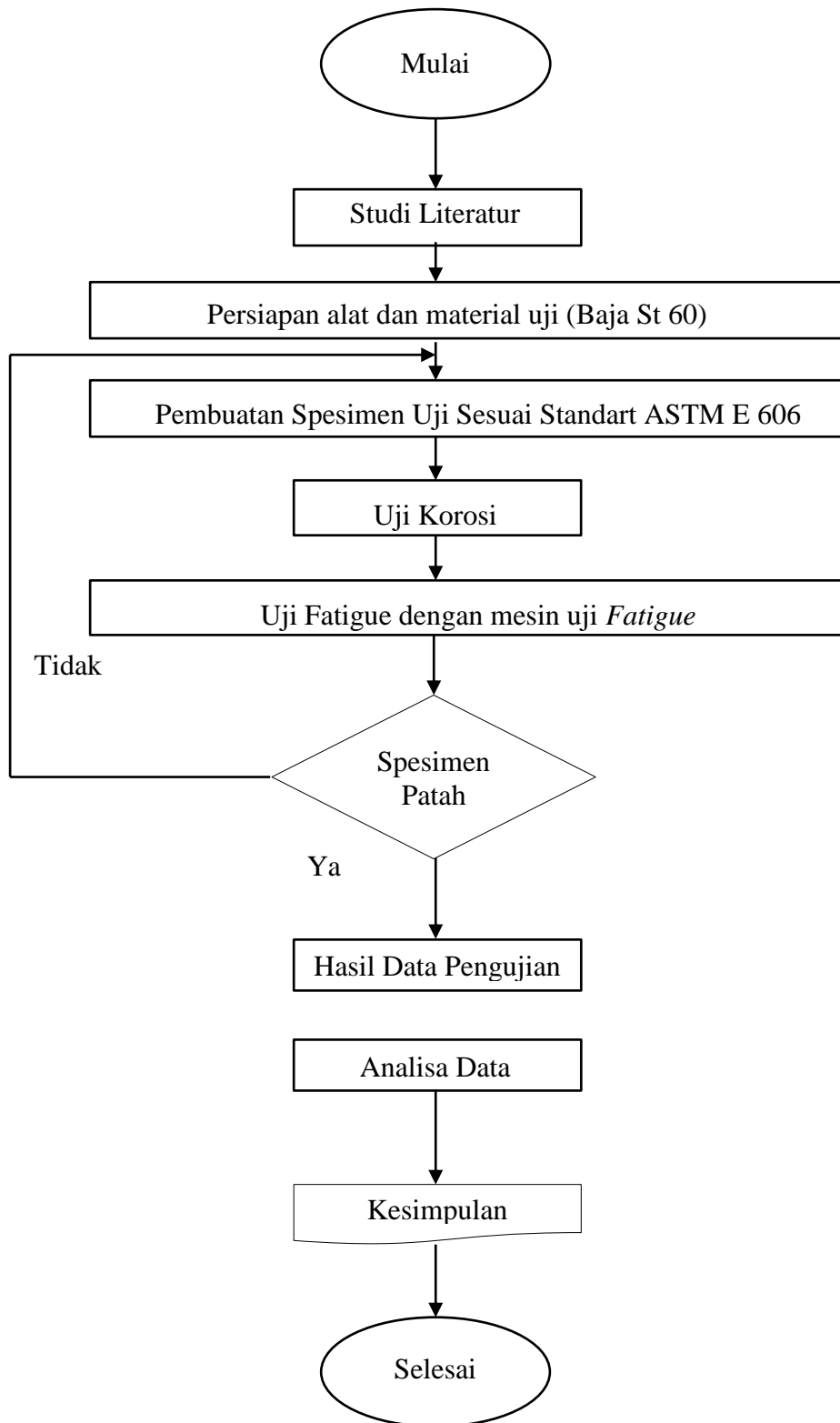
Berfungsi sebagai penunjuk atau pengukur waktu mulai dan berakhirnya pengujian hingga spesimen patah. Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.17 Stopwatch

3.3 Bagan Alir Penelitian

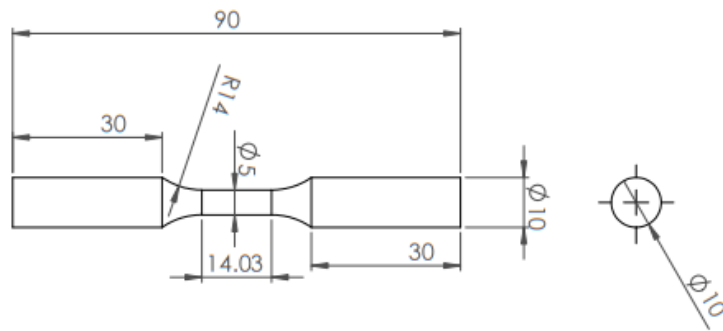
Bagan alir pada penelitian ini dapat di lihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.18 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). Dapat di lihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.19 Rancangan Sample Uji Fatigue Sesuai Dengan ASTM E606

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian yaitu :

A. Mebuat spesimen uji dengan standart ASTM E606

1. Melihat gambar panduan specimen standart ASTM E606
2. Mengukur baja st 60 sesuai demgan specimen standart ASTM E606
3. Melakukan pemotongan baja st 60 sesuai dengan standart ASTM E606

B. Melakukan uji korosi

1. Setelah specimen di potong sesuai standart ASTM E606.
2. Melakukan pembersihan sampel uji menggunakan amplas/kertas

gosok hingga permukaan bersih

3. Setelah itu sampel uji di timbang beratnya sebelum di rendam ke dalam air laut untuk mengambil data berat awal.
4. Melakukan perendaman sampel uji di dalam air laut dengan waktu perendaman 8 minggu.
5. Setelah 8 minggu bersihkan spesimen dengan kertas gosok, lalu di timbang untuk mengetahui berat akhirnya.

C. Melakukan uji *fatigue* specimen baja karbon st 60 dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue* (Kelelahan).

1. Melakukan pemasangan terhadap cekam mesin *rotary bending fatigue*.
2. Melakukan pemasangan beban pada mesin *rotary bending fatigue* yang akan di berikan pada specimen.
3. Memastikan specimen terkunci kuat agar tidak terjadi kesalahan pada pengujian
4. Menyalakan mesin dan stopwatch.
5. Mematikan mesin dan stopwatch saat specimen patah.
6. Setelah itu mencatat waktu dan siklus pada indicator serta mencatat beban pada mesin *rotary bending fatigue*.
7. Melepaskan specimen pada mesin *rotary bending fatigue*.
8. Setelah selesai melakukan pengujian, maka bersihkan dan rapikan peralatan uji.

D. Setelah melakukan 2 pengujian, maka selanjutnya melakukan analisa data agar dapat mengetahui :

1. Bagaimana pengaruh beban *fatigue* baja st 60 terhadap prediksi umur *fatigue* di kawasan pelabuhan Belawan
2. Bagaimana pengaruh lingkungan di wilayah Pelabuhan Belawan terhadap korosi baja st 60

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Bab ini berisi tentang hasil dari pengolahan data yang meliputi hasil uji korosi dan hasil uji *fatigue* yang merupakan hasil dari penelitian, sesuai dengan data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan.

4.2 Analisa Data

- a. Komposisi bahan pada baja St 60 dapat di lihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 60 (Nanda,2009)

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,46	S	0,011
SI	0,142	Cu	0,004
C	0,564	Nb	0,01
Si	0,055	Mo	0,06
		Mn	0,697
Ni	0,036	Al	0,000
Cr	0,040	V	0,00
P	0,006	Ti	0,00

- 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	°/oo	18	34
6	pH	-	6,6	7-8,5
7	Amoniak	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.

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

Dimana:

W = *Wheight Loss* (gr)

K = Konstanta Faktor

A_s = Luas area (cm²)

T = Waktu/*Exposure time* (h)

D = Densitas logam atau polimer (gr/ cm³)

$$\text{Surface area} = 2619.44 \text{ cm}^2$$

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

$$\text{Exposure Time} = 8 \text{ minggu} = 1344 \text{ h (jam)}$$

$$\text{Densitas baja karbon} = 7,86 \text{ g/cm}^3$$

4.3.1 Perhitungan Korosi Spesimen 1

Berat awal 6,76 – berat Akhir 6,74

$$\text{Weight Loss} = 0,000002 \text{ kg} = 0,02 \text{ gram}$$

Berikut adalah perhitungan laju korosi sebagai berikut

$$CR \text{ (mm/y)} = \frac{0,02 \text{ gram} \times 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2619,44 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,002493 \text{ mpy}$$

perhitungan uji laju korosi specimen 1 baja St 60 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,002493 mpy

4.3.2 Perhitungan Korosi Spesimen 2

Berat awal 6,90 – berat Akhir 6,87

$$\text{Weight Loss} = 0,000003 \text{ kg} = 0,03 \text{ gram}$$

Berikut adalah perhitungan laju korosi sebagai berikut

$$CR \text{ (mm/y)} = \frac{0,03 \text{ gram} \times 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2619,44 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,003740 \text{ mpy}$$

perhitungan uji laju korosi specimen 2 baja St 60 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,003740 mpy

4.3.3. Perhitungan Korosi Spesimen 3

Berat awal 6,75 – berat Akhir 6,71

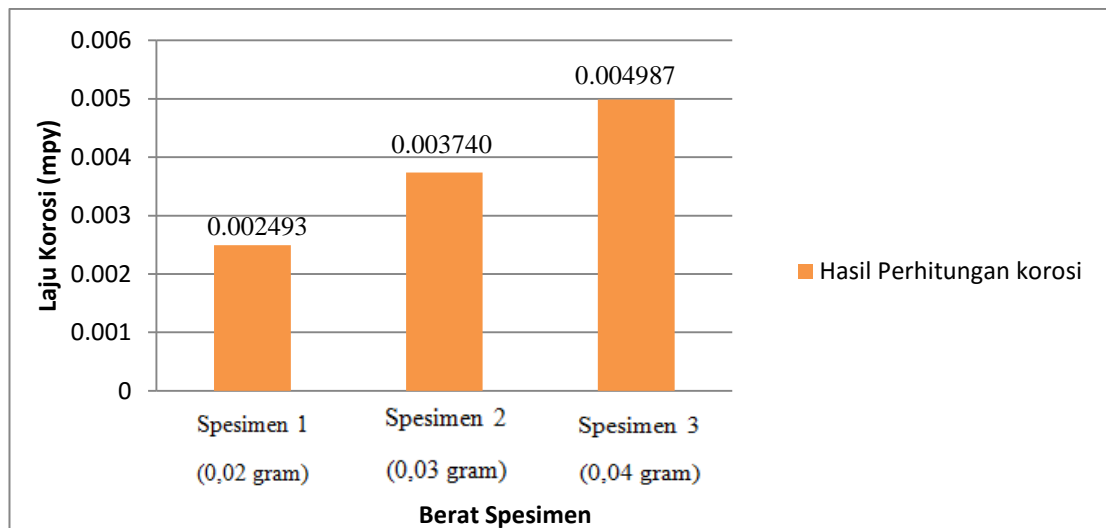
Wheight Loss = 0,000004 kg = 0,04 gram

Perhitungan laju korosi sebagai berikut

$$CR (mm/y) = \frac{0,04 \text{ gram} \times 3.45 \times 10^6}{7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 2619,44 \text{ cm}^2 \cdot 1344 \text{ h}} = 0,004987 \text{ mpy}$$

Perhitungan uji laju korosi specimen 3 baja St 60 yang direndam pada media air laut di kawasan pelabuhan belawan dengan *exposure time* 8 minggu adalah 0,004987 mpy

Berikut grafik hasil uji korosi :



Gambar 4.2 Grafik hasil uji korosi

Hasil analisis dari 3 spesimen laju korosi menunjukkan hasil yang berbeda beda, hasil tertinggi kehilangan berat pada spesimen ketiga yaitu 0,04 gram dengan hasil perhitungan akhir 0,004987 mpy, sedangkan hasil terendah kehilangan berat pada spesimen pertama yaitu 0,02 gram dengan perhitungan akhir 0,002493 mpy. Perhitungan uji laju korosi tersebut di pengaruhi oleh media air laut. 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 beberapa faktor yang

memungkinkan menjadi penyebab kehilangan berat yaitu seperti kualitas air laut serta faktor dari luar seperti intensitas cahaya (Latifah Kumalia, 2019).

Perbandingan dengan hasil penelitian Korosi baja St 60 adalah sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh (Dwi Anggi Wibowo, Abdul Ghofur, 2021) menggunakan baja st 60 yang direndam dengan air yang diambil dari beberapa tempat dan memiliki kadar salinitas. Air tersebut digunakan sebagai bahan media korosif yang bertujuan untuk mengetahui kecepatan korosi akibat pengaruh kadar salinitas. Selama pengujian dengan variasi perendaman pada media korosif, air laut memiliki laju korosi tertinggi pada perendaman 3:0 dengan rata-rata 0,519233 (mm/y) dan perendaman 2:1 dengan rata-rata 0,383807 mm/y, sedangkan pada air payau memiliki laju korosi tertinggi pada perendaman 3:0 dengan rata-rata 0,383807 mm/y dan pada perendaman 2:1 dengan rata-rata 0,240692 mm/y. Hal tersebut dikarenakan media air laut yang digunakan mempunyai kadar salinitas yang cukup besar yaitu 2,48% sedangkan air payau memiliki salinitas 1,25%. Keberadaan elektrolit sangat berpengaruh terhadap laju korosi disertai lamanya waktu kontak spesimen terhadap media korosif. Salinitas (NaCl) berperan sebagai zat yang mengoksidasi sehingga mengakibatkan logam Fe mengalami oksidasi dan membentuk Fe^{+2} dalam kondisi tak seimbang sehingga memungkinkan untuk bereaksi bersama ion hidroksil yang memiliki muatan negatif(-) dari hasil reaksi disosiasi air berubah bentuk menjadi ferihidroksida dan mampu bereaksi kembali dengan ion Fe^{+2} kemudian menjadi hasil endapan berupa karat yang memiliki warna kuning kemerahan yang bersifat magnetik, (Widharto, 2004).

Sebagai perbandingan Hasil Analisa pengaruh korosi air laut di kawasan pelabuhan belawan terhadap baja ST60 dengan metode kehilangan berat, tingkat kehilangan berat tertinggi ada di spesimen 3 dengan jumlah 0,04 gram dengan hasil perhitungan 0,004987 *mpy*. serta diurutkan berikutnya pada spesimen 1 dimana spesimen ini kehilangan berat 0,02 gram dengan hasil perhitungan 0,002493 *mpy*. Dimana dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil yang signifikan antara media air laut yang mempunyai kadar salinitas, 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 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” (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 8 minggu, terjadinya perubahan pada permukaan spesimen uji ini tidak hanya pada permukaan spesimen uji, perubahan warna juga terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi berhubungan dengan waktu serta terpengaruh dengan lingkungan.. Perubahan permukaan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini

a. Sebelum



b. sesudah



Gambar 4.1 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 10kg, 15kg, 20kg, ,adapun datanya bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data variasi nilai beban

No	W (kg)	D (mm)	L (mm)
1	10	5	14
2	15	5	14
3	20	5	14

4.4.1 Pengujian Pertama Uji *Fatigue*

Pengujian pertama pada uji *fatigue* menggunakan material jenis Baja St 60, lalu spesimen mengalami patah pada menit 8:55.32 dan berada di putaran 10945 dengan variasi beban 10kg. Dibawah ini patahan pada spesimen dapat dilihat di bawah ini



Gambar 4.3. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 10kg

Penyelesaian Pengujian Pertama:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32 \cdot d^3} \\
 &= \frac{10kg \cdot 1,4cm/2}{3,14/32 \cdot 0,5^3 cm} \\
 &= \frac{10g \cdot 0,7cm}{0,09810,125cm} \\
 &= \frac{7kg \cdot cm}{0,0122cm} \\
 &= 573,77 kg/cm^2 \\
 &= 57,377Mpa
 \end{aligned}$$

4.4.2 Pengujian Kedua Uji *Fatigue*

Pengujian kedua pada uji fatigue menggunakan material jenis Baja St 60, lalu spesimen mengalami patah pada menit 01:53.22 dan berada di putaran 2323 dengan variasi beban 15kg. Dibawah ini patahan pada spesimen



Gambar 4.4. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 15kg

Penyelesaian Pengujian Kedua:

$$\begin{aligned} &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{15kg \cdot 1,4cm/2}{3,14/32 \cdot 0,5^3 cm} \\ &= \frac{15kg \cdot 0,7cm}{0,0981 \cdot 0,125cm} \\ &= \frac{10,5kg \cdot cm}{0,0122cm} \\ &= 860,65 kg/cm^2 \\ &= 86,065Mpa \end{aligned}$$

4.4.3 Pengujian Ketiga *Fatigue*

Pengujian ketiga pada uji fatigue menggunakan material jenis Baja St 60, lalu spesimen mengalami patah pada detik 00:25.39 dan berada di putaran 524 dengan variasi beban 20kg. Dibawah ini patahan pada spesimen



Gambar 4.5. Spesimen Baja St 60 dengan variasi beban 20kg

$$\begin{aligned} &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{20kg \cdot 1,4cm/2}{3,14/32 \cdot 0,5^3 cm} \\ &= \frac{20g \cdot 0,7cm}{0,0981 \cdot 0,125cm} \\ &= \frac{14kg \cdot cm}{0,0122cm} \\ &= 1147,54 kg/cm^2 \\ &= 114,754Mpa \end{aligned}$$

4.4.4 Hasil Pengujian *Fatigue*

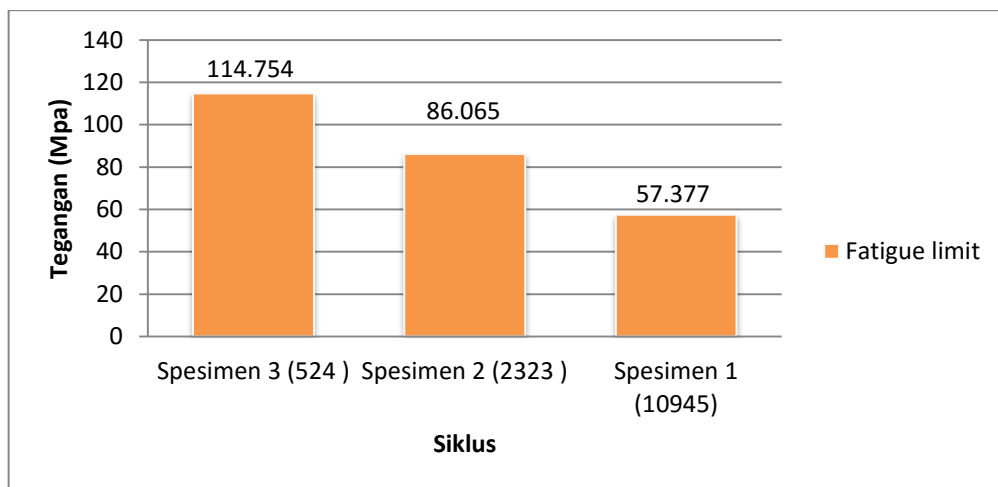
Setelah dilakukannya pengujian *fatigue* terhadap spesimen uji material Baja St 60, menggunakan mesin *Rotary Bending Fatigue* dan hasil data pengujian ditampilkn pada tabel 4.4 di bawah ini :

Tabel 4.4 data variasi nilai beban

No	W (kg)	σ (Mpa)	Putaran	T (menit)
1	10kg	57,377Mpa	10945	08:55
2	15kg	86,065 Mpa	2323	01:53
3	20 kg	114,754 Mpa	524	00:25

4.5 Kurva S-N

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang biasa digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan yang berulang dengan besar yang sama. Kurva tersebut didapat dari pengujian baja St 60 yang diberi beban secara berulang dengan jumlah N sampai terjadi *failure*, besarnya N berbanding terbalik dengan tegangan S (tegangan maksimum - tegangan minimum). Kurva ini memberikan informasi karakteristik *fatigue* dengan amplitude pembebanan yang konstan. Dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.7. Grafik Kurva S-N

Hasil analisa pengaruh beban terhadap prediksi umur fatigue pada spesimen standar ASTM E606 baja St 60 dengan pengujian *fatigue* yang telah dilaksanakan, bahwa spesimen baja St60 memiliki umur *fatigue* minimum untuk variasi beban 10kg, 15kg, 20kg menunjukkan hasil prediksi umur *fatigue* berturut-turut yaitu 10945, 2323, 524 siklus. Hal ini menunjukkan bahwa umur *fatigue* semakin menurun seiring dengan kenaikan pembebanan. Dan dapat disimpulkan untuk pembebanan 10kg pada baja St 60 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian fatigue dengan asumsi prediksi umur *fatigue* 10945 siklus. Pada pembebanan 15kg pada baja St60 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian *fatigue* dengan asumsi prediksi umur fatigue 2323 siklus. Dan pada pembebanan 20kg pada baja St60 yang sebelumnya telah dilakukan pengujian korosi tidak akan bisa bertahan dari pengujian *fatigue* dengan asumsi prediksi umur *fatigue* 524 siklus.

4.6 Struktur Perpatahan Spesimen Uji

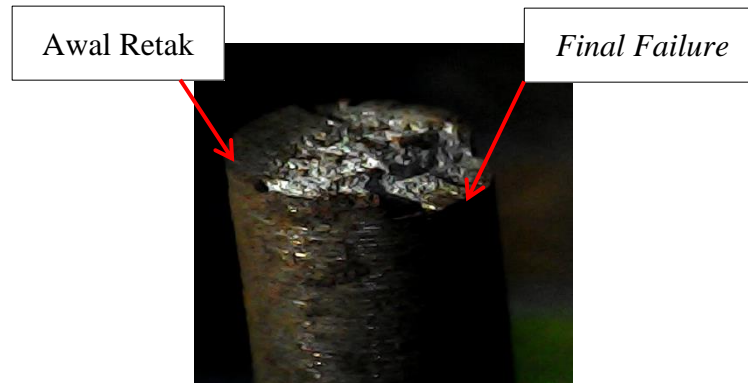
Pada pengamatan struktur specimen uji baja st 60 akan diamati dan dianalisa pada permukaan patah spesimen menggunakan mikroskop dengan zoom 20x. Hal tersebut bertujuan untuk melihat jenis dan karakteristik patah yang terjadi / perpatahan akhir *final failure*. Hasil pengamatan perpatahan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 4.8, 4.9, 4.10 berikut



Gambar 4.8 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 10 kg dengan pembesaran 20x

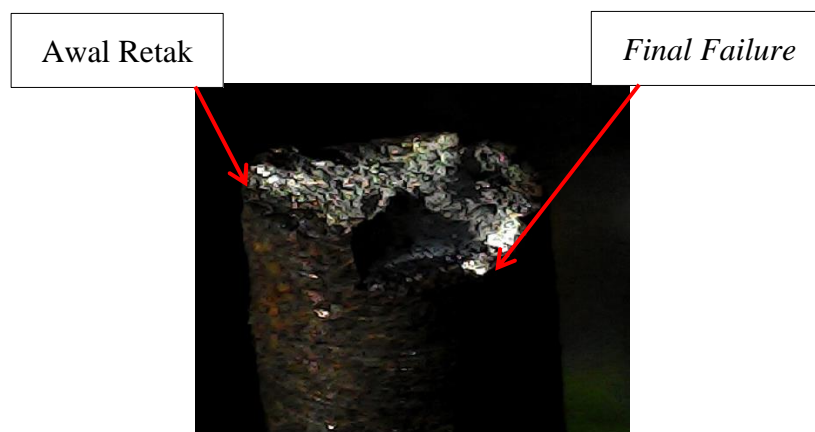
Dilihat dari patahan spesimen uji baja St60 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 10 kg pada uji *fatigue* terlihat pada gambar 4.8,

Permukaan perpatahan berbentuk rata, terbentuk patah rapuh (*brittle fracture*). Terjadi perpatahan getas dengan bentuk datar dan memecah butir dan terjadi *final failure* dimana terdapat bintik bintik dari permukaan patahan.



Gambar 4.9 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 15 kg dengan pembesaran 20×

Dilihat dari patahan spesimen uji baja St60 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 15 kg pada uji *fatigue* terlihat pada gambar 4.9, Awal retak terjadi cacat pada permukaan spesimen. Dengan pembebanan yang diberikan, menyebabkan perambatan retak hingga patah ditandai dengan adanya *beachmarks*.



Gambar 4.10 Spesimen uji Baja St60 pembebanan 20 kg dengan pembesaran 20×

Dilihat dari patahan spesimen uji baja St60 yang telah dilakukan uji korosi dan diberi pembebanan 20 kg pada uji *fatigue* terlihat pada gambar 4.10, Awal retak terjadi cacat pada permukaan spesimen. Dengan pembebanan yang diberikan, permukaan retak terlihat kasar dan menyebabkan perambatan retak hingga patah ditandai dengan adanya *beachmarks*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan, yang berupa uji korosi menggunakan media air laut dengan metode kehilangan berat dan pengujian Fatigue dengan menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine* dengan variasi berat 10kg, 15kg, 20kg,. Disimpulkan sebagai berikut:

a. Hasil dari pengujian Korosi

Hasil dari uji korosi dengan menggunakan metode perendaman pada media air laut di kawasan pelabuhan Belawan terhadap spesimen uji baja St 60 memiliki pengaruh terhadap bagian luar spesimen uji. Setelah dilakukan perhitungan korosi maka dapat disimpulkan, 3 spesimen yang berat awalnya berbeda-beda dimana setelah dilakukan uji korosi spesimen mendapatkan hasil perhitungan yang berbeda-beda, nilai 0,002493 *mpy* dengan kehilangan berat 0,02gram, hasil pada spesimen lain yang kehilangan berat 0,04 gram mendapatkan hasil perhitungan 0,004987 *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 beberapa 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. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh yang terjadi adalah berupa terjadinya proses karat di seluruh permukaan spesimen dan berkurangnya berat specimen sehingga dapat mempengaruhi usia spesimen.

b. Hasil dari pengujian *fatigue*

Hasil pengujian *fatigue* yang telah dilaksanakan pada spesimen standar ASTM E 606 baja St 60, bahwa spesimen baja St 60 memiliki umur fatigue minimum untuk variasi beban 10kg, 15kg, 20kg menunjukkan hasil prediksi umur

fatigue yaitu 10945, 2323, 524, siklus. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi beban yang di berikan maka akan semakin rendah usia *fatigue*.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang telah dilaksanakan adalah :

1. Uji Korosi

Exposure time bisa dilakukan dengan waktu yang 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 bisa menggunakan bahan dan beban yang lebih bervariasi lagi

DAFTAR PUSTAKA

Dedek, W. *Konstruksi Dan Manufaktur Uji Kelelahan (Fatigue Test) Baja St 60*, Tugas Akhir, Medan: Program Studi Teknik Mesin, UMSU.

Rizky, W. Nurdin, Saifuddin. (2019) *Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strength*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Novriyanti, T. Kusno, K. Muhammad, B. (2019) *Analisa Kekuatan Fatigue pada Material Non Ferro dengan Tipe Rotary Bending*. Universitas Muslim Indonesia.

Muhammad, N. (2013) *Analisis Kekuatan Fatik Aluminium Cor (Remelting) Dengan Tipe Rotary Bending*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung.

Gusti R., Muhammad F., Moch. A.P. (2016) *Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja St 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda*. Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari.

Aswan, H. (2017) *Sistem Dan Prosedur Operasionalpelayanan Kapal Dan Barang Berbasis Pt.Pelabuhan Indonesia I (Persero)Cabang Pelabuhan Belawan*. Fisip Univ. Dharmawangsa Medan.

Affandi, Iqbal, T. Arya, R,N. Syafrizal. F. Syifaul, H. (2020) *Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempatdi Kawasan Industri Medan*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jurusan Teknik Mesin dan Industri,Program Studi Teknik Mesin,Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.

Nizam, E. (2009) *Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impact Las Smaw Posisi Vertikal Baja St 60 Temper*. Jurusan Teknik Mesin S-1 , STTNAS Yogyakarta.

Teguh S. Zulhanif, . Sugiyanto. (2013) *Analisis Uji Ketahanan Lelah Baja Karbon Sedang Aisi 1045 Dengan Heat Treatment (Quenching) Dengan Menggunakan Alat Rotary Bending*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Lagiyono, Suwandono,M Masykur. *Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik pada baja karbon sedang st 60*

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

Budi Utomo, (2009), *Jenis Korosi Dan Penanggulangannya, Teknik Perkapalan. Universitas Diponegoro*

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

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

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

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.

J. E. Bringas, Penyunt DS67B, A. (2004). *Handbook of Comparative World Steel Standards (Third ed.)*. USA

Affandi, Ahmad Marabdi Siregar, Chandra A Siregar, Arya Rudi Nasution, Iqbal Tanjung, Syarizal Fonna, Syifaul Huzni, (2020), *ANALISA KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN*, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Kade, IGA Suriadi, *Prediksi Laju Korosi dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastis dan Media Pengkorosi Pada Material Baja Karbon*, 2007, vol. 1 (1-8)

Kasta Ginting, Tamzil Aziz, Tri Kurnia Dewi, (2003), *PELATIHAN PRIME MOVERS DAN PERALATAN KHUSUS PENUNJANG OPERASI PABRIK BAGI CALON KARYAWAN*. PT PUSRI PALEMBANG,

Rahmatullah, Rohadi Ahmad, (2018), *Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

X. Chen And Y. Liu. Finite., (2019). *Element Modelling And Simulation With Ansys Workbench*, 2nd ed. Tayloy & Francis Group

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

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

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

Dwi Anggi Wibowo, Abdul Ghofur, (2021), *PENGARUH KADAR SALINITAS AIR TERHADAP LAJU KOROSI BAJA ST 60*, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Ridwan Redi Putra, Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa Budi S. (2018), *Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 60 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering*, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Willson F. Tambunan, Untung Budiarto, Ari Wibawa Budi Santosa, (2019), *Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Puntir, Kekerasan, dan Mikrografi Baja ST 60 Sebagai Bahan Poros Propeller Setelah Proses Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time)*, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Mass properties of SPESIMEN FatigueASTM E606 M RizkyAlsyahputra Bintang

Configuration: Default

Coordinate system: -- default --

Density = 0.00 grams per cubic millimeter

Mass = 5.56 grams

Volume = 5561.61 cubic millimeters

Surface area = 2619.44 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = 0.00

Y = 0.00

Z = 45.00

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)

taken at the center of mass.

Ix = (0.00, 0.00, 1.00)

Px = 63.74

Iy = (0.00, -1.00, 0.00)

Py = 4716.49

Iz = (1.00, 0.00, 0.00)

Pz = 4716.49

Moments of inertia: (grams * square millimeters)

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

Lxx = 4716.49 Lxy = 0.00 Lxz = 0.00

Lyx = 0.00 Lyy = 4716.49 Lyz = 0.00

Lzx = 0.00 Lzy = 0.00 Lzz = 63.74

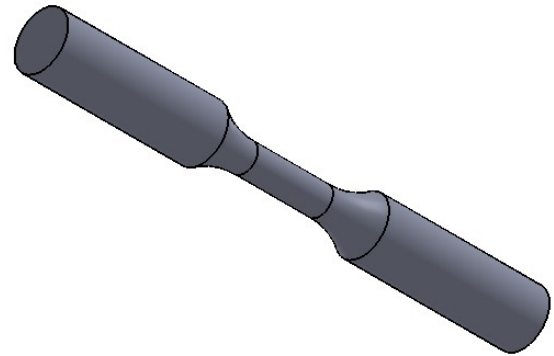
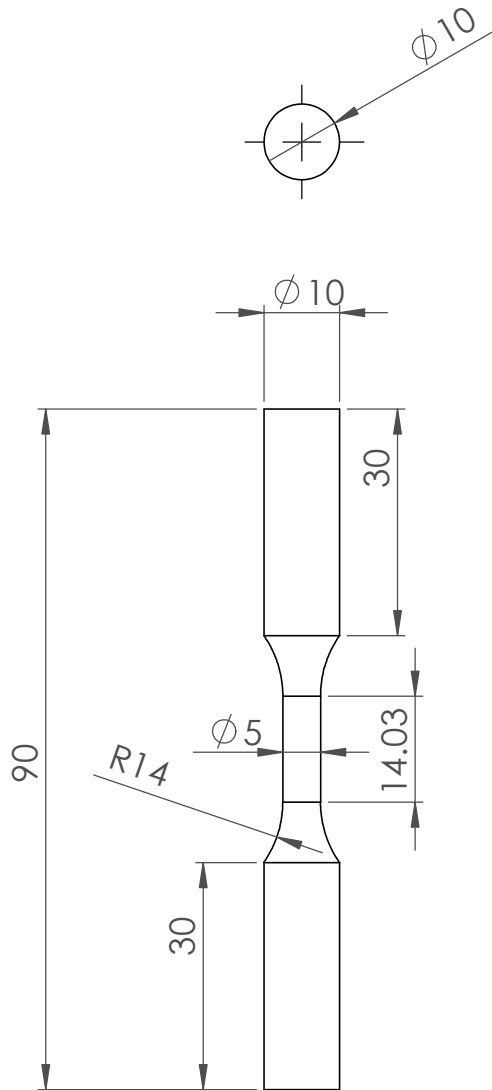
Moments of inertia: (grams * square millimeters)

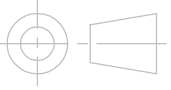
taken at the output coordinate system.

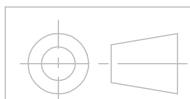
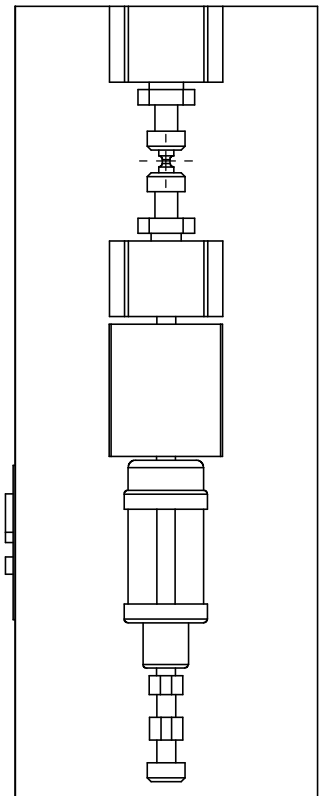
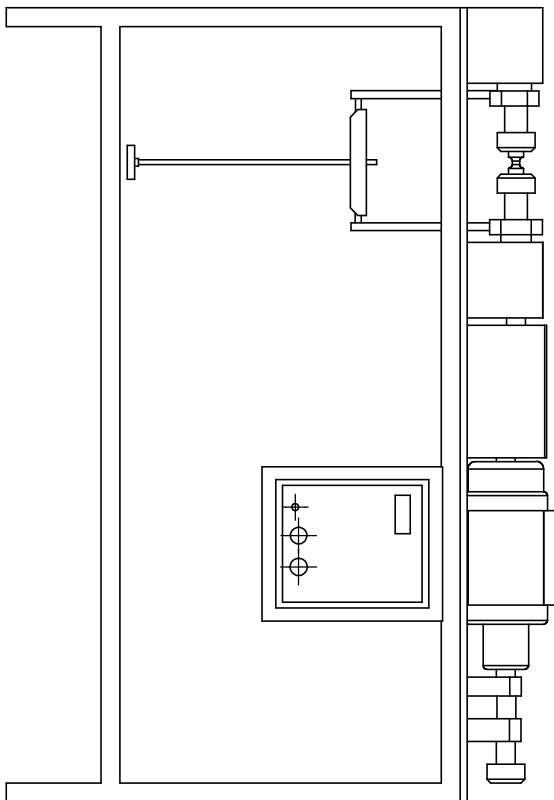
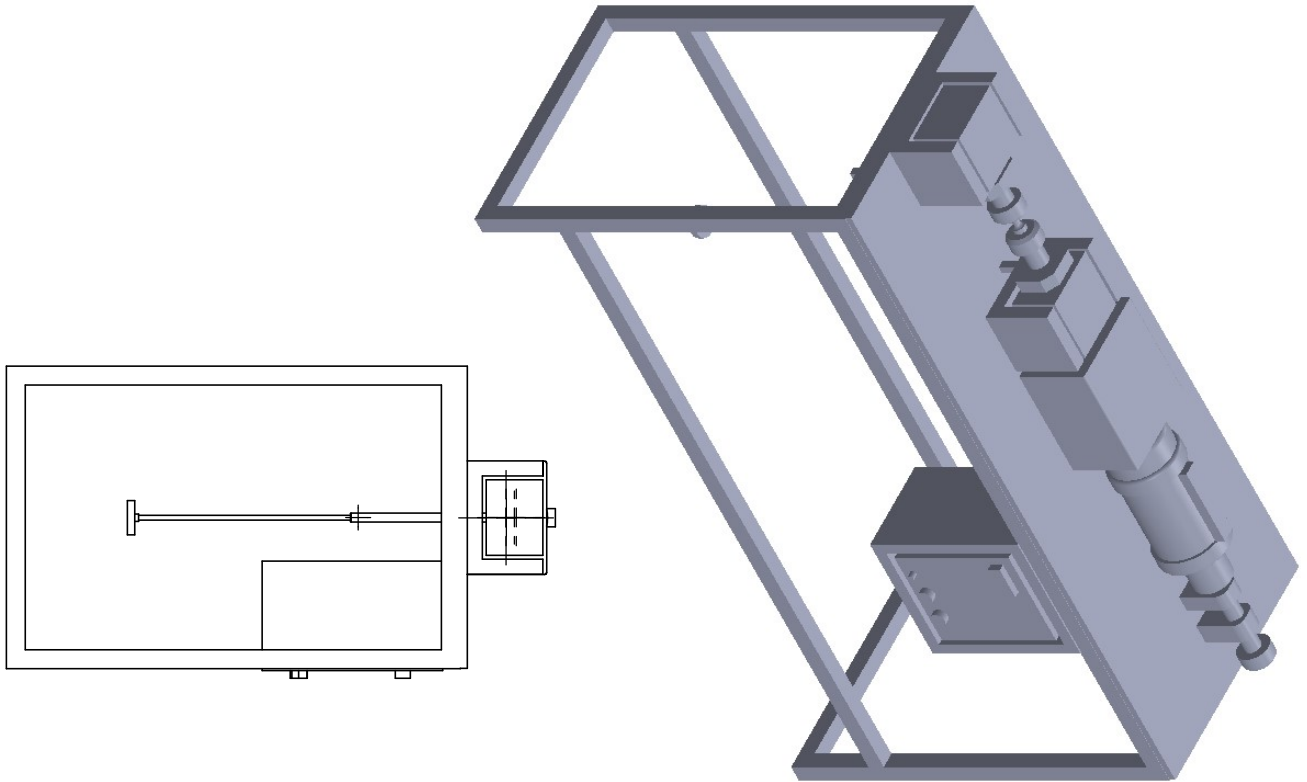
lxx = 15978.76 lxy = 0.00 lxz = 0.00

lyx = 0.00 lyy = 15978.76 lyz = 0.00

lzx = 0.00 lzy = 0.00 lzz = 63.74



	Skala : 1:1	Digambar : M.Rizky Alsyahputra B	PERINGATAN	
	Ukuran : Milimeter	NPM : 1807230084		
	Tanggal : 30/08/2023	Dilihat :		
TEKNIK MESIN Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Spesimen Uji Fatigue ASTM E606		No	A4



Skala :
 Ukuran : Milimeter
 Tanggal : 13/09/2023

Digambar : M Rizky Alsyahputra B
 NPM : 1807230084
 Dilihat :

PERINGATAN

SURAT PENGANTAR LAPORAN HASIL PENGUJIAN

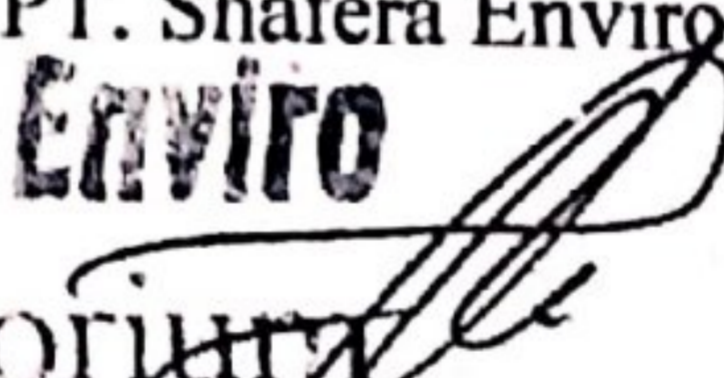
Bersama ini disampaikan Laporan Hasil Pengujian untuk :

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

Nomor 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*	-	Tidak 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	0,3	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 Hidup Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut dan Sejenisnya untuk Biota Laut)

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



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mengwab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

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

<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.linkedin.com/company/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/channel/UC...)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2299/II.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 23 Desember 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : M. RIZKY AL-SYAHPUTRA BINTANG
Npm : 1807230084
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH KOROSI DAN BEBAN FATIGUE ALUMINIUM TERHADAP PREDIKSI UMUR FATIGUE PADA 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, 19 Jumadil Awwal 1443 H
23 Desember 2021 M

Dekan



Muhawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

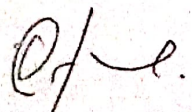
PENGARUH KOROSI DAN BEBAN FATIGUE BAJA ST 60 TERHADAP PREDIKSI UMUR FATIGUE PADA KAWASAN PELABUHAN BELAWAN

Nama : M Rizky Alsyahputra Bintang
NPM : 1807230084

Dosen Pembimbing1: Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		1 - Perhatikan Susunan Paragraf - Perhatikan Jarak Penulisan - Rantisan kata-kata harus konsisten	Of
		2 - Penulisan latar belakang lebih objektif - menamfilkan hasil uji kualitatif air	
		3 - Diskusi alternatif Pengujian Fatigue - Diskusi Spesimen Uji dan alat uji	Of
03-07-23		4 - Perbaiki kata Pengantar, Latar belakang, rumusan masalah dan tujuan Penelitian harus objektif	Of
Kamis 06 Juli - 23		5 - memperbaiki Penulisan dan menghapus beberapa gambar yang tidak di sertakan pada bab 4.	Of
Sabtu 22 Juli 2023		6 - Diskusi bab 4 menambah ringkasan kesimpulan Pada setiap hasil uji	Of
Senin 01- Jul -23 08		7 - Bab 5 mengajarkan maksud dari Penulisan Sesuai dengan Judul dan menambahkan kesimpulan Pada keseluruhan tiap Pengujian tidak hanya hasil Penghitungan.	Of
Kamis 10- Jul -23 08		8. Diskusi Pada beberapa kata dan memperbaiki tabel sesuai Redaman.	Of
	17/8-23	Ace Summary Hasil	Of

Dosen Pembimbing


Affandi, S.T., M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

- | | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| 1. Nama | : M RIZKY ALSYAHPUTRA BINTANG |
| 2. NPM | : 1807230084 |
| 3. Tempat/Tanggal Lahir | : MEDAN, 22 November 2000 |
| 4. Jenis Kelamin | : Laki- Laki |
| 5. Agama | : Islam |
| 6. Status Pernikahan | : Belum Menikah |
| 7. Kelurahan/Desa | : Tembung |
| 8. Kecamatan | : Percut Sei Tuan |
| 9. Kabupaten/Kota | : Deli Serdang |
| 10. Kontak Pribadi | |
| a. Nomor HP | : 085361990913 |
| b. E-mail | : Riskybintang456@gmail.com |
| 11. Nama Orang Tua | |
| a. Ayah | : Drs Ramlan Bintang |
| b. Ibu | : Siti Nurhayati Br Barus S.kep Ners |

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2006-2012 : SD Terpadu Muhammadiyah 36 Medan
2. 2012-2015 : SMP Muhammadiyah 01 Medan
3. 2015-2018 : SMK Swasta Mandiri Percut Sei Tuan
4. 2018-2023 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara