

**ANALISIS LAJU KOROSI DAN SIFAT MEKANIK PADA
MATERIAL BAJA ASTM A36 UNTUK ROTOR BEZIER-
SAVONIUS DENGAN MEDIA AIR LAUT**

Skripsi

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh:

Duta Senopati Rabbani

NPM. 3331210013

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU KOROSI DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ASTM A36 UNTUK ROTOR BENZIERSAVONIUS DENGAN MEDIA AIR LAUT

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

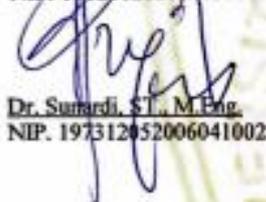
Duta Senopati Rabbani
3331210013

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 22 April 2025

Pembimbing Utama



Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.
NIP. 198206212022031001



Dr. Sumardi, ST., M. Eng.
NIP. 197312052006041002

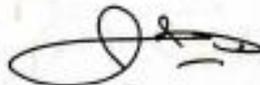
Anggota Dewan Penguji



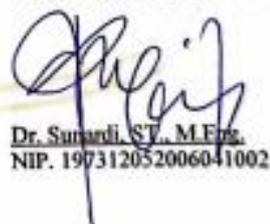
Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002



Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.
NIP. 198206212022031001



Dr. Sumardi, ST., M. Eng.
NIP. 197312052006041002

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 14 Mei 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Ir. Dhimas Satria, ST., M. Eng.
NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Duta Senopati Rabbani

NPM : 3331210013

Judul : Analisis Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Pada Material Baja

ASTM A36 Untuk *Rotor Bezier-Savonius* Dengan Media Air Laut

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis berhasil menyelesaikan Laporan skripsi. Laporan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan sarjana S1 di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Adapun pokok bahasan pada skripsi ini adalah : “Analisis Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Pada Material Baja Astm A36 Untuk *Rotor Bezier-Savonius* Dengan Media Air Laut ”. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian skripsi ini, yaitu

1. Orang tua dan keluarga besar penulis, yang selalu memberikan semangat, motivasi.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
3. Bapak Kurnia Nugraha, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Akademik
4. Bapak Ir. Dedy Triawan Suprayogi, S.T., MEng, Ph.D, IPM, C.Eng Selaku dosen pembimbing 1 skripsi, yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran dalam membimbing saya selama proses penelitian.
5. Bapak Dr. Sunardi, ST., M.Eng. Selaku dosen pembimbing 2 skripsi, yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran dalam membimbing saya selama proses penelitian
6. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T Selaku Koordinator skripsi Jurusan Teknik Mesin
7. Bapak/Ibu Dosen dan staf pengajar jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang sudah memberkan ilmu selama proses perkuliahan
8. Kawan kawan angkatan 21 yang menemani dalam 4 tahun perkuliahan ini.
9. Teman – Teman satu tim dalam proses penelitian skripsi penulis sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini.
10. Serta semua pihak yang banyak membantu penulis dalam peyusunan laporan ini namun tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam skripsi ini, penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang sifatnya membangun guna penyempurnaan laporan ini dimasa mendatang. Harapan penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi pembaca.

Cilegon, September 2024

Duta Senopati Rabbani

ABSTRAK

ANALISIS LAJU KOROSI DAN SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL BAJA ASTM A36 UNTUK ROTOR BENZIER-SAVONIUS DENGAN MEDIA AIR LAUT

Disusun Oleh:

Duta Senopati Rabbani

NIM. 3331210013

Sekitar 97% air di Bumi berada di lautan yang menutupi 71% permukaan, dan Indonesia sebagai negara kepulauan dengan 17.499 pulau serta garis pantai sepanjang 104.000 km memiliki potensi besar dalam pemanfaatan sumber daya laut, termasuk energi laut sebagai sumber energi listrik terbarukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis ketahanan korosi dan sifat mekanik material baja ASTM A36 yang digunakan pada turbin Savonius di lingkungan laut. Penelitian dilakukan dengan metode perendaman selama 10 hari (240 jam) dan 15 hari (360 jam), baik dengan metode setengah tenggelam maupun tenggelam penuh. Spesimen diuji sesuai standar ASTM E8 untuk uji tarik (N/mm^2), ASTM G1-90 untuk uji korosi (mmpy), serta dilakukan pengujian metalografi dan kekasaran permukaan untuk mendapatkan visual mikrostruktur dan *roughness average* (μm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa material ASTM A36 mengalami laju korosi berbeda tergantung waktu dan metode perendaman, dengan nilai laju korosi tertinggi sebesar 0,438 mm/year (mmpy) pada metode setengah tenggelam selama 15 hari. Jenis korosi yang terjadi adalah *pitting corrosion*, yang menimbulkan lubang pada permukaan. kekuatan tarik material menurun hingga 14,90%, regangan menurun hingga 48,05%. Penurunan sifat mekanik ini terjadi karena berkurangnya luas penampang dan berat spesimen akibat proses korosi yang berlangsung selama perendaman.

Kata Kunci: *ASTM A36, Energi laut, Korosi, Uji tarik, Metalografi*

ABSTRACT

ANALYSIS OF CORROSION RATE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ASTM A36 STEEL MATERIAL FOR BENZIER-SAVONIUS ROTOR IN SEAWATER ENVIRONMENT

Written by:

Duta Senopati Rabbani

NIM. 3331210013

Approximately 97% of the Earth's water is found in the oceans, covering 71% of the Earth's surface. As an archipelagic country with 17,499 islands and a coastline of 104,000 km, Indonesia has great potential in utilizing marine resources, including ocean energy as a source of renewable electricity. This study aims to analyze the corrosion resistance and mechanical properties of ASTM A36 steel material used in Savonius turbines in marine environments. The research was conducted by immersing the material for 10 days (240 hours) and 15 days (360 hours), using both half-submerged and fully submerged methods. Specimens were tested in accordance with ASTM E8 for tensile strength (N/mm²), ASTM G1-90 for corrosion rate (mmpy), and further examined through metallography and surface roughness testing to obtain microstructural visuals and roughness average (μm). The results showed that ASTM A36 material experienced varying corrosion rates depending on immersion time and method, with the highest corrosion rate of 0.438 mm/year (mmpy) occurring in the half-submerged method after 15 days. The type of corrosion observed was pitting corrosion, which causes holes on the surface. The tensile strength of the material decreased by up to 14.90%, and elongation decreased by up to 48.05%. This degradation in mechanical properties occurred due to the reduction of cross-sectional area and specimen weight as a result of the corrosion process during immersion.

Keywords: ASTM A36, Ocean energy, Corrosion, Tensile test, Metallography

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Turbin Savonius.....	7
2.3 <i>Carbon Steel</i>	8
2.4 Jenis Jenis <i>Carbon Steel</i>	9
2.5 Baja ASTM A36.....	10
2.6 Korosi	11
2.7 Mekanisme Korosi.....	12
2.8 Faktor Korosi.....	13
2.9 Laju Korosi.....	15
2.10 Macam Macam Korosi	16
2.11 ASTM G1-90.....	17
2.12 Uji Tarik	17
2.13 ASTM E-8	18
2.14 Metalografi	19
2.15 Kekasaran Permukaan	19

2.16	Sifat Material	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	21
3.2	Alat dan Bahan	24
3.2.1	Alat	24
10.2.2	Bahan.....	27
3.3	Metode Penelitian.....	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	29
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Dimensi Spesimen	31
4.2	Parameter Pengujian Air Laut	32
4.3	Hasil Laju Korosi Material.....	34
4.4	Hasil Kekuatan Tarik Material ASTM A36	37
4.5	Hasil Regangan Material ASTM A36	41
4.6	Hasil Pengujian Metalografi.....	44
4.7	Hasil Pengujian Kekasaran.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN.....		56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Savonius	8
Gambar 2.2 Aplikasi Baja.....	8
Gambar 2.3 Korosi Pada Baja.....	12
Gambar 2.4 Mekanisme Korosi	12
Gambar 2.5 Proses Pengkaratan Besi	13
Gambar 2.6 Kurva Tegangan Regangan.....	18
Gambar 2.7 <i>Dimension Test Spesimen</i>	18
Gambar 2.8 Sifat Material.....	20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Wadah 300 ml	24
Gambar 3.3 PH Meter	25
Gambar 3.4 Refraktor	25
Gambar 3.5 <i>Total Dissolve Solid Meter</i>	25
Gambar 3.6 Timbangan Digital	26
Gambar 3.7 <i>Universal Testing Machine</i>	26
Gambar 3.8 Tang.....	26
Gambar 3.9 Mikroskop Optik	27
Gambar 3.10 Jangka Sorong	27
Gambar 3.11 <i>Roughness Machine</i>	27
Gambar 3.12 <i>ASTM A36</i>	28
Gambar 3.13 Air Laut	28
Gambar 3.14 Larutan HCL	28
Gambar 4.1 Dimensi spesimen ASTM A36	31
Gambar 4.2 Spesimen ASTM A36	32
Gambar 4.3 Laju Korosi Material ASTM A36.....	35
Gambar 4.4 Kekuatan tarik Material ASTM A36	39
Gambar 4.5 Korelasi Nilai Laju Korosi dengan Kekuatan Tarik	41
Gambar 4.6 Regangan Material ASTM A36	42
Gambar 4.7 Tegangan-Regangan Material ASTM A36	44
Gambar 4.8 Material ASTM A36 terkorosi (10 hari)	45

Gambar 4.9 Material ASTM A36 terkorosi (15 hari)	45
Gambar 4.10 Permukaan Spesimen 15 hari (Tenggelam)	45
Gambar 4.11 Permukaan Spesimen 15 hari (Setengah Tenggelam).....	46
Gambar 4.12 Permukaan Spesimen 10 hari (Setengah Tenggelam).....	46
Gambar 4.13 Permukaan Spesimen 10 hari (Tenggelam)	46
Gambar 4.14 Kekasaran Spesimen 10 hari (Tenggelam).....	49
Gambar 4.15 Kekasaran Spesimen 10 hari (Setengah Tenggelam)	49
Gambar 4.16 Kekasaran Spesimen 15 hari (Tenggelam).....	49
Gambar 4.17 Kekasaran Spesimen 15 hari (Seetengah Tenggelam)	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of The Art</i>	5
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Plat ASTM A36.....	10
Tabel 2.3 Kriteria Laju Korosi Pada Material	15
Tabel 4.1 Data Parameter Air Laut Perendaman 15 Hari (Tenggelam)	32
Tabel 4.2 Data Parameter Air Laut Perendaman 15 Hari (Setengah Tenggelam)	32
Tabel 4.3 Data Parameter Air Laut Perendaman 10 Hari (Tenggelam)	33
Tabel 4.4 Data Parameter Air Laut Perendaman 10 Hari (Setengah Tenggelam)	33
Tabel 4.5 Data Laju Korosi Material ASTM A36	35
Tabel 4.6 Data Luas Penampang Material ASTM A36.....	36
Tabel 4.7 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36.....	37
Tabel 4.8 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari	37
Tabel 4.9 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari	38
Tabel 4.10 Data Laju Korosi, Luas Penampang dan Kekuatan Tarik Spesimen	40
Tabel 4.11 Data Regangan Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari.	41
Tabel 4.12 Data Regangan Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari.	41
Tabel 4.13 Data Regangan Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari.	42
Tabel 4.14 Data Kekasaran Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari	47
Tabel 4.15 Data Kekasaran Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar air di Bumi, yaitu sekitar 97%, terdapat di lautan, dan 71% dari permukaan Bumi tertutupi oleh air laut. Topografi dasar laut yang beragam membuat lautan Indonesia sangat kompleks dan unik, berbeda dari negara lain. Indonesia dikenal sebagai wilayah dengan keanekaragaman hayati laut terbesar di dunia, dengan memiliki sekitar 8.500 spesies ikan, 555 spesies rumput laut, dan 950 spesies biota terumbu karang. Sebagai negara kepulauan dengan 17.499 pulau dan garis pantai sepanjang 104.000 kilometer, yang terpanjang kedua di dunia, Indonesia memiliki sumber daya laut yang sangat besar yang dapat dimanfaatkan untuk pembangunan nasional jika dikelola dengan baik. Salah satu sumber daya laut yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan adalah energi laut untuk menghasilkan listrik [1].

Energi arus laut, yang banyak ditemukan di daerah selat, memiliki potensi besar di Indonesia sebagai negara kepulauan. Arus laut terjadi karena pasang surut akibat interaksi bumi, bulan, dan matahari, serta bisa dipengaruhi oleh arus geostropik, gaya Coriolis, dan perbedaan salinitas, suhu, serta densitas. Di Indonesia, arus laut terutama dipengaruhi oleh pasang surut, sementara gelombang laut dihasilkan oleh angin yang dipicu oleh perbedaan tekanan udara. Selain itu, perbedaan suhu antara laut dalam dan perairan permukaan digunakan untuk mengukur potensi panas laut. Sebagai sumber energi yang terbarukan dan baru, pengembangan energi laut di Indonesia memerlukan koordinasi lintas sektoral, penyempurnaan kebijakan secara berkelanjutan, serta pembaruan peta potensi energi laut melalui kerjasama antar instansi terkait [1].

Laut merupakan salah satu bagian terbesar di wilayah Indonesia yang harus dikelola energinya karena mempunyai potensi energi yang cukup besar. Salah satunya adalah arus laut. Selat Sunda adalah selat yang sangat strategis dan mempunyai arus laut yang berpotensi dikembangkan energinya untuk

sumber energi listrik. Oleh karena itu pengembangan design turbin yang sesuai sangat diperlukan pada kawasan selat ini. Pada penelitian sebelumnya, simulasi dan eksperimen telah mengkonfirmasi bahwa rotor *Savonius* dapat bekerja pada arus laut yang memiliki kecepatan relatif rendah. Hal ini akan relevan dengan kondisi Selat Sunda yang memiliki arus 0,4 – 1 m/s [2].

Selat Sunda memiliki potensi besar dalam pengembangan energi arus laut, maka pemilihan material untuk rotor turbin *Savonius*, khususnya yang akan beroperasi di lingkungan air laut, menjadi faktor krusial. Salah satu material yang umum digunakan dalam pembuatan rotor adalah baja ASTM A36 karena sifat mekaniknya yang baik dan kemudahan dalam fabrikasi. Namun, lingkungan air laut yang korosif dapat mempercepat degradasi material dan mengurangi umur pakai turbin. Korosi dapat terjadi jika logam berhubungan dengan lingkungan sekitarnya. Plat baja yang diletakan pada udara terbuka akan mengalami korosi. Udara mengandung oksigen, sehingga memungkinkan mengalami reaksi reduksi oksigen. Logam akan selalu berusaha menyesuaikan diri lingkungannya untuk mencapai kestabilan, sehingga dalam udara terbuka logam akan melepaskan elektron dan elektron tersebut ditangkap dan bereaksi dengan uap air (reduksi oksigen). Reaksi oksidasi yang terjadi pada logam dan reduksi oksigen udara terbuka akan menghasilkan oksida logam yang warnanya kecoklatan. Oksida logam inilah yang biasa dikenal dengan korosi. Proses tersebut biasa terjadi pada logam yang dicelupkan dalam air [3].

Pada penelitian ini berfokus pada analisa laju korosi dengan material ASTM A36 yang dimana baja ASTM A36 merupakan baja karbon rendah. Turbin *savonius* pada penelitian kali ini ditempatkan pada gelombang air laut dimana cenderung terjadinya korosi. Oleh karena itu penelitian kali ini bertujuan untuk menganalisa apakah material baja ASTM A36 tahan terhadap korosi dan juga dapat menganalisa sifat mekanik berupa kekuatan tarik dan regangan yang dihasilkan setelah material terkorosi yang dimana material ASTM A36 digunakan pada turbin *savonius* pada gelombang air laut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dibuat, berikut ini adalah rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana nilai laju korosi pada material ASTM A36 dengan metode tenggelam dan setengah tenggelam?
2. Bagaimana analisa korosi material baja ASTM A36 pada turbin *Savonius*?
3. Bagaimana sifat mekanik berupa kekuatan uji tarik dan regangan yang dihasilkan pada baja ASTM A36 yang sudah terkorosi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dibuat, adapun tujuan dari penelitian ini:

1. Mampu mengetahui nilai laju korosi pada material ASTM A36 pada turbin *savonius*
2. Mampu menganalisa korosi yang terjadi pada material baja ASTM A36 pada untuk turbin *savonius*
3. Mampu mengetahui perbandingan sifat mekanik berupa kekuatan tarik baja ASTM A36 dengan yang sudah terkorosi dengan media air laut.

1.4 Batasan Masalah

Pada penjelasan di atas terdapat batasan masalah agar jalannya penelitian dapat efektif. Batasan masalah antara lain:

1. Jenis material yang akan diuji yaitu material baja ASTM A36.
2. Untuk pengujian korosi menggunakan metode perendaman setengah tenggelam dan tenggelam dengan rentang waktu 10 dan 15 hari
3. Untuk pengujian korosi menggunakan media air laut.
4. Media air laut didapatkan dari laut selat sunda di Merak, Banten
5. Pengujian korosi menggunakan metode kehilangan berat dengan variabel waktu dan berat yang hilang pada material
6. Pada pengujian tarik membahas terkait kekuatan tarik dan regangan pada material ASTM A36 yang sudah terkorosi.

7. Spesimen Uji Tarik menggunakan standar ASTM E-8
8. Pengujian korosi menggunakan standar ASTM G1-90
9. Pengujian kekasaran menggunakan standar ISO 4288

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan data laju korosi material baja ASTM A36 untuk turbin *Savonius* di arus laut untuk meningkatkan efisiensi pengoperasian turbin, sehingga menghasilkan energi yang lebih stabil.
2. Dapat mengetahui pengaruh setelah material terkorosi dengan menguji sifat mekanik material untuk mengetahui kekuatan tarik dan regangan material setelah terkorosi oleh air laut.
3. Dapat menjadi referensi penelitian kedepannya mengenai Analisis Laju Korosi Dan Pengaruh Sifat Mekanik Pada Material Baja ASTM A36 Untuk Rotor Benzier-Savonius Dengan Media Air Laut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of The Art

Pada penelitian ini dilakukan dengan literatur dan referensi yang telah dilakukan oleh para peneliti. Pada Tabel 2.1 dapat menjelaskan daftar referensi yang berasal dari jurnal atau artikel ilmiah yang dapat menjadi dasar penulisan penelitian ini.

Tabel 2.1 *State of The Art*

No.	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Analisa Laju Korosi Pada Material Aluminium 5083 Menggunakan Media Air Laut Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal	Material Aluminium 5083 yang digunakan sebagai bahan lambung kapal. Objek utama yang diteliti adalah tingkat laju korosi Aluminium 5083 dalam media air laut, dengan dua sumber air laut yang berbeda, yaitu dari Semarang dan Jepara.	Penelitian mengenai laju korosi pada material Aluminium seri 5083 dilakukan berdasarkan standar pengujian ASTM G31-72 dengan menggunakan metode Kehilangan Berat (Weight Loss). Pengujian dilakukan dengan variasi waktu perendaman serta menggunakan dua jenis air laut yang berbeda, yaitu dari Semarang dan Jepara. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin lama Aluminium 5083 direndam dalam air laut, hingga mencapai 720

			jam, semakin besar pula penurunan berat yang terjadi, menandakan peningkatan laju korosi seiring waktu.
2.	Development of Vertical Axis Marine Current Turbine for Sunda Strait Application	Potensi energi arus laut di selat sunda mengguakan turbin savonius yang dirancang pada arus laut perkecepatan rendah	Turbin Savonius mampu bekerja pada arus laut dengan kecepatan rendah, yaitu antara 0,4 hingga 1 m/s, yang sesuai dengan kondisi arus di Selat Sunda. Eksperimen menghasilkan torsi sebesar 0,36 Nm dan putaran sebesar 11,97 RPM, dengan daya yang dihasilkan mencapai 0,45 Watt
3.	Studi Pengaruh Korosi Terhadap Kapasitas Tarik Besi Tulangan	Dampak korosi pada kapasitas tarik besi tulangan beton bertulang dengan jenis material meliputi tiga jenis besi tulangan dengan diameter berbeda (S10, S13, dan S16)	Korosi berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik besi tulangan. Laju korosi meningkat seiring waktu perendaman, menyebabkan kehilangan massa yang lebih besar dan penurunan kapasitas tarik. Hal ini menunjukkan bahwa korosi dapat

			mempercepat degradasi struktur beton bertulang dan mengurangi masa layan infrastruktur.
--	--	--	---

2.2 Turbin Savonius

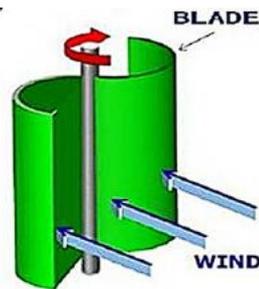
Turbin *Savonius* adalah jenis turbin angin sumbu vertical, memiliki struktur yang sederhana, serta beroperasi pada kecepatan angin yang relatif rendah, dan memiliki kemampuan menangkap angin dari berbagai arah. Namun, efisiensi aerodinamis turbin ini cenderung rendah. Proses pembuatan turbin *Savonius* juga lebih mudah karena menggunakan desain yang sederhana. Bilah turbin *Savonius* yang berbentuk cekung ketika menerima tekanan udara dan cembung ketika berputar searah rotasi turbin menyebabkan efisiensinya lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin jenis lainnya [4].

Turbin Savonius beroperasi dengan mengandalkan gaya hambat (drag) yang dihasilkan oleh sudu-sudu turbin untuk memutar porosnya. Dalam berbagai penelitian dan aplikasi, turbin ini dapat memiliki dua hingga empat sudu. Cara kerja turbin ini didasarkan pada desain sudunya yang berbentuk cekung dan cembung menyerupai huruf "S". Desain ini menciptakan perbedaan gaya yang diterima oleh masing-masing sudu. Ketika angin mengenai bagian cekung sudu, dorongan angin akan memutar sudu tersebut mengelilingi poros. Sementara itu, sudu di sisi lain yang terkena angin pada bagian cembung akan membelokkan aliran angin ke samping [5].

Turbin Savonius memiliki karakteristik yang khas sehingga memiliki aplikasi yang luas dalam bidang energi terbarukan, dalam pembangkit listrik skala kecil, dan menawarkan alternatif yang menarik dalam upaya memanfaatkan sumber daya energi terbarukan terutama pada untuk arus laut.

Dibuktikan pada penelitian sebelumnya bahwa *Vertical Axis Marine Current Turbine* (VAMCT), khususnya untuk kecepatan arus rendah sebesar

0,17 m/s. Hasil simulasi dan eksperimen telah mengonfirmasi bahwa rotor Savonius dapat bekerja pada arus laut dengan kecepatan rendah. Hal ini relevan dengan kondisi Selat Sunda yang memiliki kecepatan arus antara 0,4 – 1 m/s. Eksperimen juga menunjukkan bahwa rotor mampu menghasilkan torsi sebesar 0,36 Nm dengan putaran 11,97 RPM, sehingga dapat menghasilkan daya sebesar 0,45 Watt [2].



Gambar 2.1 Turbin *Savonius* [6]

2.3 *Carbon Steel*

Baja karbon atau biasa disebut dengan *Carbon Steel* merupakan komponen utama dalam banyak produk konsumen dan industri, termasuk kendaraan bermotor, peralatan pertanian, peralatan di berbagai jenis bangunan dan konstruksi jalan raya, serta konstruksi rumah komersial dan multikeluarga. Industri yang mengacu pada produksi skala besar yang menggunakan kapital besar-besaran, mesin berat, dan proses rumit disebut industri berat. Industri ini meliputi kedirgantaraan, pembuatan kapal, konstruksi infrastruktur, pertambangan, eksplorasi dan kilang minyak serta gas, produksi baja dan pabrik kimia menunjukkan penggunaan baja dalam industri berat [7]. Berikut ini adalah aplikasi pada baja yang dijelaskan pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Aplikasi Baja[7]

Semua jenis baja, yang sangat serbaguna, memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda. Baja digunakan untuk bangunan, infrastruktur, perkakas, kapal, kereta api, mobil, sepeda, mesin, peralatan listrik, dan senjata karena kekuatan tariknya yang tinggi dan murah. Baja terbuat dari besi, logam dasar. Setiap logam diberi kode khusus sesuai dengan sistem penilaian ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Pada umumnya, rumus terdiri dari awalan huruf yang menunjukkan kategori, diikuti dengan nomor. Spesifikasi ASTM biasanya mencakup penggunaan dan material. Ada beberapa grade yang terdaftar dalam spesifikasi ini dengan sifat kimia dan mekanik yang sesuai. Untuk sistem penilaian SAE dan AISI [7].

2.4 Jenis Jenis *Carbon Steel*

Baja karbon, jenis baja yang terdiri dari karbon sebagai unsur paduan utama, lebih kuat, lebih keras, dan lebih rapuh daripada baja paduan. Baja perkakas, di sisi lain, lebih mahal dan lebih sulit untuk diproses, meskipun lebih keras dan lebih lunak daripada baja karbon. Komponen yang sangat keras seperti bilah, alat pemotong dan bagian mesin besar, radiator air panas, pengecoran industri, dan tiang lampu logam dibuat dari baja karbon. Baja karbon adalah baja dengan kandungan karbon antara 0,05 dan 2,1% C, menurut silabus jenis baja karbon. Dalam industri manufaktur, ini adalah jenis yang paling umum. Berdasarkan komposisi karbonnya, klasifikasi dibagi menjadi 4 jenis baja karbon yaitu mild steel, baja karbon sedang, baja karbon tinggi dan baja karbon ultra tinggi [7].

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah adalah jenis yang paling umum digunakan, dengan kandungan karbon kurang dari 0,30 %. Ini dilas dengan baik, dapat dikerjakan dengan mesin, dan memiliki keuletan yang lebih baik daripada baja karbon tinggi [8].

2. Baja karbon sedang

Kandungan karbon 0,30–0,45% pada baja karbon sedang meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik, menurunkan keuletan. Karena kandungan karbonnya yang lebih tinggi, pemesannya dan pengelasannya lebih sulit daripada baja karbon rendah [8].

3. Baja karbon tinggi

Baja dengan kandungan karbon antara 0,45% dan 0,75% menghadapi kesulitan dalam pengelasan dan pemesinan karena jenis pemanasan ini diperlukan untuk menghasilkan las yang diterima dan mengontrol sifat mekanis setelah pengelasan [8].

4. Baja karbon sangat tinggi

Baja ini memerlukan panas sebelum, selama, dan setelah pengelasan untuk mempertahankan sifat mekanisnya. Kandungan karbonnya mencapai 1,5 %. Produk baja keras yaitu dengan baja karbon sangat tinggi di aplikasi seperti pemotong logam dan pegas truk menggunakan jenis baja ini [8].

2.5 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah yang dikenal memiliki kemampuan las yang sangat baik. Material ini banyak dimanfaatkan di berbagai sektor, seperti industri, otomotif, konstruksi, dan transportasi. Baja karbon sendiri memiliki beragam jenis tergantung pada unsur paduan yang dikandungnya. Salah satu tipe yang paling umum digunakan dalam bidang struktur, seperti bangunan dan kapal, adalah baja karbon ASTM A36. Baja ini memiliki sifat mekanik yang baik, terutama dalam hal keuletan dan kekuatan. Kandungan karbon dalam baja ini berkisar antara 0,25% hingga 0,29%, yang berperan utama dalam memberikan sifat keras dan kuat pada material, meskipun juga menyebabkan baja menjadi lebih getas. Selain karbon, baja ASTM A36 juga mengandung unsur-unsur lain dalam jumlah kecil seperti mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), dan silikon (Si) yang memengaruhi karakteristiknya.[9]. Pada Tabel 2.2 menjelaskan komposisi dari plat ASTM A36:

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Plat ASTM A36

Unsur	Komposisi (%)
Karbon (C)	0.25 - 0.29 %
Tembaga (CU)	0.20 %
Besi (Fe)	98.0 %
Mangan (Mn)	1.00 %
Fosfor (P)	0.040 %

Silikon (Si)	0.28 %
Sulfur (S)	0.050 %

2.6 Korosi

Korosi adalah kerusakan atau penurunan kualitas material yang terjadi akibat reaksi elektrokimia antara material tersebut dengan lingkungannya. Ketika logam terkena paparan lingkungan, akan terjadi interaksi yang memicu proses korosi. Dampak dari korosi sangat merugikan karena dapat menyebabkan kerusakan struktural, penurunan estetika, peningkatan biaya perawatan, pencemaran produk, serta berkurangnya tingkat keamanan. Di lapangan, korosi bisa muncul dalam berbagai bentuk, seperti korosi galvanik, seragam (*uniform*), celah (*crevice*), lubang (*pitting*), antar butir (*intergranular*), pelindian selektif (*selective leaching*), korosi akibat erosi, dan retak karena tegangan (*stress corrosion cracking*) [10].

Karat adalah korosi logam yang paling umum. Dalam fenomena korosi, logam mengalami reaksi oksidasi, yang berarti pelepasan elektron, dan oksigen, yang merupakan udara, mengalami reaksi reduksi, yang berarti penerimaan elektron. Karat logam biasanya berupa oksida atau karbonat. Secara kimiawi, karat logam (ferous) adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, dan jika dilihat secara visual, itu adalah zat padat berwarna coklat kemerahan. Kecenderungan logam untuk kembali ke bentuk awalnya—dalam bentuk bijih logam—memungkinkan korosi dianggap sebagai proses yang berlawanan dengan ekstraksi logam dari bijih mineralnya [11].

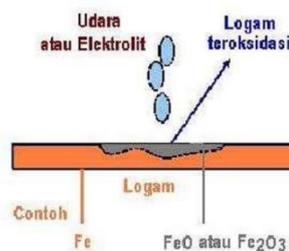
Bijih logam besi yang ditemukan di alam dalam bentuk senyawa besi oksida atau besi sulfida dapat ditemukan di alam. Setelah diekstraksi dan diproses, senyawa besi ini akan digunakan untuk membuat baja atau baja paduan. Baja akan mengalami korosi sebagai akibat dari interaksi dengan lingkungannya selama penggunaan [11]. Sebagai ilustrasi ditunjukkan pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 Korosi Pada Baja [11]

2.7 Mekanisme Korosi

Korosi adalah proses penguraian material karena interaksi dengan lingkungannya. Korosi merupakan proses oksidasi logam dengan udara atau elektrolit lainnya, dimana udara atau elektrolit tersebut mengalami reduksi, sehingga proses korosi adalah proses elektrokimia. Korosi berkaitan dengan logam karena hampir semua logam merupakan bahan yang mudah terkorosi [12]. Sebagai ilustrasi ditunjukkan pada Gambar 2.4:



Gambar 2.4 Mekanisme Korosi[12]

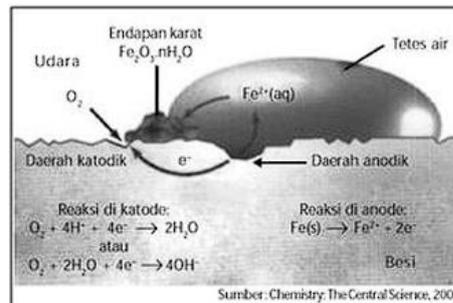
Korosi berlangsung melalui reaksi redoks, di mana logam melepaskan elektron (oksidasi), sementara oksigen dari lingkungan menerima elektron (reduksi). Pada besi, hasil dari proses ini adalah karat yang berbentuk senyawa berwarna merah kecoklatan dengan rumus kimia $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Karat ini bersifat rapuh dan mudah terkelupas, sehingga membuka permukaan logam baru yang kemudian ikut mengalami korosi. Secara keseluruhan, korosi merupakan reaksi elektrokimia. Dalam kasus besi, bagian tertentu dari logam bertindak sebagai anoda, tempat terjadinya proses oksidasi [12].



Elektron yang dibebaskan dalam oksidasi akan mengalir ke bagian lain untuk mereduksi oksigen.



Ion besi (II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi(III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ yang disebut karat [12]. Berikut adalah ilustrasi proses pengkaratan besi yang dapat dilihat pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 Proses Pengkaratan besi [12]

2.8 Faktor Korosi

Faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya korosi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu yang berasal dari material itu sendiri dan dari kondisi lingkungan. Dari sisi material, faktor-faktornya mencakup tingkat kemurnian logam, struktur internal, bentuk kristalnya, keberadaan unsur jejak (impurities), serta metode pencampuran material selama proses pembuatan. Sementara itu, dari sisi lingkungan, faktor-faktornya meliputi tingkat polusi udara, suhu, kelembaban, serta keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif. Zat-zat penyebab korosi ini bisa berupa asam, basa, atau garam, baik dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik [13]. Berikut adalah faktor faktor yang mempengaruhi laju korosi:

1. Lingkungan

Lingkungan di sekitar material adalah faktor utama yang memengaruhi korosi. Kelembapan, keasaman (pH), konsentrasi oksigen, dan konsentrasi garam dalam lingkungan dapat berkontribusi pada laju korosi. Indikator kualitas air selain oksigen terlarut yang memengaruhi laju korosi adalah total padatan terlarut. *Total Dissolved Solids* (TDS) digunakan untuk menggambarkan garam anorganik dan sejumlah kecil bahan organik dalam

air. Konstituen utama biasanya meliputi kalsium, magnesium, natrium, kation kalium, bikarbonat, kalium karbonat, klorida, sulfat, dan anion nitrat. Larutan dengan nilai TDS yang tinggi cenderung mempunyai laju korosi yang tinggi dibandingkan dengan larutan dengan TDS yang rendah. Hal ini terkait dengan pergerakan lebih banyak ion, yang menyebabkan konduktivitas larutan meningkat [14].

2. Suhu

Suhu pada lingkungan dapat mempengaruhi korosi. Suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi korosi, sedangkan untuk suhu yang rendah dapat mengurangi laju korosi [14].

3. Material

Sifat kimia dan fisik material memainkan peran penting dalam korosi. Beberapa material lebih tahan terhadap korosi daripada yang lain karena komposisi kimianya. Misalnya, stainless steel memiliki kandungan kromium yang tinggi, yang membentuk lapisan oksida pelindung yang mencegah korosi.

Sifat-sifat suatu logam menentukan kegunaannya. Umumnya, beberapa sifat logam atau kombinasinya diperlukan untuk aplikasi tertentu. Contohnya, baja yang digunakan sebagai kaki panggung. Selain persyaratan ketahanan terhadap korosi, minyak lepas pantai juga diharapkan memiliki sifat tertentu yang kuat dan tahan lama. Secara umum sifat logam digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu: sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat kimia. Sifat fisik misalnya berat jenis, titik leleh, modulus elastisitas, panas, listrik, dan magnet [14].

4. Potensial Elektrokimia

Perbedaan potensial elektrokimia antara area yang berbeda di permukaan material dapat menyebabkan korosi. Area dengan potensial yang lebih rendah cenderung menjadi anoda sedangkan untuk area yang memiliki potensial lebih tinggi menjadi katoda [14].

5. Kecepatan Aliran Fluida

Material yang terkena korosi oleh cairan atau gas, kecepatan aliran fluida di sekitar permukaan material dapat mempengaruhi laju korosi. Aliran

fluida yang tinggi dapat mengurangi korosi karena membantu membersihkan lapisan oksida yang terbentuk [14].

6. Kekuatan tarik Mekanik

Kekuatan tarik mekanik seperti tekanan, tarikan dan getaran pada material dapat memengaruhi laju korosi. Kekuatan tarik mekanik dapat menyebabkan retakan atau deformasi yang pada gilirannya dapat memengaruhi pelindung permukaan dari korosi [14].

2.9 Laju Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan penurunan kualitas suatu material terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi antara 1 – 200 mpy.

$$\text{Laju Korosi} = \frac{W \cdot K}{D \cdot A \cdot T} \text{ mmpy} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Konstanta (K) = 8.76×10^4 (mmpy)

Kehilangan Berat (W) = Kehilangan berat sampel (gr)

Berat jenis (D) = gr/cm^3

Luas permukaan (A) = cm^2

Variasi Waktu Perendaman (T) = 10 hari dan 15 hari

Laju korosi dapat ditentukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan ekstrapolasi kurva Tabel. Berikut dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya [13].

Tabel 2.3 Kriteria Laju Korosi Pada Material

Ketahanan korosi relatif	Laju Korosi				
	Mpy	Mm/y	$\mu\text{m/y}$	nm/hr	pm/s
Sangat baik	<1	<0,02	<25	<2	<1
Baik	1-5	0,02-0,01	25-100	2-10	1-5

Cukup	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	20-50
Kurang	20-5-	0,5-1	500- 1000	50-15-	20-50
Buruk	50-200	1-5	1000- 5000	150-500	50-200

2.10 Macam Macam Korosi

Korosi secara umum didefinisikan sebagai reaksi elektrokimia antara suatu bahan dan lingkungannya yang menghasilkan kerusakan (perubahan) material dan sifatnya propertinya. Korosi dapat terjadi dalam berbagai bentuk tergantung dari sifat material, kondisi lingkungan, dan karakteristik serangan. Menggolongkan bentuk-bentuk korosi memiliki keuntungan bahwa proses korosi dengan mekanisme yang sama dapat dipertimbangkan secara bersama. Penggolongan bentuk-bentuk korosi telah dilakukan dalam berbagai skema selama bertahun-tahun [15].

1. Korosi Seragam

Jenis korosi ini menyebar secara merata pada permukaan logam, umumnya disebabkan oleh lingkungan dengan pH air yang rendah dan kelembaban udara yang tinggi. Seiring waktu, permukaan logam akan menipis secara menyeluruh. Korosi ini sering terjadi pada logam homogen seperti pelat baja atau profil logam. Pencegahan dapat dilakukan dengan melapisi permukaan logam menggunakan bahan pelindung yang mengandung inhibitor, seperti gemuk pelindung.

2. Korosi Sumur

Korosi ini terjadi karena ketidakhomogenan pada komposisi logam, yang menyebabkan timbulnya titik-titik korosi berbentuk lubang kecil seperti sumur, biasanya pada batas-batas antar struktur logam.

3. Korosi Galvanik

Jenis korosi ini muncul ketika dua jenis logam berbeda berada dalam satu larutan elektrolit. Dalam kondisi ini, logam yang memiliki sifat lebih anodik akan mengalami korosi lebih cepat dibanding logam yang lebih katodik.

4. Korosi Erosi

Korosi ini terjadi akibat gesekan atau keausan pada permukaan logam, yang menyebabkan bagian-bagian tajam dan kasar terbentuk. Bagian tersebut menjadi sangat rentan terhadap korosi, terutama bila aliran fluida di sekitarnya sangat kuat sehingga merusak lapisan pelindung logam.

5. Korosi Akibat Tegangan Tarik

Korosi jenis ini terjadi ketika logam mengalami deformasi karena perlakuan mekanis seperti penekukan, penarikan, atau regangan. Perlakuan tersebut membuat butiran logam menjadi tegang dan lebih mudah bereaksi dengan lingkungan sekitar, sehingga mempercepat proses korosi.

2.11 ASTM G1-90

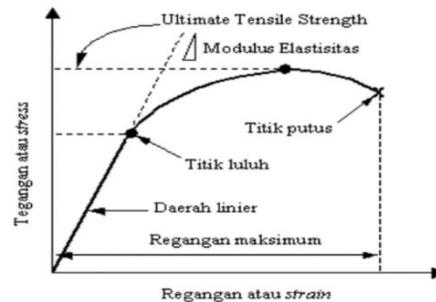
ASTM G1-90 merupakan standar yang disusun oleh ASTM International yang menetapkan prosedur untuk persiapan, pembersihan, dan analisis spesimen logam setelah menjalani uji korosi. Standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk korosi dapat dihilangkan dengan metode yang konsisten serta menentukan tingkat kerusakan yang terjadi pada material. Selain itu, ASTM G1-90 juga mengatur langkah-langkah dalam menyiapkan spesimen sebelum pengujian korosi dan mengevaluasi laju korosi dengan pendekatan kehilangan massa (*mass loss*) serta pengukuran *pitting* (lubang korosi) [16].

2.12 Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik adalah metode untuk menguji sifat mekanis suatu bahan dengan memberikan gaya yang berlawanan arah hingga bahan mengalami peregangan. Pengujian ini bertujuan untuk memahami karakteristik kekuatan material dan sering digunakan sebagai dasar dalam analisis ketahanan bahan [17].

Selama proses pengujian, bahan akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi akibat pergeseran butiran kristalnya hingga ikatan antar kristal terlepas saat mencapai gaya maksimum. Tahapan deformasi hingga bahan putus dapat dipantau melalui uji tarik, yang hasilnya ditampilkan dalam bentuk

kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya yang diberikan dan perpanjangan yang terjadi pada spesimen [17]. Kurva tegangan rengangan dapat dilihat pada Gambar 2.7:

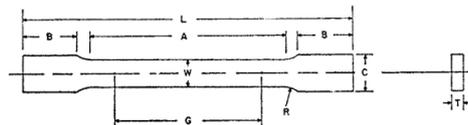


Gambar 2.6 Kurva Tegangan Regangan [17]

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui dari kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik [17].

2.13 ASTM E-8

ASTM E8 merupakan standar yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) yang berfokus pada metode uji tarik untuk material logam guna menentukan karakteristik mekaniknya. Standar ini banyak diterapkan dalam bidang manufaktur, teknik material, serta penelitian untuk mengukur parameter seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, dan reduksi luas penampang suatu material [18]. Dimensi pada spesimen dapat dilihat pada Gambar 2.8:



	Dimensions		
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	Subsize Specimen 6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gauge length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Gambar 2.7 Dimension Test Spesimen [18]

(Sumber: ASTM E-8,2018)

2.14 Metalografi

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari struktur mikro logam dan paduannya dengan bantuan alat seperti mikroskop optik, mikroskop elektron, atau jenis mikroskop lainnya. Struktur mikro suatu logam sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat materialnya, terutama sifat mekaniknya [19].

Metalografi dikenal sebagai ilmu logam, merupakan bidang studi yang meneliti karakteristik serta struktur logam pada skala mikro dengan menggunakan mikroskop cahaya. Metalografi terbagi menjadi dua kategori, yaitu makrografi dan mikrografi. Dalam praktiknya, metalografi digunakan untuk menganalisis ukuran butir, distribusi fasa, serta mendeteksi keberadaan kotoran dalam suatu logam [19].

Spesifikasi material yang diperlukan ditentukan berdasarkan hasil analisis metalografi, yang memberikan gambaran mengenai proses yang telah dialami oleh material tersebut. Selain itu, kualitas hasil pengamatan metalografi sangat bergantung pada persiapan permukaan spesimen sebelum dilakukan analisis [19].

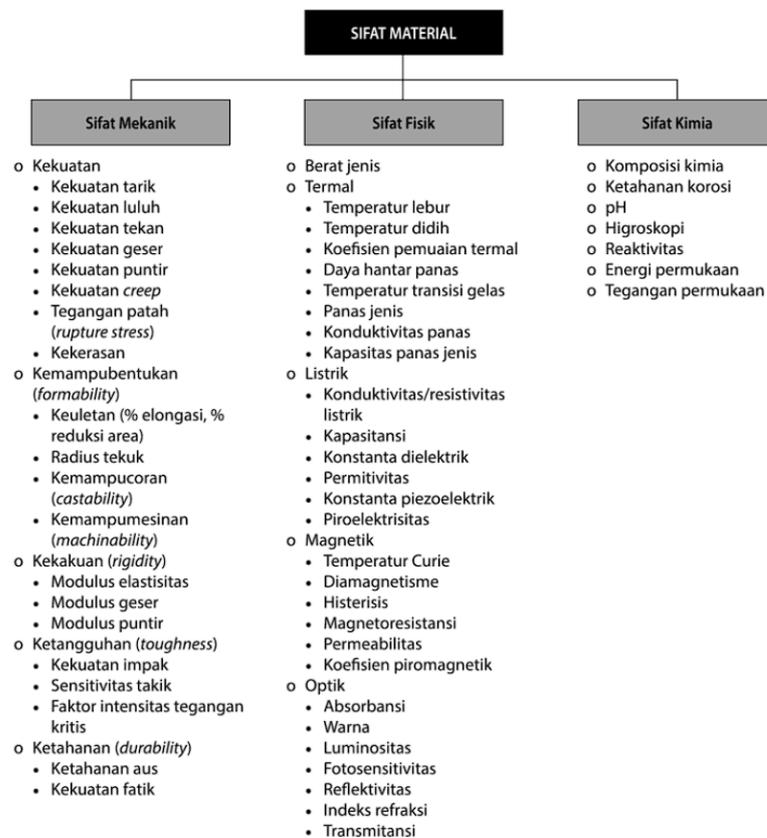
2.15 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan logam merupakan faktor penting dalam menilai mutu suatu produk logam. Tingkat kekasaran ini memiliki keterkaitan erat dengan berbagai sifat produk, seperti sifat mekanik, yang secara langsung memengaruhi kualitas akhir dari produk yang dihasilkan [20]. Tingkat kekasaran pada permukaan logam menjadi salah satu faktor penting dalam menilai kualitas suatu produk logam. Kualitas ini berkaitan dengan bagaimana kekasaran permukaan memengaruhi sifat mekanik, optik, maupun elektrik dari produk yang dihasilkan. Beberapa hal yang memengaruhi nilai kekasaran logam antara lain adalah metode pembentukan logam, proses pemotongan setelah logam terbentuk, kecepatan pemotongan, serta sudut pemotongan yang digunakan [21].

2.16 Sifat Material

Sifat mekanik material mengacu pada respons material terhadap beban mekanik. Sebagai contoh, ketika material diberikan beban kejut, responsnya dapat berbeda-beda. Jika material tersebut langsung patah, maka sifatnya disebut getas. Jika material tersebut mampu mengalami pembengkokan yang signifikan, maka sifatnya adalah ulet. Sementara itu, jika material hanya sedikit bengkok, maka sifatnya disebut tangguh. Berdasarkan interaksi dengan berbagai pengaruh, sifat material dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama [22]:

1. Sifat mekanik, yaitu respons material terhadap beban mekanik.
2. Sifat fisik, yaitu respons material terhadap paparan fisik, seperti cahaya, medan magnet, medan listrik, dan sebagainya.
3. Sifat kimia, yaitu respons material terhadap interaksi dengan zat kimia.



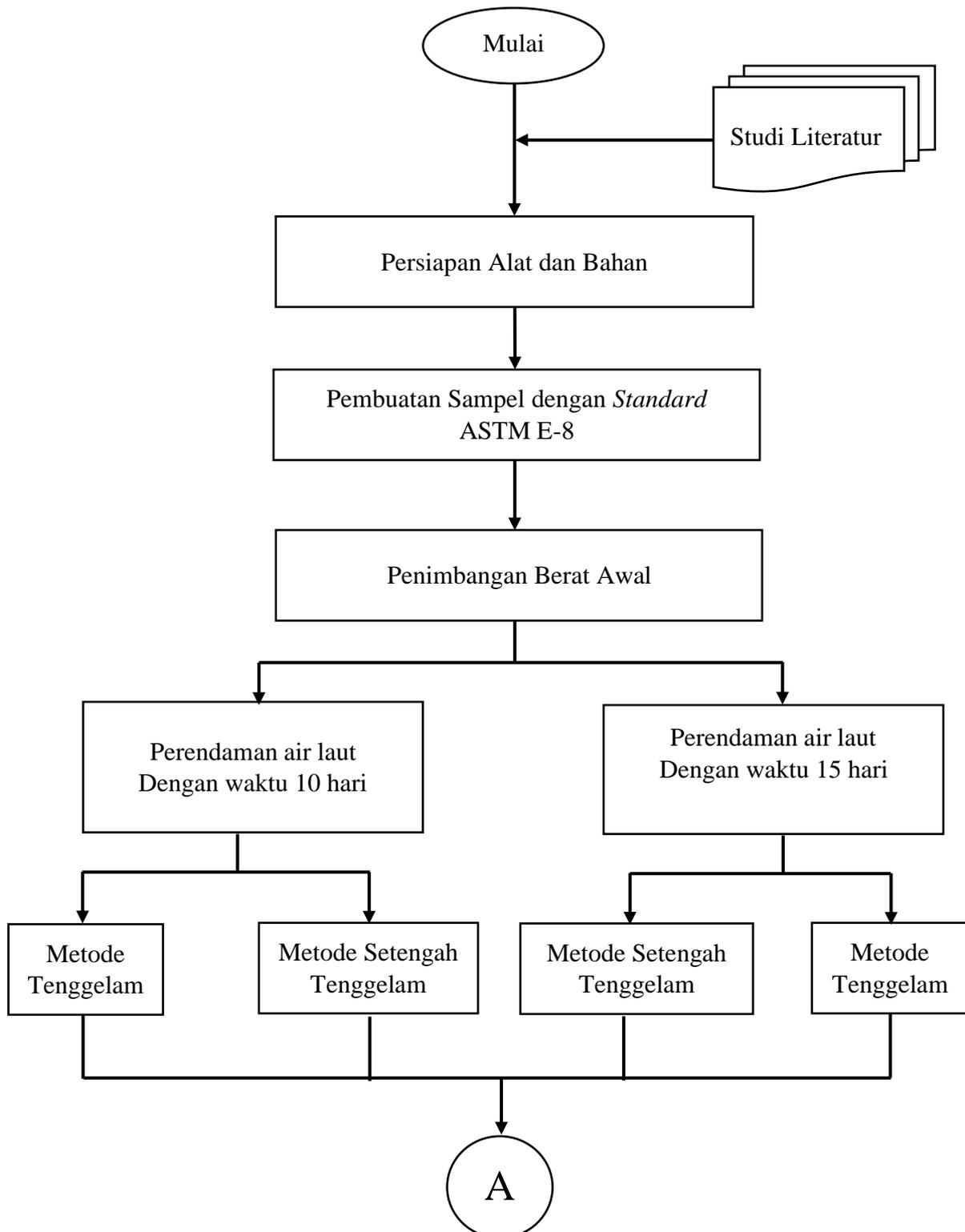
Gambar 2.8 Sifat Material [22]

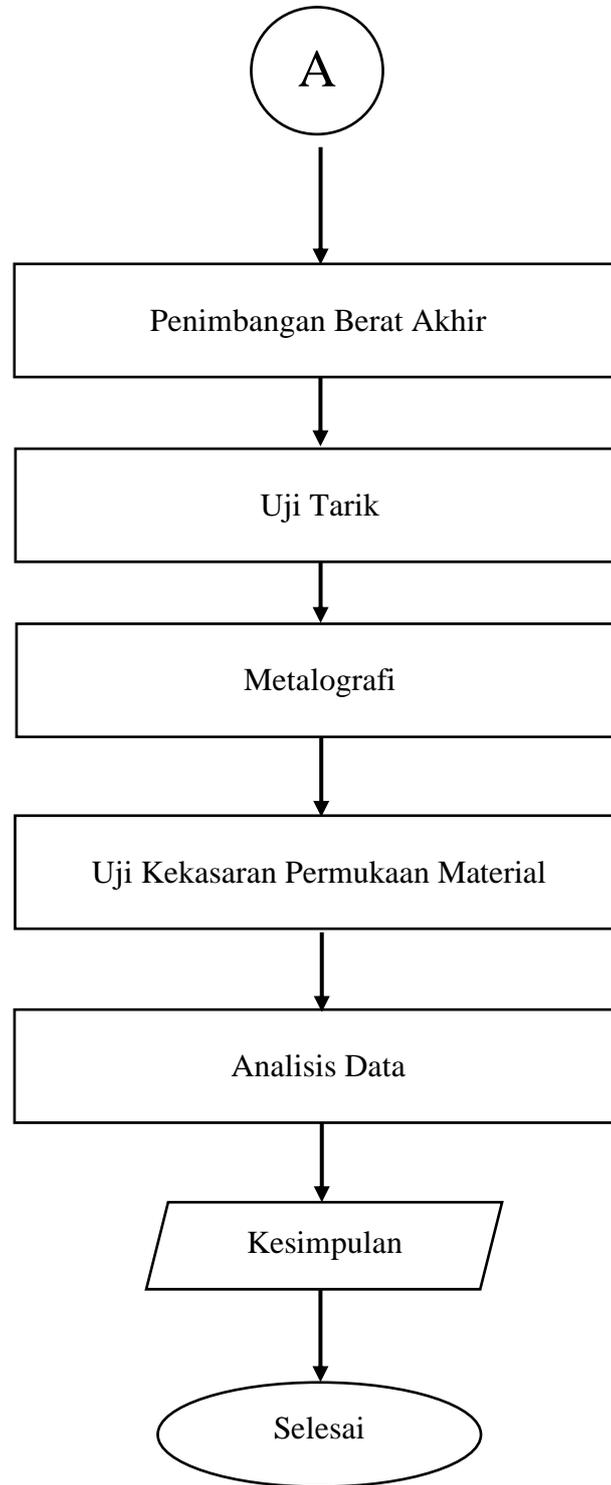
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang berfungsi untuk memberikan gambaran dalam jalannya penelitian yang dilakukan:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir di atas merupakan proses tahap-tahap dalam melakukan penelitian untuk memperoleh data yang diinginkan. Berikut adalah penjelasan diagram alir:

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur digunakan untuk mempelajari referensi dalam penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur ini diambil dari beberapa media yaitu buku, jurnal dan penelitian sebelumnya. Dari studi literatur ini merumuskan beberapa permasalahan yang menjadikan dasar pada penelitian ini.

2. Mempersiapkan Alat dan bahan

Dalam tahap mempersiapkan alat dan bahan ini yaitu menyiapkan material ASTM A36, Wadah, Airlaut dari kawasan industri dan pariwisata, timbangan digital PH Meter dan Refraktor.

3. Pembuatan sampel

Dalam tahap ini yaitu membuat sampel dengan membersihkan sesuai dengan ASTM G1-90.

4. Penimbangan berat awal

Material yang sudah dibuat sampel nya di timbang pada kondisi awal sebelum direndam dengan media air laut, agar dapat di hitung laju korosinya.

5. Perendaman dengan media Air laut

Pada tahap ini material ASTM A36 direndam dengan media air laut yang didapat dari lautan selat sunda yang didapat dari Merak, Banten. Dalam pengujiannya pun dilakukan dengan metode yang berbeda yaitu dengan metode tenggelam dan setengah tenggelam. Untuk waktu perendaman dilakukan dengan waktu 10 dan 15 hari.

6. Penimbangan berat akhir

Pada tahap ini material ASTM A36 yang sudah terkorosi dilakukan post cleaning menggunakan HCL dengan waktu selama 10 menit yang ditujukan untuk membersihkan sisa sisa korosi yang terjadi karena media air laut.

7. Analisa data

Penulis melakukan olah data yang telah didapat pada saat melakukan penelitian dan menganalisa apa saja yang telah menjadi tujuan penelitian.

8. Pengujian tarik

Dalam tahap ini pengujian tensile dibutuhkan untuk mendapatkan nilai Tegangan tarik dan regangan dari material.

9. Metalografi

Untuk mengetahui permukaan material yang sudah terkorosi menggunakan mikroskop optik.

10. Uji kekasaran permukaan material

Untuk mengetahui kekasaran permukaan material setelah terkorosi dan mendapatkan nilai *Roughness average*.

11. Kesimpulan

Setelah melakukan olah data serta menganalisa dari penelitian penulis maka dilakukan kesimpulan sesuai dengan tujuan peneliti. Serta memberikan saran terhadap penelitian tersebut untuk yang melanjutkan ataupun melakukan penelitian.

12. Selesai

Penulis telah selesai dalam melakukan penelitian dengan membuat laporan yang telah disusun secara sistematis.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, yang dimana penelitian ini memerlukan beberapa alat dan bahan yaitu:

3.2.1 Alat

Berikut adalah alat yang digunakan selama proses penelitian berlangsung :

1. Wadah 300 ml

Merupakan alat yang digunakan untuk merendam material dalam uji korosivitas material.



Gambar 3.2 Wadah 300 ml

2. PH Meter

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur PH pada air laut yang menjadi media korosif



Gambar 3.3 PH Meter

3. Refraktometer

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur salinitas atau kadar garam yang ada pada media air laut sebagai media korosif.



Gambar 3.4 Refraktor

4. *Total Dissolve Solid Meter*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat *Total Dissolved Solids* dalam air laut.



Gambar 3.5 *Total Dissolve Solid Meter*

5. Timbangan Digital

Merupakan alat untuk menimbang berat material pada kondisi awal sebelum di rendam dengan media korosi dan setelah direndam



Gambar 3.6 Timbangan Digital

6. *Universal Testing Machine*

Merupakan alat untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik (N/mm^2) dan regangan (mm) pada material yang sudah melalui uji korosi.



Gambar 3.7 *Universal Testing Machine*

7. Tang

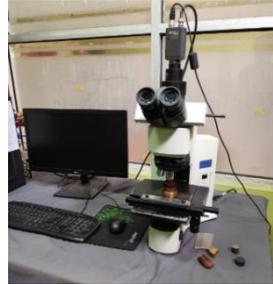
Merupakan alat untuk memegang material saat post cleaning menggunakan larutan HCL.



Gambar 3.8 Tang

8. Mikroskop Optik

Merupakan alat untuk melihat struktur mikro pada permukaan spesimen yang sudah terkorosi



Gambar 3.9 Mikroskop Optik

9. Jangka Sorong

Merupakan alat untuk mengukur luas penampang spesimen yang sudah terkorosi dalam air laut



Gambar 3.10 Jangka Sorong

10. *Roughness Machine*

Merupakan alat untuk menguji kekasaran sebuah material



Gambar 3.11 *Roughness Machine*

10.2.2 Bahan

Berikut adalah alat yang digunakan selama proses peletian berlangsung:

1. *ASTM A36*

Merupakan bahan yang akan digunakan untuk turbin *Savonius* gelombang air laut dan akan diuji kekuatan mekanik dan ketahanan korosif material.



Gambar 3.12 *ASTM A36*

2. Air Laut

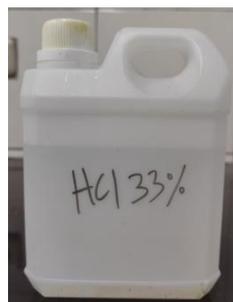
Merupakan bahan yang akan digunakan untuk merendam material dalam uji korosivitas material.



Gambar 3.13 Air Laut

3. Larutan HCl

Merupakan bahan untuk post cleaning pada material yang sudah terkorosi selama 10 menit.



Gambar 3.14 Larutan HCL

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dan melakukan pengamatan pada laju korosi material ASTM A36 dimana menggunakan media air laut yang didapat dari .Setelah itu material akan di direndam dengan air laut dengan metode tenggelam dan setengah tenggelam. Setelah material terkorosi oleh media korosi yaitu alir laut diuji sifat mekaniknya menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik (N/mm^2) dan regangan (mm) serta di uji kekasaran permukaan dari material yang sudah terkorosi menggunakan *roughness machine*.

3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini:

1. Mempersiapkan alat dan bahan, seperti media air laut, material ASTM A36, Air laut pada daerah industri dan pariwisata, wadah, PH Meter, Refraktometer.
2. Membuat sampel, sampel yang akan dibuat sebanyak 12 sampel dengan mengikuti standar sub-size pada ASTM E8 untuk spesimen uji tarik.
3. Menimbang berat awal, sampel yang dibuat akan di timbang pada kondisi awal
4. Merendam media air laut, perendaman dilakukan dengan 2 metode yaitu tenggelam dan setengah tengglam
5. Mencatat data yang didapatkan mulai dari data ph, salinitas serta laju korosi di tiap waktu 10 dan 15 hari
6. Menimbang berat akhir, penimbangan pada berat akhir ini akan menghitung laju korosi yang dihasilkan
7. Menguji material yang sudah terkorosi dengan alat *Universal Testing Machine* dengan uji tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik (N/mm^2) dan regangan (mm).

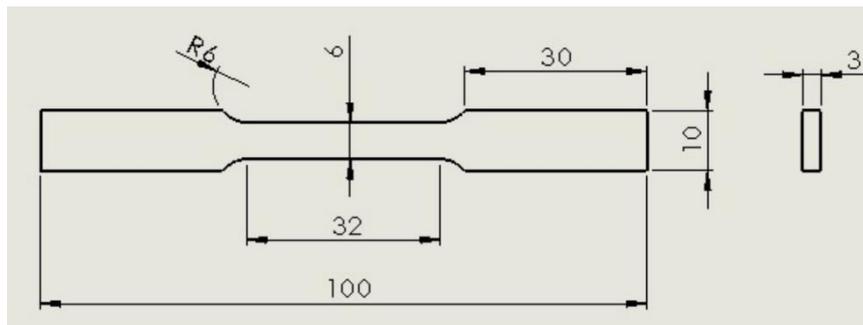
8. Menguji metalografi permukaan material untuk mendapatkan visual permukaan material setelah terkorosi
9. Menguji Material yang sudah terkorosi dengan *roughness machine* untuk mendapatkan nilai Ra (Roughness Average) dari material tersebut.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Dimensi Spesimen

Pada pembuatan spesimen untuk pengujian korosi dan pengujian tarik disesuaikan dengan *standard* ASTM E-8 yang dimana memakai tipe *subsize*. Di bawah ini dimensi spesimen uji korosi dan uji tarik dijelaskan pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Dimensi spesimen ASTM A36

Dalam pembentukan spesimen ini sesuai dengan standar dari ASTM E8 dengan jenis plat baja ASTM A36 dengan kategori *subsize*. Setelah dibentuk menggunakan mata potong menjadi dimensi yang sesuai dengan standar ASTM E8. Di bawah ini adalah spesimen ASTM A36 pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Spesimen ASTM A36

Setelah terbentuk menjadi spesimen dengan sesuai standar ASTM E8, hal yang selanjutnya adalah melakukan pengujian korosi dengan menggunakan media pengkorosi yaitu air laut.

4.2 Parameter Pengujian Air Laut

Dibawah ini adalah parameter pengujian air laut sebagai media pengkorosi material ASTM A36. Dijelaskan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4:

Tabel 4.1 Data Parameter Air Laut Perendaman 15 Hari (Tenggelam)

Perendaman 15 Hari			
Tenggelam			
No.	PH	TDS (PPM)	SALINITAS (%)
1	7.2	8480	62%
2	7.2	8520	63%
3	7.2	8530	63%
Jumlah	21.6	25530	188%
Rata-Rata	7.2	8510	0.627

Tabel 4.2 Data Parameter Air Laut Perendaman 15 Hari (Setengah Tenggelam)

Perendaman 15 Hari			
Setengah Tenggelam			
No.	PH	TDS (PPM)	SALINITAS (%)
1	7.3	8520	63%
2	7.2	8480	62%
3	7.2	8470	63%
Jumlah	21.7	25470	188%
Rata-Rata	7.23	8490	0.627

Tabel 4.3 Data Parameter Air Laut Perendaman 10 Hari (Tenggelam)

Perendaman 10 Hari			
Tenggelam			
No.	PH	TDS (PPM)	SALINITAS (%)
1	7.1	8290	60%
2	7	8290	62%
3	7.3	8300	60%
Jumlah	21.4	24880	182
Rata-Rata	7.13	8293.3	0.61

Tabel 4.4 Data Parameter Air Laut Perendaman 10 Hari (Setengah Tenggelam)

Perendaman 10 Hari			
Setengah Tenggelam			
No.	PH	TDS (PPM)	SALINITAS (%)
1	7.1	8310	60%
2	7.2	8320	62%
3	7.2	8360	60%
Jumlah	21.5	24990	182
Rata-Rata	7.16	8330	0.61

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 parameter PH, TDS dan Salinitas pada perendaman 10 hari dan 15 hari memiliki nilai parameter yang berbeda. Pada perendaman dengan air laut dengan perendaman 15 hari memiliki nilai PH, TDS serta Salinitas yang lebih besar dibandingkan dengan perendaman 10 hari. Pada perendaman selama 10 hari dengan media pengkorosi yaitu air laut dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata PH sebesar 7.16, TDS sebesar 8330 ppm dan salinitas sebesar 61%. Pada perendaman selama 10 hari dengan media pengkorosi yaitu air laut dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata PH sebesar 7.13, TDS sebesar 8293.3 ppm dan salinitas sebesar 61%. Sedangkan Pada

perendaman selama 15 hari dengan media pengkorosi yaitu air laut dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata PH sebesar 7.23, TDS sebesar 8490 ppm dan salinitas sebesar 62.7%. Pada perendaman selama 15 hari dengan media pengkorosi yaitu air laut dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata PH sebesar 7.2, TDS sebesar 8510 ppm dan salinitas sebesar 62.7%. Dalam hal ini nilai PH, TDS dan Salinitas meningkat karena semakin lama perendaman suatu spesimen dapat menyebabkan peningkatan parameter tersebut. Parameter inilah yang menjadi indikasi besarnya nilai laju korosi pada spesimen.

Semakin lama waktu perendaman semakin besar juga parameter PH, TDS dan Salinitas. Pada Selama pengujian air laut Surabaya, terjadi peningkatan salinitas, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) seiring waktu. Pada awal pengujian, salinitas sebesar 30% dengan pH 8,55 dan TDS 729 ppm. Setelah 2 hari, salinitas meningkat menjadi 32%, pH naik menjadi 8,59, dan TDS menjadi 736 ppm. Setelah 4 hari, salinitas bertambah menjadi 34%, pH meningkat menjadi 8,66, dan TDS mencapai 745 ppm. Pada hari ke-6, salinitas mencapai 35%, pH naik menjadi 8,71, dan TDS menjadi 749 ppm. Akhirnya, setelah 8 hari, salinitas mencapai 36%, pH meningkat menjadi 8,74, dan TDS mencapai 751 ppm. Hal ini menunjukkan tren peningkatan parameter kualitas air laut seiring berjalannya waktu [23].

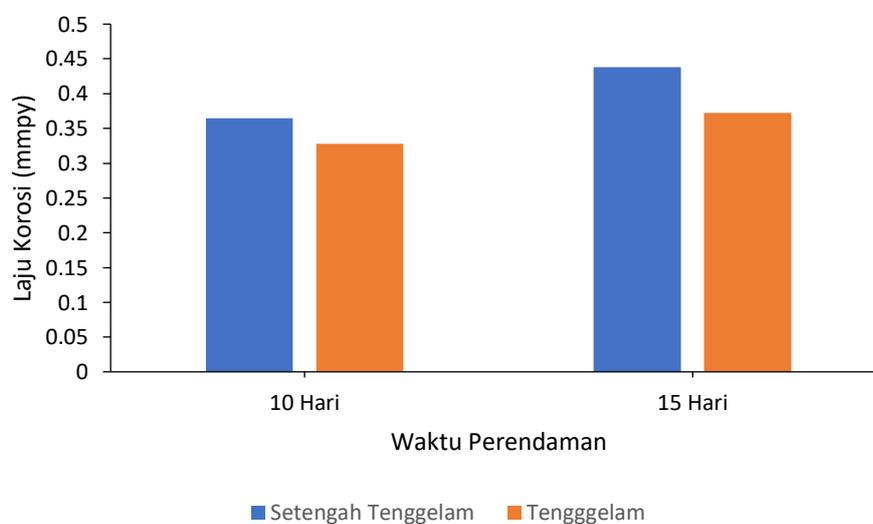
4.3 Hasil Laju Korosi Material

Dari spesimen yang sudah dibuat dengan menggunakan ukuran *sub-size* dengan standard ASTM E8 maka dilakukan pengujian laju korosi. Pada pengujian laju korosi menggunakan rumus yang tertera pada bab sebelumnya maka didapatkan data sebagai berikut untuk waktu 10 hari dan 15 hari. Material baja ASTM A36 direndam dengan media pengkorosi berupa air laut dengan variasi waktu yaitu 15 hari (360 jam) dengan 10 hari (240 jam). Material yang sudah terkorosi dilakukan post cleaning menggunakan larutan HCL selama 10 menit. Dari Tabel 4.1 di dapatkan bahwa metode setengah tenggelam memiliki nilai laju korosi yang lebih besar dibandingkan dengan metode tenggelam. Pada material yang diberikan waktu 15 hari dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.438 mmpy, Sedangkan untuk material yang diberikan waktu 15 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.372

mppy. Untuk variasi waktu berikutnya adalah 10 hari dimana material yang diberikan waktu 10 hari dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.365 mppy, sedangkan untuk material yang diberikan waktu 10 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.328 mppy. Hasil pengujian korosi dijelaskan pada Tabel 4.5:

Tabel 4.5 Data Laju Korosi Material ASTM A36

Spesimen	Waktu (Jam)	Metode	Massa (Gram)		Berat Hilang (Gram)	Laju Korosi (mppy)	Rata Rata (mppy)
			Sebelum	Sesudah			
1	360	setengah tenggelam	25.8	25.45	0.35	0.434	
2	360	setengah tenggelam	25.35	25	0.35	0.434	0.438
3	360	setengah tenggelam	25.75	25.39	0.36	0.446	
4	360	tenggelam	25.8	25.48	0.32	0.396	
5	360	tenggelam	24.66	24.38	0.28	0.347	0.372
6	360	tenggelam	25.4	25.1	0.3	0.372	
10	240	setengah tenggelam	24.09	23.88	0.21	0.390	
11	240	setengah tenggelam	22.75	22.55	0.2	0.371	0.365
12	240	setengah tenggelam	22.23	22.05	0.18	0.334	
7	240	tenggelam	22.35	22.18	0.17	0.315	
8	240	tenggelam	21.35	21.17	0.18	0.334	0.328
9	240	tenggelam	23.1	22.92	0.18	0.334	



Gambar 4.3 Laju Korosi Material ASTM A36

Pada Gambar 4.3 didapatkan bahwa perbandingan nilai laju korosi pada waktu yang lebih lama yaitu 15 hari (360 jam) mendapatkan nilai laju korosi yang lebih besar dibandingkan dengan material yang di rendam dengan waktu 10 hari (240 jam). Hal ini dikarenakan kehilangan berat pada spesimen dengan waktu perendaman 15 hari mengalami kehilangan berat yang lebih besar dibandingkan dengan perendaman waktu 10 hari. Terjadinya kehilangan berat, dikarenakan terkorosinya material, dimana permukaan spesimen mengalami oksidasi sehingga unsur logam yang terdapat pada permukaan spesimen larut kedalam air laut. Faktor ion klorida yang terkandung didalam air laut membuat spesimen terjadi proses oksidasi. Hal ini dikarenakan ion klorida bersifat agresif, sehingga siklus reaksi oksidasi yang terjadi.

Waktu perendaman selama 24 jam, 72 jam, dan 120 jam menunjukkan bahwa spesimen yang direndam selama 120 jam mengalami laju korosi dengan nilai 22.3169 mmpy dibandingkan dengan spesimen yang direndam selama 24 jam mendapatkan laju korosi sebesar 13.6781 mmpy atau 72 jam mendapatkan laju korosi sebesar 16.0778 mmpy. Selain itu, semakin tinggi temperatur air, semakin besar kehilangan berat pada setiap durasi perendaman. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya reaksi kimia dalam lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi [24].

Pada metode setengah tenggelam atau *partial submerge* nilai laju korosi pada material lebih besar dari metode tenggelam atau *submerge* hal itu dikarenakan pada metode setengah tenggelam material terpapar oksigen lebih besar dibandingkan dengan metode tenggelam. Korosi dapat terjadi karena proses oksidasi logam dengan udara atau elektrolit lainnya, dimana udara atau elektrolit tersebut mengalami reduksi, sehingga proses korosi merupakan proses elektrokimia. Hal ini lah yang menyebabkan metode setengah tenggelam memiliki nilai laju korosi yang lebih besar dibandingkan dengan metode tenggelam [25]. Dapat dilihat pada Tabel 4.6 merupakan data luas penampang pada material yang terkorosi:

Tabel 4.6 Data Luas Penampang Material ASTM A36

Spesimen	Waktu (Jam)	Metode	Laju Korosi (mm/y)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)
1	360	setengah tenggelam	0.357	5.81	2.66	15.45
2	360	setengah tenggelam	0.363	5.79	2.68	15.52
3	360	setengah tenggelam	0.367	5.78	2.68	15.49
4	360	tenggelam	0.326	5.85	2.8	16.38
5	360	tenggelam	0.298	5.84	2.62	16.47
6	360	tenggelam	0.311	5.82	2.76	16.06
7	240	tenggelam	0.3	5.95	2.92	17.37
8	240	tenggelam	0.332	5.94	2.98	17.70
9	240	tenggelam	0.308	5.92	2.96	17.52
10	240	setengah tenggelam	0.344	5.83	2.86	16.67
11	240	setengah tenggelam	0.347	5.89	2.8	16.49
12	240	setengah tenggelam	0.321	5.84	2.84	16.59

4.4 Hasil Kekuatan Tarik Material ASTM A36

Setelah dilakukannya pengujian laju korosi, untuk mendapatkan sifat mekanik material membutuhkan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik (N/mm²). Hasil kekuatan uji tarik dijelaskan pada Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Tabel 4.9:

Tabel 4.7 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36

Spesimen ASTM A36	
No.	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
M1	438.59
M2	459.84
M3	454.45
Rata Rata	450.96

Tabel 4.8 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari

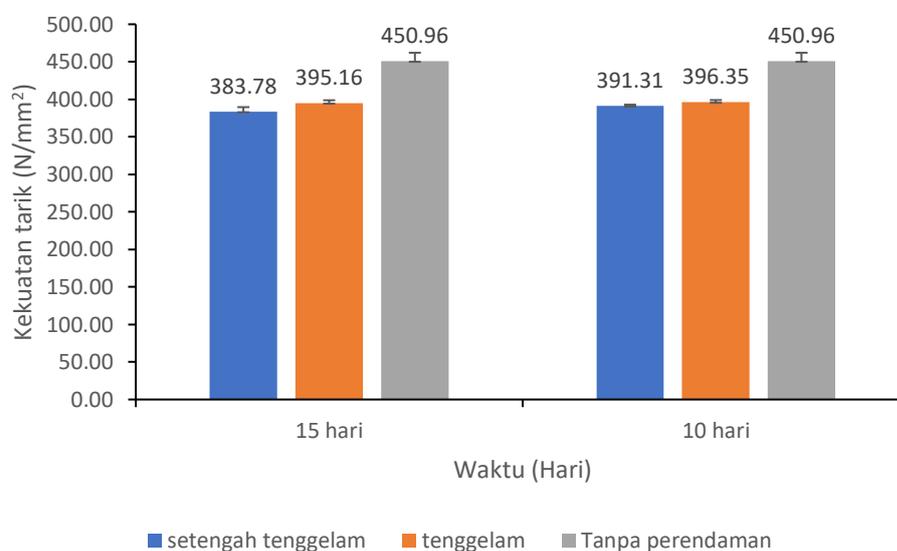
Spesimen	Metode	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Rata rata (N/mm ²)
7	Tenggelam	397.06	
8	Tenggelam	393.42	396,35
9	Tenggelam	398.56	
10	Setengah Tenggelam	393.1	
11	Setengah Tenggelam	390.3	391.3
12	Setengah Tenggelam	390.54	

Tabel 4.9 Data Kekuatan tarik Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari

Spesimen	Metode	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Rata rata (N/mm ²)
1	Setengah Tenggelam	389	
2	Setengah Tenggelam	377.48	383.78
3	Setengah Tenggelam	384.85	
4	Tenggelam	397.06	
5	Tenggelam	391.04	395.16
6	Tenggelam	397.37	

Dari hasil uji tarik di atas dapat terlihat bahwa korosi pada material sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik yang dapat diterima oleh material. Pada material ASTM A36 tanpa perlakuan didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 450.96 N/mm² sedangkan pada material yang sudah terkorosi yaitu dengan variasi waktu 10 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata kekuatan tarik sebesar

396,35 N/mm², dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata kekuatan tarik sebesar 391.3 N/mm². Pada material yang sudah terkorosi yaitu dengan variasi waktu 15 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata kekuatan tarik sebesar 395,16 N/mm², dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata kekuatan tarik sebesar 383.78 N/mm².



Gambar 4.4 Kekuatan tarik Material ASTM A36

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa kekuatan tarik pada material ASTM A36 yang sudah terkorosi memiliki nilai kekuatan tarik yang turun secara signifikan di bandingkan dengan material ASTM A36 tanpa perlakuan. Dapat dilihat pada variasi waktu 10 hari dan 15 hari perendaman menggunakan air laut, mempunyai nilai kekuatan tarik yang kecil dibandingkan dengan material yang tanpa perlakuan. Pada material ASTM A36 tanpa perlakuan didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 450.96 N/mm² sedangkan waktu 10 hari perendaman dengan metode tenggelam memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 396,35 N/mm², dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 391.3 N/mm². Sedangkan untuk material dengan perendaman 15 hari memiliki nilai sebesar metode tenggelam memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 395,16 N/mm², dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 383.78 N/mm². Pada perendaman selama 10 hari, benda yang sepenuhnya tenggelam mengalami penurunan sebesar 12,11%, sementara yang setengah tenggelam mengalami penurunan sebesar

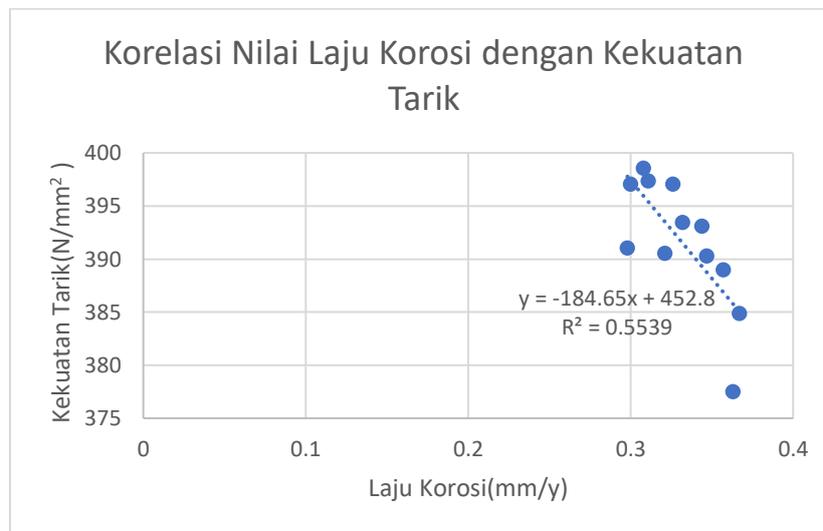
13,23%. Setelah 15 hari perendaman, penurunan nilai pada kondisi setengah tenggelam meningkat menjadi 14,90%, sedangkan pada kondisi tenggelam sepenuhnya, penurunan yang terjadi sebesar 12,37%. Nilai kekuatan tarik pada material yang terkorosi memiliki penurunan dikarenakan luas permukaan yang berkurang akibat pengaruh korosi dari air laut. Dalam hal ini juga waktu perendaman spesimen sangat berpengaruh besar terhadap nilai laju korosi serta kekuatan tarik spesimen.

Tabel 4.10 Data laju korosi, luas penampang dan kekuatan tarik spesimen

Spesimen	Waktu (Jam)	Metode	Laju Korosi (mm/y)	Luas Penampang (mm ²)	Kekuatan tarik (N/mm ²)
1	360	setengah tenggelam	0.357	15.45	389
2	360	setengah tenggelam	0.363	15.52	377.48
3	360	setengah tenggelam	0.367	15.49	384.85
4	360	tenggelam	0.326	16.38	397.06
5	360	tenggelam	0.298	16.47	391.04
6	360	tenggelam	0.311	16.06	397.37
7	240	tenggelam	0.3	17.37	397.06
8	240	tenggelam	0.332	17.70	393.42
9	240	tenggelam	0.308	17.52	398.56
10	240	setengah tenggelam	0.344	16.67	393.1
11	240	setengah tenggelam	0.347	16.49	390.3
12	240	setengah tenggelam	0.321	16.59	390.54

Dapat dilihat pada Tabel 4.10 kekuatan tarik akan mengalami penurunan sesuai dengan lama waktu perendaman. Penurunan kapasitas tarik pada benda uji yang mengalami korosi dibandingkan dengan yang tidak mengalami korosi disebabkan oleh berkurangnya berat benda uji setiap satuan waktu perendaman, berkurangnya luas area permukaan akibat korosi, serta durasi perendaman yang mempengaruhi laju korosi. Rasio kehilangan kuat tarik besi tulangan per satuan waktu perendaman menunjukkan bahwa pada S10, penurunan sebesar 2,57% terjadi dalam 1 hari, 9,91% dalam 1 minggu, dan 22,57% dalam 2 minggu. Pada S13, kehilangan kuat tarik mencapai 2,35% dalam 1 hari, 9,40% dalam 1 minggu, dan 22,92% dalam 2 minggu. Sementara itu, pada S16, penurunan tercatat sebesar 2,40% dalam 1 hari, 11,28% dalam 1 minggu, dan 13,15% dalam 2 minggu [26]. Dari data mengenai laju korosi, luas penampang dan kekuatan tarik dapat dijelaskan

melalui Gambar 4.5 mengenai korelasi nilai laju korosi dengan kekuatann tarik dibawah ini.



Gambar 4.5 Korelasi Nilai Laju Korosi dengan Kekuatan Tarik

4.5 Hasil Regangan Material ASTM A36

Selain kekuatan tarik material dibutuhkan juga nilai regangan pada material yang terkorosi oleh ait laut. Hasil regangan material ASTM A36 pada Tabel 4.11, Tabel 4.12 dan Tabel 4.13:

Tabel 4.11 Data Regangan Material ASTM A36 (Tanpa Perendaman)
Spesimen ASTM A36

No.	Regangan (mm)
1	0.813
2	0.781
3	0.813
Rata Rata	0.802

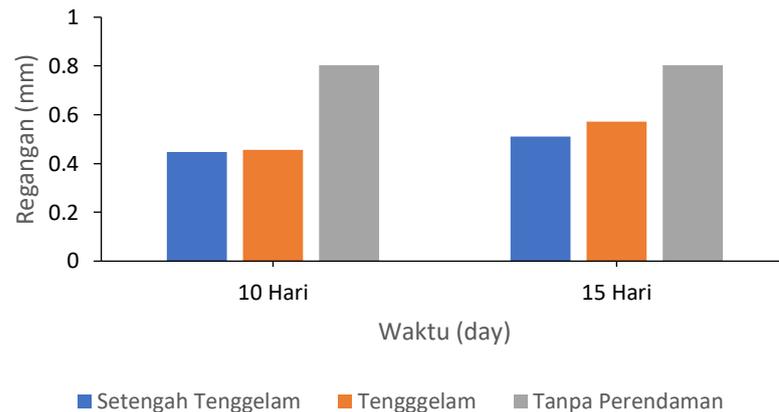
Tabel 4.12 Data Regangan Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari

Spesimen	Waktu	Metode	L0	L1	Regangan	Rata Rata
1	360	setengah tenggelam	32	50	0.563	
2	360	setengah tenggelam	32	48	0.5	0.510
3	360	setengah tenggelam	32	47	0.469	
4	360	tenggelam	32	52	0.625	
5	360	tenggelam	32	50	0.563	0.573
6	360	tenggelam	32	49	0.531	

Tabel 4.13 Data Regangan Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari

Spesimen	Waktu	Metode	L0	L1	Regangan	Rata-Rata
7	240	tenggelam	32	44	0.375	
8	240	tenggelam	32	45	0.406	0.41667
9	240	tenggelam	32	47	0.469	
10	240	setengah tenggelam	32	48	0.5	
11	240	setengah tenggelam	32	46	0.438	0.458
12	240	setengah tenggelam	32	45	0.406	

Dari hasil uji tarik di atas dapat terlihat bahwa korosi pada material sangat berpengaruh terhadap nilai regangan yang didapat. Pada material ASTM A36 tanpa perlakuan didapatkan nilai regangan sebesar 0.802083 mm. Sedangkan pada material yang sudah terkorosi yaitu dengan variasi waktu 10 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata regangan sebesar 0.41667 mm, dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata regangan sebesar 0.44792 mm. Pada material yang sudah terkorosi yaitu dengan variasi waktu 15 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata regangan sebesar 0.57292 mm, dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata regangan sebesar 0.51042 mm.



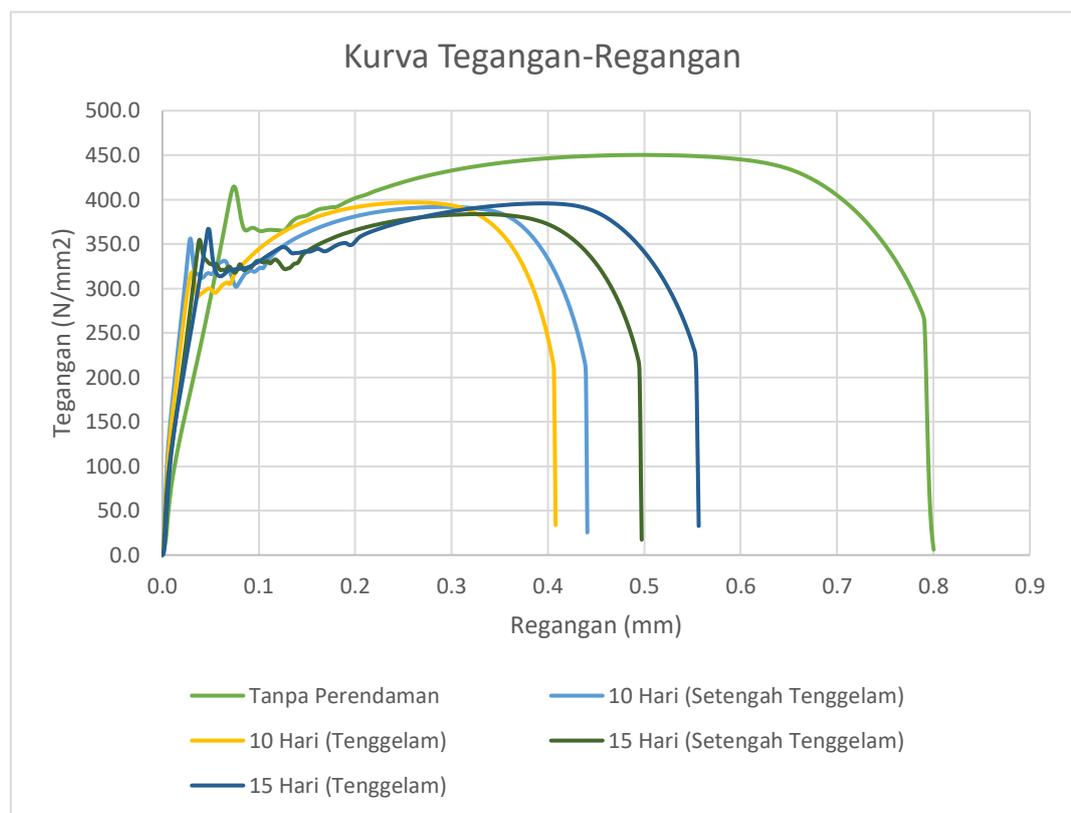
Gambar 4.9 Regangan Material ASTM A36

Pada Gambar 4.9 didapatkan bahwa nilai regangan pada spesimen yang direndam dengan air laut lebih kecil dibandingkan dengan yang tanpa perlakuan. Pada perendaman selama 10 hari, material yang sepenuhnya tenggelam mengalami penurunan regangan sebesar 48,05%, sementara material yang setengah tenggelam mengalami penurunan sebesar 44,16%. Setelah 15 hari perendaman, material yang sepenuhnya tenggelam mengalami penurunan regangan sebesar 28,57%, sedangkan material yang setengah tenggelam mengalami penurunan sebesar 36,36% dibandingkan dengan material tanpa perlakuan. Hal ini disebabkan karena kehilangan berat pada spesimen dan luas penampang yang berkurang.

Nilai regangan pada tiap benda uji mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu perendaman, yang disebabkan oleh berkurangnya berat dan luas permukaan akibat korosi. Pada benda uji S10, nilai regangan menurun sebesar 15,07% dalam 1 hari, 11,73% dalam 1 minggu, dan 7,77% dalam 2 minggu. Sementara itu, pada benda uji S13, penurunan regangan tercatat sebesar 14,3% dalam 1 hari, 8,36% dalam 1 minggu, dan 4,67% dalam 2 minggu. Adapun pada benda uji S16, nilai regangan berkurang sebesar 17,2% dalam 1 hari, 10,67% dalam 1 minggu, dan 9,67% dalam 2 minggu [26].

Hal ini dapat menyebabkan kegetasan pada material ASTM A36. Regangan yang menurun pada material yang sudah terkorosi dapat disebabkan karena *hydrogen embrittlement*. Kerapuhan hidrogen adalah fenomena di mana hidrogen

meresap ke dalam material, menyebabkan penurunan keuletan dan meningkatkan risiko kegagalan. Material dapat mengalami kerapuhan akibat berbagai faktor, salah satunya adalah retak akibat korosi tegangan (*Stress Corrosion Cracking*). Mekanisme kerapuhan hidrogen sendiri dapat berlangsung baik dalam lingkungan cair maupun gas, di mana hidrogen meresap ke dalam logam, sehingga menurunkan keuletan serta kemampuan material dalam menahan beban [27].



Gambar 4.10 Tegangan-Regangan Material ASTM A36

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa setelah material ASTM A36 terkorosi menggunakan air laut dengan waktu perendaman 10 hari dan 15 hari, material mengalami penurunan kekuatan tarik serta regangan secara signifikan. Pada metode setengah tenggelam dan tenggelam berpengaruh pada hasil kekuatan tarik dan regangan, metode setengah tenggelam cenderung memiliki nilai yang lebih menurun dibandingkan dengan metode tenggelam.

4.6 Hasil Pengujian Metalografi

Dari grafik di atas dan data di atas variasi waktu dan metode setengah tenggelam dan tenggelam. sangat berpengaruh terhadap laju korosi material dan

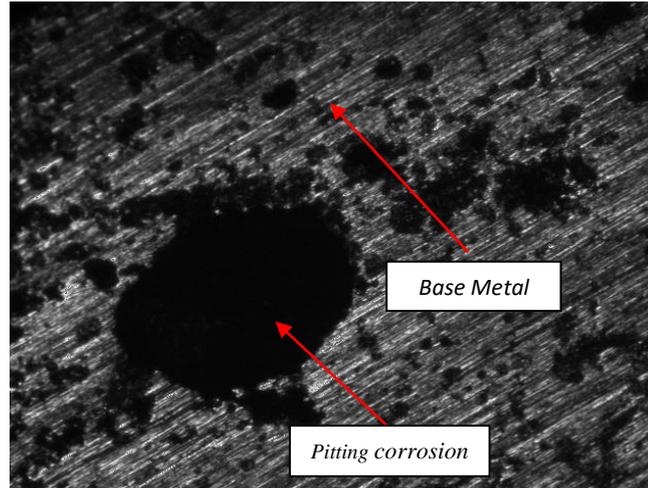
sifat mekanik dari material ASTM A36 berupa kekuatan tarik dan regangan. Pada waktu perendaman 15 hari menggunakan metode setengah tenggelam memiliki nilai laju korosi 0.362 mm/yr dan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 383.78 N/mm², sedangkan dengan metode tenggelam memiliki nilai laju korosi sebesar 0.312 mm/yr dan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 395.16 N/mm². Pada waktu perendaman 10 hari menggunakan metode setengah tenggelam memiliki nilai laju korosi 0.337 mm/yr dan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 391.3 N/mm², sedangkan dengan metode tenggelam memiliki nilai laju korosi sebesar 0.313 mm/yr dan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 396,35 N/mm². Berikut ini adalah morfologi permukaan spesimen:



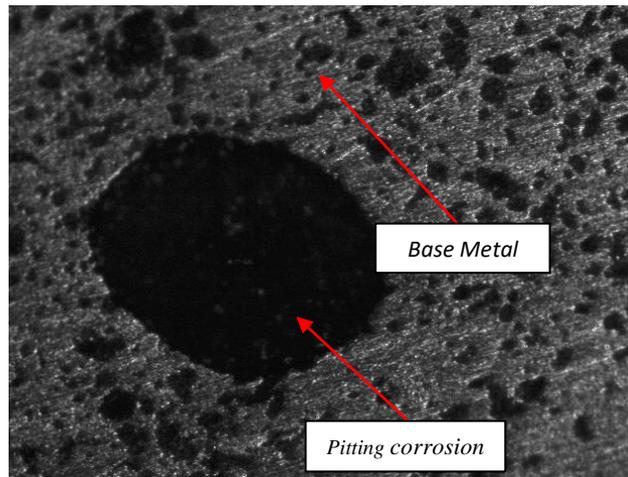
Gambar 4.11 Material ASTM A36 terkorosi (10 hari)



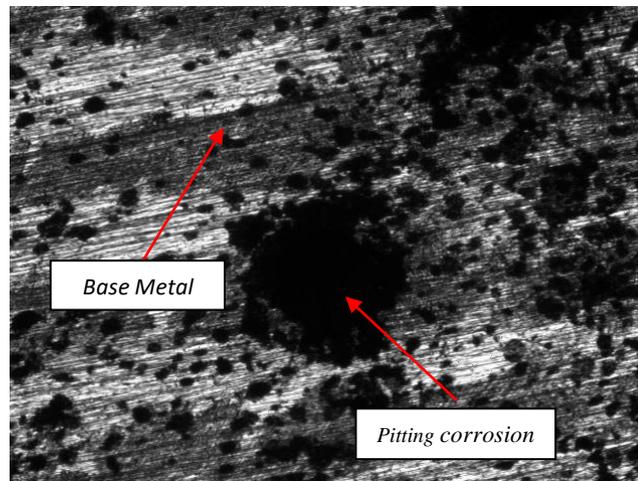
Gambar 4.12 Material ASTM A36 terkorosi (15 hari)



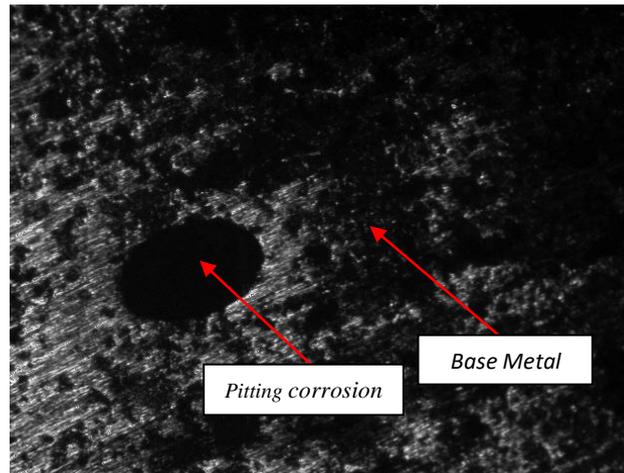
Gambar 4.13 Spesimen dengan perendaman 15 hari (Tenggelam)



Gambar 4.14 Spesimen dengan perendaman 15 hari (Setengah Tenggelam)



Gambar 4.15 Spesimen dengan perendaman 10 hari (Setengah Tenggelam)



Gambar 4.16 Spesimen dengan perendaman 10 hari (Tenggelam)

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 sampai gambar 4.16 Terlihat bahwa terjadi korosi *pitting* pada material yang terkorosi dengan air laut. Hal ini lah yang menyebabkan material ASTM A36 mengalami penurunan nilai kekuatan tarik material dikarenakan pada material yang terkorosi terjadi *pitting corrosion*, jika dibandingkan dengan yang tidak diberikan perlakuan. *Pitting corrosion* disebabkan oleh media air laut yang dimana adalah korosi local secara selektif menyerang bagian permukaan yang selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik [25]. Korosi sumuran adalah bentuk korosi yang paling merusak dibandingkan jenis lainnya. Korosi ini lebih berbahaya dan merusak dibandingkan korosi umum karena terjadi di area kecil (pit) yang sulit dideteksi tetapi memiliki dampak besar terhadap integritas struktural [28].

4.7 Hasil Pengujian Kekasaran

Dalam pengujian kekasaran berikut ini dilakukan untuk mengetahui kekasaran permukaan setelah terjadinya korosi. berikut ini dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15:

Tabel 4.14 Data Kekasaran Material ASTM A36 dengan Perendaman 10 Hari
Perendaman 10 hari

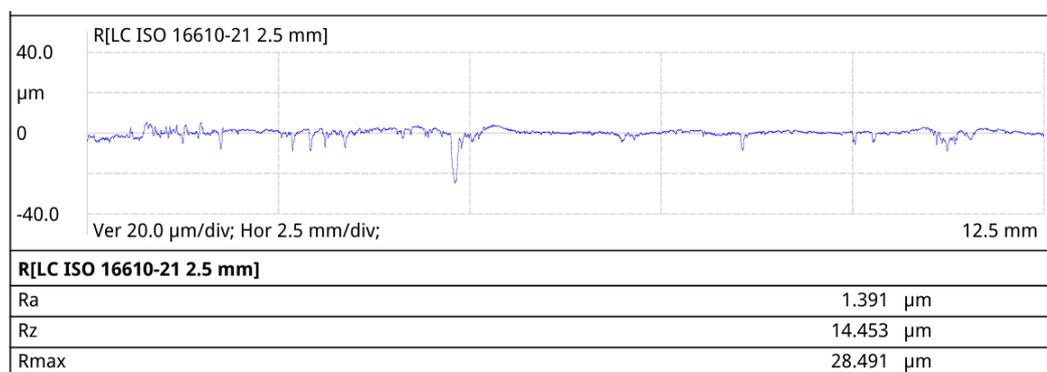
Spesimen	Metode	Ra (μm)	Rata-Rata
7	Tenggelam	1.292	
8	Tenggelam	1.391	1.336
9	Tenggelam	1.324	
10	Setengah Tenggelam	1.656	
11	Setengah Tenggelam	1.497	1.751
12	Setengah Tenggelam	2.099	

Tabel 4.15 Data Kekasaran Material ASTM A36 dengan Perendaman 15 Hari
Perendaman 15 hari

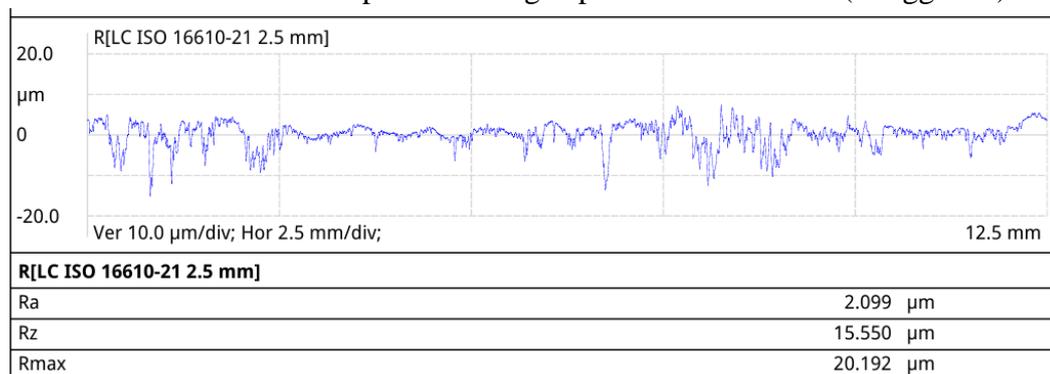
Spesimen	Metode	Ra (μm)	Rata-Rata
1	Setengah Tenggelam	10.712	
2	Setengah Tenggelam	5.575	11.274
3	Setengah Tenggelam	17.534	
4	Tenggelam	2.917	
5	Tenggelam	2.554	2.533
6	Tenggelam	2.128	

Pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa nilai kekasaran material ASTM A36 setelah terkorosi memiliki nilai kekasaran yang berbeda sesuai dengan waktu perendaman dengan media air laut. Pada perendaman 15 hari memiliki nilai *Roughness Average* yang lebih besar di bandingkan dengan perendaman 10 hari. Pada perendaman 15 hari dengan metode setengah tenggelam

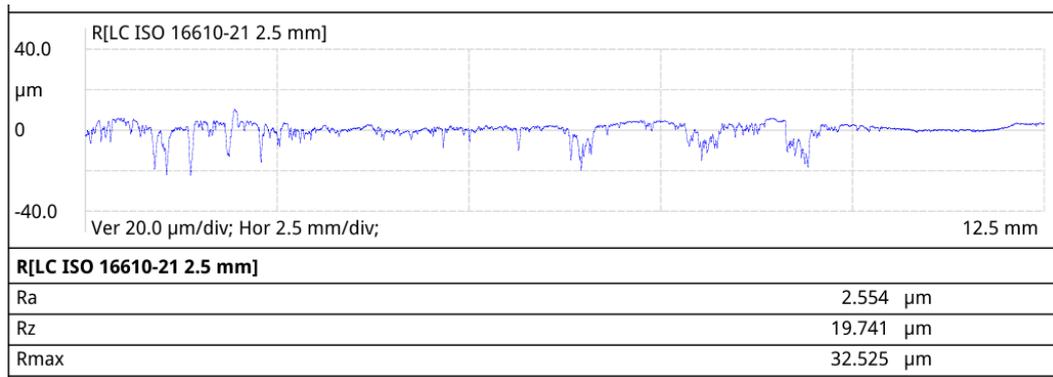
memiliki nilai *Roughness Average* sebesar 11.274 μm , Pada perendaman 10 hari dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai *Roughness Average* sebesar 1.751 μm , sedangkan untuk metode tenggelam memiliki nilai *Roughness Average* sebesar 1.336 μm . Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai laju korosi yang dihasilkan oleh waktu perendaman 15 dan 10 hari. Pada waktu perendaman 15 hari memiliki nilai laju korosi yang lebih besar dari waktu perendaman 10 hari. Sehingga material ASTM A36 yang mengalami waktu perendaman 15 hari menggunakan air laut memiliki korosi yang lebih besar dibandingkan material ASTM A36 yang mengalami waktu perendaman 10 hari. Hal ini disebabkan oleh luas kontak lapisan yang teroksidasi pada perendaman 15 hari lebih besar dibandingkan dengan waktu perendaman 10 hari. Dapat dilihat pada gambar 4.13 hingga gambar 4.16



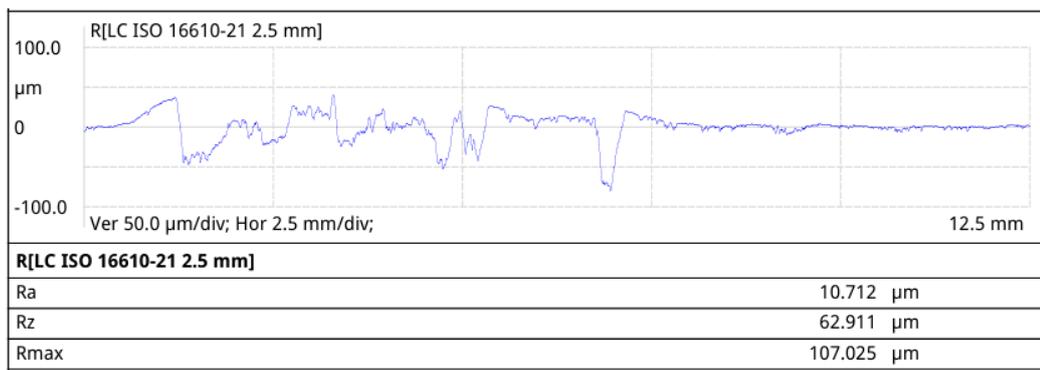
Gambar 4.17 Spesimen dengan perendaman 10 hari (Tenggelam)



Gambar 4.18 Spesimen dengan perendaman 10 hari (Setengah Tenggelam)



Gambar 4.19 Spesimen dengan perendaman 15 hari (Tenggelam)



Gambar 4.20 Spesimen dengan perendaman 15 hari (Tenggelam)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses penelitian dan pengambilan data dari pengujian korosi, sifat mekanik serta metalografi dan kekasaran, diperoleh kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Material baja ASTM A36 yang direndam dengan air laut memiliki variasi waktu yang berbeda yaitu 15 hari (360 jam) dan 10 hari (240 jam). Pada waktu 15 hari dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.438 mmpy, sedangkan untuk material yang diberikan waktu 15 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.372 mmpy. Untuk variasi waktu 10 hari dengan metode setengah tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.365 mmpy, sedangkan untuk material yang diberikan waktu 10 hari dengan metode tenggelam memiliki nilai rata rata laju korosi sebesar 0.328 mmpy.
2. Korosi memiliki jenis-jenis yang berbeda, pada penelitian ini spesimen dengan material ASTM A36 terjadi korosi sumur (*pitting corrosion*). *Pitting corrosion* disebabkan oleh media korosi air laut yang dimana menyerang permukaan material. Korosi sumur berdampak pada kekuatan mekanik pada material ASTM A36. Korosi sumur merupakan jenis korosi yang paling merusak karena menyebabkan permukaan material memiliki lubang sehingga berkurangnya ketebalan di bagian tertentu material ASTM A36.
3. Material yang direndam selama 10 dan 15 hari mengalami penurunan kekuatan tarik dan regangan akibat korosi. Pada perendaman 10 hari, kekuatan tarik material tenggelam turun 12,11% dan setengah tenggelam turun 13,23%. Setelah 15 hari, penurunan menjadi 12,37% tenggelam dan 14,90% setengah tenggelam. Regangan juga menurun, dengan penurunan 48,05% tenggelam penuh dan 44,16% setengah tenggelam setelah 10 hari, serta 28,57% dan 36,36% setelah 15 hari. Degradasi ini disebabkan oleh berkurangnya luas permukaan dan berat spesimen akibat reaksi korosi.

5.2 Saran

Dari penelitian kali ini peneliti memiliki beberapa saran yang dapat menjadi perbaharuan kedepannya:

1. Dalam membuat spesimen menggunakan *plasma cutting* agar spesimen uji tarik yang digunakan menjadi lebih rapih dan presisi
2. Dapat menambahkan variasi mengenai cat anti korosi pada turbin agar memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah.
3. Dapat menambahkan variasi waktu yang lebih lama dalam pengujian korosi.
4. Dapat membuat sistem aliran dalam pengujian korosi, agar sesuai dengan pengaplikasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, “Peta Potensi Energi Laut Indonesia,” p. 92, 2022.
- [2] D. T. Suprayogi, H. Setiawan, A. Habibie, M. Adjie, and F. A. Rahman, “Development of Savonius Rotor Based on Bezier Curve for Vertical Axis Marine Current Turbine at Sunda Strait, Hindia Ocean,” *Eng. Innov.*, vol. 11, pp. 69–74, 2024, doi: 10.4028/p-tvv8pq.
- [3] F. Gapsari, *Pengantar Korosi*. Malang: UB Press, 2017. [Online]. Available:
https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=FFpVDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA198&dq=korosi&ots=DTS58em2n9&sig=5KK4zBEoJldU6W MiQp5xadS3Qro&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [4] S. Sudirman and H. Santoso, “Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, p. 255, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i2.9073.
- [5] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, “An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades,” *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 297–304, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.03.259.
- [6] Ruzita Sumiati, Khairul Amri, and Hanif, “Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal Di Daerah Kecepatan Angin Rendah,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2014*, no. November, p. 1, 2014.
- [7] W. Suprpto, *Baja dan Aplikasinya*. Malang: Universitas Brawijaya Press, 2023. [Online]. Available:
https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=njPuEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=baja&ots=xm1xKPeFFV&sig=GQM_jMSs-Bjlq8vbrV-DppY4tw8&redir_esc=y#v=onepage&q=baja&f=false
- [8] S. R. Fiaz, “Classification of Steel,” no. 2010, pp. 1–11, 2011.
- [9] M. Faizal and S. Umam, “Analisis Kekuatan Dan Kualitas Sambungan Las Dengan Variasi Pendinginan Oli Dan Udara Pada Material Astm a36

- Dengan Pengujian Ndt (Non Destructive Test),” *Bina Tek.*, vol. 14, no. 2, p. 131, 2018, doi: 10.54378/bt.v14i2.338.
- [10] M. F. Farkhani, H. Purwanto, and M. Dzulfikar, “Analisis Laju Korosi Pada Meterial Baja Astm a36 Akibat Pengaruh Sudut Bending Dan Aliran Media Korosi H₂So₄ 10%,” *J. Ilm. Momentum*, vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.36499/mim.v16i2.3761.
- [11] R. M. Yusron, *Fenomena Korosi dari Berbagai Perpektif*, 1st ed. Malang: Media Nusa Creative, 2019.
- [12] A. S. Ariyanto, K. Kunci, : Korosi, and B. Tulangan, “Korosi pada Baja Tulangan dan Pencegahannya (Studi Kasus Gedung Ruko Yos Sudarso Square Semarang),” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 3036–3041, 2022.
- [13] A. Z. Syaiful, J. Dwita, R. Batu, P. T. Kimia, F. Teknik, and U. Bosowa, “Analisis Laju Korosi Dan Lifetime,” *J. Univ. Bosowa, Makasar, Indones.*, pp. 1–14, 2022.
- [14] Irwan, *Korosi dan Pengendaliannya di Industri*, 1st ed. Yogyakarta: CV ANDI Offset, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/KOROSI_DAN_PENGENDALIA_NNYA_DI_INDUSTRI/S5UNEQAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=korosi&pg=PR9&printsec=frontcover
- [15] B. Utomo, “Jenis korosi dan penanggulangannya,” vol. 6, no. 2, pp. 138–141, 2009.
- [16] A. G1-90, “ASTM G1-90 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens,” vol. 90, no. Reapproved, 1999.
- [17] V. Bhaskara Sardi, S. Jokosisworo, and H. Yudo, “Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [18] ASTM E8, “ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials,” *Annu. B. ASTM Stand.* 4, no. C, pp. 1–27, 2010, doi: 10.1520/E0008.

- [19] V. N. Fikri Al Muhaemin, Iwan Nugraha Gusniar, "Tensile Test Analysis and Microstructure Observation of Shielded Metal Arc Welding S45C," vol. 22, no. 1, pp. 65–78, 2022.
- [20] M. Auinger, P. Ebbinghaus, A. Blümich, and A. Erbe, "Effect of surface roughness on optical heating of metals," *J. Eur. Opt. Soc.*, vol. 9, 2014, doi: 10.2971/jeos.2014.14004.
- [21] B. Budiana, F. Nakul, N. Wivanius, B. Sugandi, and R. Yolanda, "Analisis Kekasaran Permukaan Besi ASTM36 dengan menggunakan Surfctest dan Image –J," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 49–54, 2020, doi: 10.30871/jaee.v4i2.2747.
- [22] B. T. Sofyan, *Pengantar Material Teknik Edisi II*. Jakarta: UNHAN RI PRESS, 2021.
- [23] F. D. Saputro and D. Sutjahjo, "VARIASI MEDIA PENGKOROSI DAN WAKTU TERHADAP LAJU KOROSI PADA LOGAM BAJA RENDAH KARBON (MILD STEEL) DENGAN PEMODELAN KONDISI SIRIP KEMUDI KAPAL Faizal Dwi Saputro E-mail : faizalsaputro@mhs.unesa.ac.id Abstrak," 2018.
- [24] Y. Hamdani and W. Marthiana, "Analisis Laju Korosi Pada Baja Astm a36 Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Perendaman Dalam Aliran Air Laut," *Abstr. dan J. Tek. Mesin Wisuda ke 80*, vol. 22, no. 2, 2023.
- [25] T. Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, *KOROSI DAN PERLINDUNGAN MATERIAL*, vol. 7, no. 2. 2020.
- [26] M. R. Kurniawan, D. Pertiwi, H. Istiono, J. Propika, and I. Komara, "Studi Pengaruh Korosi Terhadap Kapasitas Tarik Besi Tulangan," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 1–7, 2023.
- [27] H. H. Johnson, "Hydrogen embrittlement," *Science (80-.)*, vol. 179, no. 4070, pp. 228–229, 1973, doi: 10.1126/science.179.4070.228-c.
- [28] K. V. Akpanyung and R. T. Loto, "Pitting corrosion evaluation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1378, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1378/2/022088.

LAMPIRAN

A. Perhitungan Laju Korosi

Rumus Yang digunakan:

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

K = Konstanta (mm/y) = 8.76×10^4 (mm/year)

T = Waktu Perendaman (hours)

A = Luas Penampang (cm²)

W = kehilangan berat (Gram)

D = Densitas (g/cm³) = 7.86 g/cm³

a. Perendaman 10 Hari (Tenggelam)

1. Spesimen No.7

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.17}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.316 \text{ mm/year}$$

2. Spesimen No.8

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.18}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.334 \text{ mm/year}$$

3. Spesimen No.9

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.18}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.334 \text{ mm/year}$$

b. Perendaman 10 Hari (Setengah Tenggelam)

1. Spesimen No.10

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.21}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.390 \text{ mm/year}$$

2. Spesimen No.11

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.2}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.371 \text{ mm/year}$$

3. Spesimen No.12

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.18}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.334 \text{ mm/year}$$

c. Perendaman 15 Hari (Setengah Tenggelam)

1. Spesimen No.1

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.35}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.434 \text{ mm/year}$$

2. Spesimen No.2

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.35}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.434 \text{ mm/year}$$

3. Spesimen No.3

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.36}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.446 \text{ mm/year}$$

d. Perendaman 15 Hari (Tenggelam)

1. Spesimen No.4

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.32}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.396 \text{ mm/year}$$

2. Spesimen No.5

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.28}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.347 \text{ mm/year}$$

3. Spesimen No.6

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{8.76 \times 10^4 \times 0.3}{25 \times 240 \times 7.86} = 0.372 \text{ mm/year}$$

B. Perhitungan Regangan

Spesimen	Waktu	Metode	L0	L1	Regangan	Rata-Rata
1	360	Setengah Tenggelam	32	50	0.563	0.510
2	360	Setengah Tenggelam	32	48	0.5	
3	360	Setengah Tenggelam	32	47	0.469	
4	360	Tenggelam	32	52	0.625	0.573
5	360	Tenggelam	32	50	0.563	
6	360	Tenggelam	32	49	0.531	
7	240	Tenggelam	32	44	0.375	0.417
8	240	Tenggelam	32	45	0.406	
9	240	Tenggelam	32	47	0.469	
10	240	Setengah Tenggelam	32	48	0.5	0.448
11	240	Setengah Tenggelam	32	46	0.438	

12	240	Setengah Tenggelam	32	45	0.406	
----	-----	-----------------------	----	----	-------	--

a. Perendaman 10 Hari

1. Spesimen No.7

$$\text{Regangan} = \frac{44-32}{32} = 0.375 \text{ mm}$$

2. Spesimen No.8

$$\text{Regangan} = \frac{45-32}{32} = 0.406 \text{ mm}$$

3. Spesimen No.9

$$\text{Regangan} = \frac{47-32}{32} = 0.469 \text{ mm}$$

4. Spesimen No.10

$$\text{Regangan} = \frac{48-32}{32} = 0.5 \text{ mm}$$

5. Spesimen No.11

$$\text{Regangan} = \frac{46-32}{32} = 0.563 \text{ mm}$$

6. Spesimen No.12

$$\text{Regangan} = \frac{45-32}{32} = 0.406 \text{ mm}$$

b. Perendaman 15 Hari

1. Spesimen No.1

$$\text{Regangan} = \frac{50-32}{32} = 0.563 \text{ mm}$$

2. Spesimen No.2

$$\text{Regangan} = \frac{48-32}{32} = 0.5 \text{ mm}$$

3. Spesimen No.3

$$\text{Regangan} = \frac{47-32}{32} = 0.469 \text{ mm}$$

4. Spesimen No.4

$$\text{Regangan} = \frac{52-32}{32} = 0.625 \text{ mm}$$

5. Spesimen No.5

$$\text{Regangan} = \frac{50-32}{32} = 0.563 \text{ mm}$$

6. Spesimen No.6

$$\text{Regangan} = \frac{49-32}{32} = 0.531 \text{ mm}$$

C. Data Hasil Uji Tarik

C:\TACT\LotData\lot00000026

3/11/2025



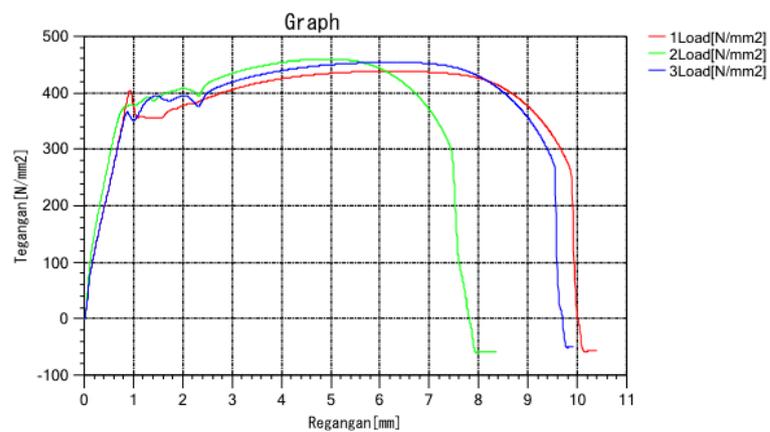
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



Test date	2025/01/08
Temperature	28 C
Humidity	
Sample name	ASTM A36
Lot number	3
Operation conditions	Tanpa Perlakuan
User	Duta Senopati Rabbani
Operator	Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Up
Distortion mode	Tensile
Test speed (Si)	30mm/min



	Elastic modulus MPa	Youngs modulus MPa	Max point Stress MPa	Max point Stress N/mm2	Upper yield point Stress MPa
1	77772	77772	438.59	438.59	403.89
2	89615	89615	459.84	459.84	378.44
3	14645	14645	454.45	454.45	366.30

C:\FACTV\LotData\lot00000030

3/11/2025



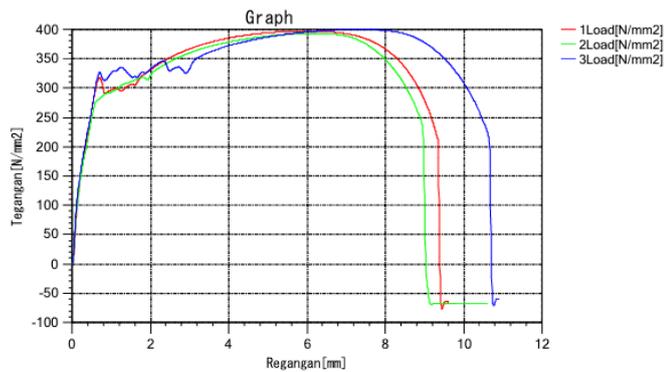
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



Test date	2025/01/10
Temperature	28 c
Humidity	
Sample name	ASTM A36 (10 HARI)
Lot number	3
Operation conditions	TENGGELAM
User	Duta Senopati Rabbani
Operator	Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Up
Distortion mode	Tensile
Test speed(Si)	30mm/min



	Elastic modulus MPa	Youngs modulus MPa	Max point Stress MPa	Max point Stress N/mm2	Upper yield point Stress MPa
1	81519	81519	397.06	397.06	318.53
2	78576	78576	393.52	393.52	305.06
3	82916	82916	398.56	398.56	330.68

C:\FACTV\LotData\lot00000031

3/11/2025



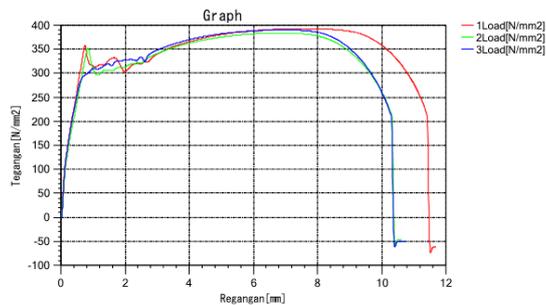
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



Test date	2025/01/10
Temperature	28 c
Humidity	
Sample name	ASTM A36 (10 hari)
Lot number	
Operation conditions	SETENGAH TENGGELAM
User	Duta Senopati Rabbani
Operator	Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Up
Distortion mode	Tensile
Test speed(Si)	30mm/min



	Elastic modulus MPa	Youngs modulus MPa	Max point Stress MPa	Max point Stress N/mm2	Upper yield point Stress MPa
1	85819	85819	393.10	393.10	357.18
2	14063	14063	390.30	390.30	351.18
3	14150	14150	390.54	390.54	310.80

C:\TACT\LotData\lot00000027

3/10/2025



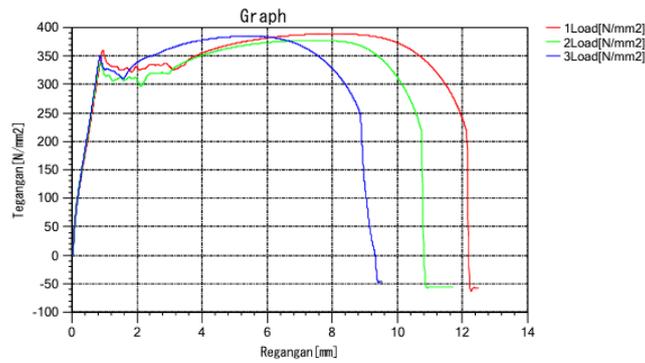
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



Test date	2025/01/08
Temperature	28 c
Humidity	
Sample name	ASTM A36 (15 hari)
Lot number	3
Operation conditions	SETENGAH TENGGELAM
User	Duta Senopati Rabbani
Operator	Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Up
Distortion mode	Tensile
Test speed(Si)	30mm/min



	Elastic modulus MPa	Youngs modulus MPa	Max point Stress MPa	Max point Stress N/mm ²	Upper yield point Stress MPa
1	69558	69558	389.00	389.00	359.73
2	67202	67202	377.48	377.48	339.05
3	65941	65941	384.85	384.85	350.75

C:\TACT\LotData\lot00000029

3/10/2025



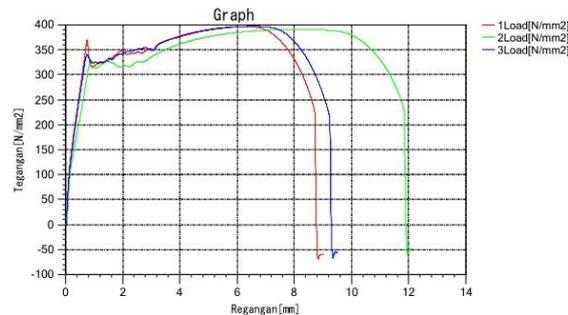
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



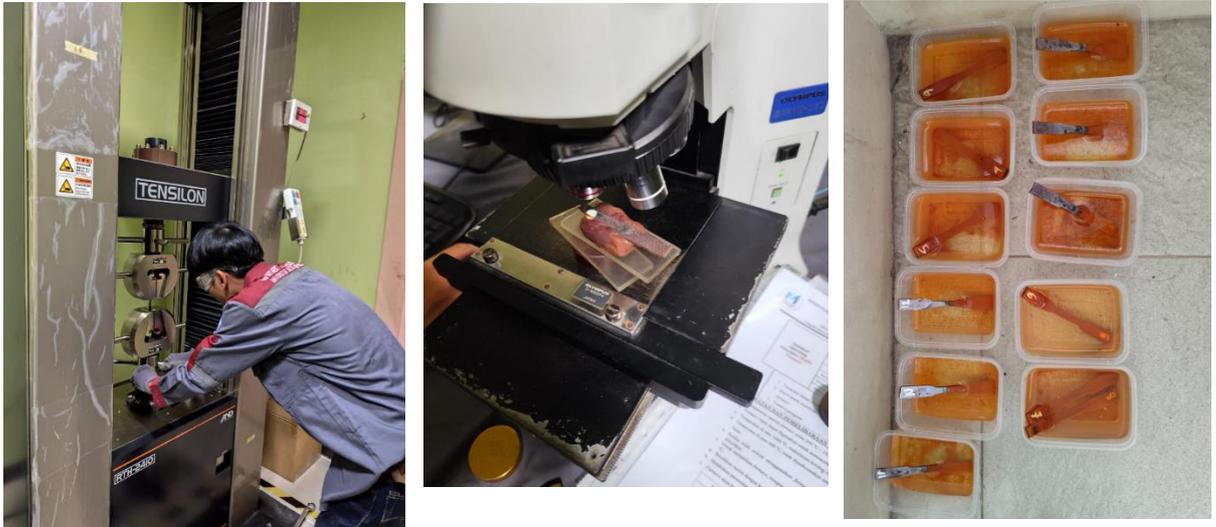
Test date	2025/01/10
Temperature	28 C
Humidity	
Sample name	ASTM A36 (15 hari)
Lot number	3
Operation conditions	TENGGELAM
User	Duta Senopati Rabbani
Operator	Mirza Hanan

Operation mode	Single
Moving direction	Up
Distortion mode	Tensile
Test speed(Si)	30mm/min



	Elastic modulus MPa	Youngs modulus MPa	Max point Stress MPa	Max point Stress N/mm ²	Upper yield point Stress MPa
1	74412	74412	397.06	397.06	368.14
2	67307	67307	391.04	391.04	328.43
3	93120	93120	397.37	397.37	339.97

D. Dokumentasi Penelitian



E. Standar Operasional dalam Pengujian

1. Uji tarik (*Universal Testing Machine*)
 - a. Menyiapkan spesimen uji dengan mengukur dimensi dari spesimen sesuai dengan ASTM E-8
 - b. Menyalakan sekering utama kelistrikan untuk alat *Universal Testing Machine*
 - c. Menyalakan alat UTM dengan menekan tombol *on* dan tunggu dalam beberapa detik
 - d. Menyalakan komputer lalu buka *software* UTM
 - e. Memasang spesimen pada *cross head* yang ada pada mesin UTM
 - f. Mengatur kecepatan penarikan menjadi 30 mm/min.
 - g. Mengatur setting break pada *software* UTM.
 - h. Mengatur dimensi yang ada pada *software* sesuai dengan spesimen ASTM A36.
 - i. Mengatur nilai yang diinginkan yaitu *Max point*, *Young modulus*, *Elastic modulus* dan *upper yield point*.
 - j. Memulai pengujian dengan menekan tombol start pada *software*
 - k. Setelah hasil keluar tekan *lot end* dan selesai
 - l. Merapihkan kembali setelah selesai

2. Uji Korosi (Metode Kehilangan Berat)
 - a. Menyiapkan alat dan bahan untuk pengujian korosi
 - b. Melakukan penimbangan berat awal
 - c. Merendam spesimen menggunakan metode setengah tenggelam dan tenggelam
 - d. Tunggu selama 15 hari dan 10 hari
 - e. Setelah terkorosi material dilakukan *post cleaning* agar dapat ditimbang berat akhir material setelah terkorosi
 - f. Melakukan penimbangan berat akhir
 - g. Menghitung nilai laju korosi sesuai dengan standar ASTM G190
3. Uji Kekasaran
 - a. Menyiapkan spesimen untuk uji kekasaran
 - b. Menyalakan alat uji kekasaran
 - c. Menempelkan pada spesimen.
 - d. Memulai pengujian kekasaran dengan menekan tombol start pada alat.
 - e. Menyimpan data yang sudah di uji kekasaran.
 - f. Setelah didapatkan hasilnya di save dan dimatikan