TUGAS AKHIR – MO.141326

ANALISA SISTEM ICAF (*IMPRESSED CURRENT ANTI FOULING*) DALAM MEREDUKSI FOULING KERANG TERHADAP *BOX COOLER FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING* DENGAN VARIASI JARAK DAN ARUS LISTRIK

NOVIAN ANDIKA PRATAMA

NRP 0431154.0000.120

DOSEN PEMBIMBING:

Herman Pratikno, S.T.,M.T.,Ph.D

Harmin Sulistyaning Titah, S.T.,M.T.,Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA SISTEM ICAF (*IMPRESSED CURRENT ANTI FOULING*) DALAM MEREDUKSI FOULING KERANG TERHADAP *BOX COOLER FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING* DENGAN VARIASI JARAK DAN ARUS LISTRIK TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NOVIAN ANDIKA PRATAMA **NRP. 04311540000120**

Disetejui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)

.....

2. Hamin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 2)

.....

3. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Penguji 1)

.....

4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 2)

.....

5. Sholihin, S.T., M.T. (Penguji 3)

.....

SURABAYA, 04 AGUSTUS 2020

ANALISA SISTEM ICAF (*IMPRESSED CURRENT ANTI FOULING*) DALAM MEREDUKSI FOULING KERANG TERHADAP *BOX COOLER FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING* DENGAN VARIASI JARAK DAN ARUS LISTRIK

Nama : Novian Andika Pratama

NRP : 04311540000120

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Analisa tentang sistem mesin pendingin FPSO dari korosi yang terjadi dikarenakan adanya penempelan kerang teritip pada pendingin mesin kapal. dengan metode Impressed Current Anti Fouling (ICAF). Pada penelitian ini menggunakan Baja AH 36 sebagai katoda dan Tembaga (Cu) sebagai anoda. Kerang teritip dalam penelitian ini menggunakan jenis Chthamalus stellatus. Variasi yang digunakan adalah jarak katoda anoda dan arus listrik yaitu: jarak 10cm arus listrik 9 ampere, jarak 20cm arus listrik 11 ampere dan jarak 30cm arus listrik 13 ampere. Dalam pengujian ini didapatkan hasil percobaan pertama jarak 10cm arus listrik 9 ampere dalam waktu 8 menit, percobaan kedua jarak 20cm arus listrik 11 ampere dalam waktu 18 menit dan pada jarak 30cm arus listrik 13 ampere dalam waktu 27 menit. Sehingga dapat dikatakan jarak dan arus yang paling efektif yaitu percobaan pertama dengan jarak 10cm arus listrik 9 ampere. Ini dikarenakan ion (Cu) pada tembaga membutuhkan waktu yang lebih cepat menuju kerang teritip. sedangkan pada jarak 30cm membutuhkan waktu yang paling lama karena ion (Cu) membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menjangkau kerang teritip.

ICAF (IMPRESSED CURRENT ANTI FOULING) SYSTEM ANALYSIS IN REDUCING SHELLFISH FOULING AGAINST BOX COOLER FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING WITH VARIATIONS IN DISTANCE AND ELECTRIC

Nama : Novian Andika Pratama

NRP : 04311540000120

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

Analysis of the FPSO engine cooling system from corrosion that occurs due to the attachment of barnacle shells to the ship's engine coolant. with the Impressed Current Anti Fouling (ICAF) method. In this study using AH 36 Steel as a cathode and Copper (Cu) as an anode. Barnacle shells in this study used the type of Chthamalus stellatus. The variations used are the distance of the anode cathode and electric current, namely: a distance of 10cm of electric current 9 amperes, distance of 20cm of electric current 11 amperes and distance of 30cm of electric current 13 amperes. In this test the first experimental results obtained a distance of 10 cm 9 amperes of electric current within 8 minutes, the second experiment distance of 20 cm of 11 amperes of electric current within 18 minutes and at a distance of 30 cm of 13 amperes of electric current within 27 minutes. So that it can be said the most effective distance and current is the first experiment with a distance of 10cm 9 amperes of electric current. This is because the ions (Cu) in copper need a faster time to reach the barnacle shells. whereas at a distance of 30cm it takes the longest time because the ion (Cu) takes longer to reach barnacle shells.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta tak lupa sholawat serta salam senantiasa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Judul yang diambil pada Tugas Akhir ini adalah "Studi Eksperimen Analisa Sistem ICAF (*Impressed Current Anti Fouling*) Dalam Mereduksi Fouling Kerang Terhadap *Box Cooler Floating Production Storage and Offloading* Dengan Variasi Jarak dan Arus Listrik".

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis tidak lepas dari kesulitan yang disebabkan karena keterbatasan ilmu dan waktu. Berkat dukungan semangat dan doa dari berbagai pihak yang selalu mendampingi penulis, akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini memuat semua aspek mulai dari latar belakang, gagasan awal, teori pendukung, metodologi penelitian, analisa dan pembahasan serta kesimpulan dan saran.

Untuk itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai sebuah apresiasi yang berharga untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini serta dapat menjadi koreksi bagi semua pihak yang nantinya memanfaatkan Tugas Akhir ini sebagai bahan referensi dalam penelitian selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan dalam bidang Teknik Kelautan serta bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2020

Novian Andika Pratama

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, semangat, dukungan moral dan spiritual dengan tulus dan ikhlas dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dan kemudahan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua tersayang, Bapak Anwar Mustofa dan Ibu Ratih Eka Prihatini yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, doa serta materi dan segalanya bagi penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing pertama dan Kepala Departemen Teknik Kelautan FTK ITS yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing kedua dan Sekertaris Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dengan sabar dan ikhlas selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc, Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Sholihin, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk penulis demi kebaikan dan kelancaran Tugas Akhir ini.
6. Rosaflia Asmara Putri sebagai pendamping hidup dan penyemangat penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

ABSTRAK .....
ABSTRACT i
KATA PENGANTAR ii
UCAPAN TERIMA KASIH iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR vi
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1Latar Belakang Masalah 1
1.2Perumusan masalah 3
1.3Tujuan Penelitian 3
1.4Manfaat Penelitian 4
1.5Batasan Masalah 4
BAB II 5
DASAR TEORI 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Baja 6
2.2.2 Baja HSLA Grade AH 36 7
2.2.3 Korosi 9
2.2.4 Jenis-jenis Korosi 11
2.2.5 Korosi Biologi (*Biological Corrosion*) 13
2.2.7 Penghambatan Korosi akibat Organisme atau *Bio-Fouling* 14
2.2.8 *Sacrificial Anodes* 15
2.2.9 ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) 16
2.2.10 ICAF (*Impressed Current Anti Fouling*) 17
2.2.11 Anoda Proteksi 18
BAB III 21
METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1Metode Penelitian 21
3.2 Penjelesan Diagram Alir Penelitian 22
3.2.1 Studi Literatur 22

3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan Eksperimen 23
3.2.5 Eksperimen ICAF 24
3.2.6 Pengujian ICAF 25
3.2.7 Perhitungan kerang teritip 26
3.2.8 Analisa Data Eksperimen 26
3.2.9 Kesimpulan dan Saran 27
BAB IV 28
ANALISIS DAN PEMBAHASAN 28
4.1 Impressed Current Anti Fouling *(ICAF)* 28
BAB V 45
KESIMPULAN DAN SARAN 45
5.1Kesimpulan 45
5.2Saran 45
DAFTAR PUSTAKA 47
LAMPIRAN A DOKUMENTASI EKSPERIMEN 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1Korosi sistem pendingin kapal….....2
Gambar 2.1 Baja AH 36……..…….....…..7
Gambar 2.2 Tembaga/ *Copper*..... 12
Gambar 2.3 Sistem Anoda Korban 13
Gambar 2.4 Sistem Arus Paksa..... 14
Gambar 2.5 Ilustrasi ICAF pada sistem pendingin di Seachest Kapal 15
Gambar 2.6 Anoda Tembaga 15
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas.....19
Gambar 3.2 Kerang Chthamalus stellatus.....21
Gambar 3.3 Alat ICAF.....22
Gambar 4.1 Steker dari ICAF sederhana (lingkaran kuning).....25
Gambar 4.2 Sakelar dari ICAF.....25
Gambar 4.3 *Fuse Glass Tube* (lingkaran merah).....26
Gambar 4.4 Trafo Induk.....27
Gambar 4.5 *Dioda Bridge/ Rectifier* 2 buah (lingkaran kuning).....28
Gambar 4.6 Elco *atau kapasitor* pada alat ICAF (lingkaran kuning).....28
Gambar 4.7 salah satu bentuk Transistor yang dipakai pada alat ICAF (lingkaran kuning).....29
Gambar 4.8 Rangkaian *Digital Controller* (lingkaran kuning)..... 30
Gambar 4.9 *Display Digital Controller* 30
Gambar 4.10 Letak *potensiometer* pada ICAF penelitian (lingkaran merah pengatur *Ampere*) dan (lingkaran kuning pengatur *voltage*) 30
Gambar 4.11 jarak 10 cm……37
Gambar 4.12 arus lisrik……...37
Gambar 4.13 jarak 20 cm……38
Gambar 4.14 arus listrik……..38
Gambar 4.15 jarak 30 cm……39
Gambar 4.16 arus listrik……..39
Gambar 4.17 perbandingan waktu……..42

DAFTAR TABEL

4.1 Tabel jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere……..40

4.2 Tabel jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere……....40

4.3 Tabel jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere……41

4.4 Tabel Kerang mati per-menitnya jarak 10 cm……..42

4.5 Tabel Kerang mati per-menitnya jarak 20 cm……..43

4.6 Tabel Kerang mati per-menitnya jarak 30 cm……..44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Minyak dan gas bumi merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting. Hal ini membuat permintaan kebutuhan produksi minyak terus meningkat. Sehingga perlu adanya perawatan pada infrastruktur yang telah ada. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, memudahkan transport minyak dan gas semakin mudah.

Untuk transportasi minyak dan gas pada pengeboran lepas pantai terdapat dua cara yaitu dengan menggunakan transportasi kapal dan menggunakan pendistribusian pipa bawah laut. Salah satu kapal transportasi minyak dan gas adalah FPSO (Floating Production Storage and Offloading). FPSO untuk saat ini dinilai efektif dalam dunia perminyakan. Namun pada FPSO terdapat beberapa kekurangan. Sebagian besar FPSO terbuat dari material logam baja.

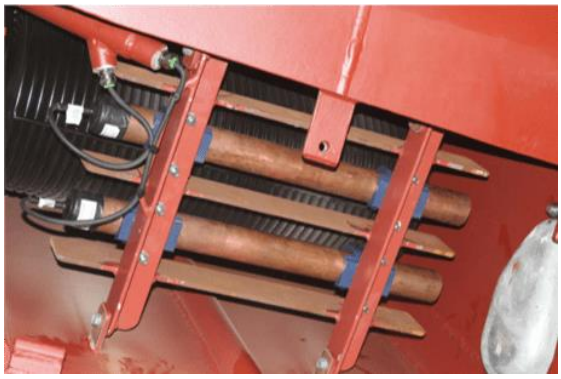
Pada material logam baja terdapat kelebihan yaitu lebih kuat dari material besi, aluminium, tembaga. Selain itu baja juga memiliki kekurangan yaitu masalah korosi atau perkaratan. salah satu penyebab baja mengalami korosi adalah air laut. Laju korosi pada logam baja di lingkungan air laut sangat cepat. Ini desebabkan air laut terdapat senyawa asam dan senyawa-senyawa organik pada organisme yang membuat logam cepat berkarat.

Penyebab korosi atau berkaratnya pada konstruksi kapal adalah *Fouling* umumnya didefinisikan sebagai pengendapan dan akumulasi bahan yang tidak

diinginkan sebagai skala, ganggang, padatan tersuspensi dan garam yang tidak larut pada permukaan internal atau eksternal (Ibrahim, 2012).

Fouling juga terdapat pada mikroba yang membuat peningkatan konsentrasi oksigen pada material logam atau lebih dikenal dengan istilah *biofouling*. Terdapatnya sistem pendingin kapal sangat rentan terhadap adanya biofouling. Hal tersebut sangat merugikan bagi ketahanan mesin kapal.

ICAF adalah singkatan dari (*impressed current anti fouling*). Fungsinya untuk mencegah atau menghambat tumbuhnya fouling, dimana dalam hal ini disebabkan oleh biota laut, seperti teritip, kerang, ganggang, dan jenis tumbuhan laut lainnya. Fouling ini sangatlah merugikan karena menempel pada lambung kapal sehingga bisa menambah tahanan kapal (Marison Ferianto, 2012).



Gambar 1.1 Korosi sistem pendingin kapal

(Sumber: http://www.shipsonic.nl/cleantech/box-cooler/, diakses 12 februari 2020)

Sistem pendingin anti korosi pada mesin kapal belum banyak yang dikembangkan, karena biaya perawatan serta inspeksi yang mahal saat melakukan *maintenance* maka untuk menangani masalah tersebut dilakukan sistem ICAF (*Impressed Current Anti Fouling*). Sistem ICAF secara umum jarang dipakai pada kapal – kapal di Indonesia. Sebenarnya penerapan sistem ICAF sangat sederhana,

hanya menggunakan anoda – katoda serta arus listrik. Prinsip ICAF sendiri menggunakan perbedaan tegangan yang dipicu secara artifisial antara tembaga (Cu) sebagai anoda dan pelat baja sebagai katoda. Logam Cu telah terbukti mengurangi keberhasilan reproduksi, tingkat pertumbuhan dan kelimpahan banyak spesies (Hall, Scott and Killen 1998). Penelitian mengenai seberapa efektif sistem tersebut membunuh suatu *fouling* masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak dan arus yang paling efektif untuk membunuh organisme *fouling*, terutama pada bakteri penyebab korosi pada kapal akibat bertumbuhnya bakteri – bakteri tersebut. pada eksperimen ini menggunakan dua variabel yaitu eksperimen jarak_(10, 20, dan 30cm) dan arus listrik yang digunakan (0.5, 1.0, dan 1.5 ampere). Eksperimen ini menggunakan jenis kerang *Chthamalus stellatus* sebagai objek, dengan alasan kerang tersebut memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap laju pertumbuhan korosi pada logam.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan. Rumusan masalah yang perlu dilakukan untuk mendapatkan solusi dari permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa jarak efektif katoda - anoda pada ICAF agar kerang teritip mati?
2. Berapa besar arus listrik efektif pada ICAF agar kerang teritip mati?
3. Bagaimana penerapan hasil uji coba ICAF?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang tertera di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jarak efektif katoda – anoda pada ICAF ketika kerang teritip mati.
2. Menentukan besar arus listrik efektif pada ICAF ketika kerang teritip mati.
3. Menentukan hasil dari uji coba ICAF pada kondisi yang sebenarnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil eksperimen ini, diharapkan dapat berguna dan bermafaat bagi pengunaan sistem ICAF pada cooling box kapal yang mengunakan air laut sebagai sistem pendingin kapal supaya laju korosi yang disebabkan kerang *fouling* dapat dilumpuhkan pada jarak yang paling efektif

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah adalah sesuatu yang dibatasi dalam penelitian ini sehingga dapat membantu dalam tujuan penelitian. Berikut merupakan batasan - batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Pada rangkaian listrik yang digunakan eksperimen mengunakan *power supply* DC
2. Arus yang digunakan adalah 9, 11 dan 13 ampere dikarenakan *output* dari ICAF minimal 0.01 ampere serta maksimal 13 ampere
3. Variasi jarak yang dilakukan pada eksperimen kali ini adalah 10, 20, dan 30 cm
4. Katoda dan anoda yang digunakan pada eksperimen yaitu menggunakan tembaga sebagai anoda dan baja AH 36 sebagai katoda atau lapisan yang dilindungi
5. Kerang yang digunakan pada eksperimen ini adalah *Chthamalus stellatus*
6. Salinitas air laut pada pengujian 3.5%

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi dilepas pantai, sangat mengandung risiko besar dalam implementainya. Terutama masalah kekuatan struktur platform, kekuatan struktur platform paling banyak terjadi adalah masalah korosi. Penelitian kali ini berupa analisa dan eksperimen pada ICAF (Impressed Current Anti Fouling) yang masih jarang, namun pada ICAF dan ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) terdapat kesamaan yaitu: sebagai pengganti sistem Sacrificial Anodes membuat ICAF bagus untuk diteliti lebih lanjut. Berikut ini adalah referensi yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini:

1. Marison Ferianto (2012) memiliki jurnal yang membahas tentang analisa pemakaian ICAF sebagai pencegah fouling pada sistem pendingin kapal dengan menganalisa data yang tersedia. Beliau menyebutkan bahwa arus listrik yang dibutuhkan untuk mengaliri penampang sebesar 13m2 adalah 1,04 Ampere.
2. Wiludin dan Soepomo (2013) yang meneliti bahwa sistem ICCP dari sistem SACP dari segi ekonomis maintenance selama 20 tahun, sistem ICCP unggul hanya melakukan pengecekan ringan arus setiap minggu menggunakan voltmeter, sedangkan pada sistem SACP harus melakukan penggantian anode setiap 2 tahun sekali.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (Mn), krom (Cr), vanadium (V), dan nikel (Ni). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk (Davis, 1982).Berdasarkan kandungan karbon, (Beumer, 1994) membuat baja dibedakan menjadi:

1. Baja Karbon rendah (0,05% - 0,35% C) digunakan untuk kawat, baja profil, dan ulir baut.
2. Baja Karbon Menengah (0,35% - 0,50% C) digunakan untuk rel kereta api, as roda gigi dan lain-lain.
3. Baja Karbon Tinggi (0,50% - 1,7% C) digunakan untuk perkakas potong, gergaji, pisau dan bagian yang tahan gesekan.

Kadar karbon mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap mutu baja. Baja dengan kadar karbon 0,1 – 0,35% tidak dapat dikeraskan (dipijarkan dan didinginkan tiba-tiba). Baja dengan kadar karbon rendah mempunyai nilai kekerasan yang rendah pula. Makin rendah kadar karbonnya maka baja tersebut makin lunak dan mudah ditempa, sebaliknya makin tinggi kadar karbonnya maka makin besar pula nilai kekerasannya. Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut Schonmetz (1985) terdapat 3 bentuk utama kristal saat karbon mengadakan ikatan dengan besi, yaitu :

1. Ferit, yaitu besi murni (Fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan baja yang paling lunak, ferrit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
2. Karbid besi (Fe3C), suatu senyawa kimia antara besi dengan karbon sebagai struktur tersendiri yang dinamakan sementit. Peningkatan kandungan karbon akan menambah kadar sementit. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.
3. Perlit, merupakan campuran antara ferrit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Struktur perlitis mempunyai kristal ferrit tersendiri dari serpihan sementit halus yang saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel

2.2.2 Baja HSLA Grade AH 36

Mesin Pendingin kapal biasanya terbuat dari baja HSLA (*High Steel Low Alloy)*, High strength low alloy (HSLA) adalah jenis baja paduan yang

memberikan sifat mekanik yang lebih baik atau resistensi besar terhadap korosi dari baja karbon. Baja HSLA bervariasi dari baja lain bahwa HSLA Steel tidak dibuat untuk memenuhi komposisi kimia tertentu melainkan untuk sifat mekanik khusus. HSLA Steel memiliki kandungan karbon antara 0,05-0,25% untuk mempertahankan sifat mampu bentuk dan mampu las. Elemen paduan lain mencakup hingga 2,0% jumlah mangan dan kecil dari tembaga, nikel, niobium, nitrogen, vanadium, kromium, molibdenum, titanium, kalsium, unsur tanah jarang, atau zirconium, Tembaga, titanium, vanadium, dan niobium ditambahkan untuk tujuan memperkuat. Unsur-unsur ini dimaksudkan untuk mengubah struktur mikro baja karbon (Nandyo, 2008).

Baja HSLA Grade AH 36 termasuk kedalam baja berkarbon rendah yaitu sekitar 0,062% (Achmad, 1990). Plat ini biasa digunakan pada bagian bawah kapal karena baja karbon rendah dapat lebih mudah ditekuk atau memiliki kelenturan yang termasuk tinggi sehingga dapat mengikuti lekuk badan kapal terutama pada bagian lambung paling depan dan belakang kapal yang umumnya melengkung. Baja ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, lebih kuat dan memiliki resisten terhadap korosi yang cukup besar. Jenis baja ini dapat digunakan dalam desain kapal laut dengan berat diatas 10.000 ton.

Gambar 2.1 Baja AH 36

2.2.3 Korosi

Kata korosi berasal dari bahasa latin “Corrodere” yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi adalah terjadinya perusakan material (khususnya logam) akibat lingkungannya. Pada logam terjadinya akibat reaksi kimia yaitu pada temperatur yang tinggi antara logam dan gas atau terjadi korosi elektrokimia dalam lingkungan air atau udara basah (Supardi, 1997).

Reaksi langsung disebut juga korosi kering dan reaksi penggantian disebut korosi basah. Reaksi langsung termasuk oksidasi di udara, reaksi dengan uap belerang, hidrogen sulfide dan kandungan kering lainnya, juga reaksi dengan logam cair lainnya misalnya natrium. Reaksi ini nyata dan umum terjadi pada suhu relatif tinggi. Pada dasarnya reaksi korosi logam berlangsung secara elektrokimia (Trethewey, 1991), yang terjadi pada daerah katoda dan anode dengan membentuk rangkaian arus tertutup. Reaksi korosi berlangsung di daerah permukaan katoda dan anode. Korosi elektrokimia dapat dijelaskan dengan suatu sistem yang disebut sel korosi basah sederhana dengan noda dan katoda tunggal.

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktu bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Korosi akan dan hanya akan terjadi bila di metal terjadi sebuah siklus tertutup yang dinamakan “*Corrosion cell*”. *Corrosion cell* adalah sirkuit elektrikal imajiner media berpindahnya electrons dan ions dari dua logam dengan muatan yang berbeda. Di dalam corrosion cell selalu terdapat empat faktor:

1. Anoda: adalah elektroda, bisa berupa logam maupun penghantar listrik lain, pada sel elektrokimia yang terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Pada proses elektrokimia, baik sel galvanik (baterai) maupun sel elektrolisis, anoda mengalami oksidasi.
2. Katoda: merupakan elektroda negatif. Dalam elektrolis, katoda merupakan elektroda dengan potensial negatif terhadap anoda. Dalam berbagai sistem elektrik, misalnya tabung lucutan dan piranti elektrik padat, katoda adalah ujung akhir electron masuk dalam sistem.
3. *Metallic pathway*: adalah konduktor yang menghubungkan anoda dan katoda. Ia dapat berupa kontak logam-ke-logam, atau faktor eksternal seperti kabel, baut (system bolting), deck support, system suspensi, atau sejenisnya) atau bila korosi terjadi dalam satu jenis logam saja, maka metallic pathway-nya adalah logam itu sendiri, yang terpenting disini methalic pathway merupakan jembatan mengalirnya elektron (arus listrik) diantara anoda dan katoda.
4. Elektrolit: adalah liquid, atau medium yang menghantarkan listrik (mengandung ions). Ini membuktikan bahwa di dalam banyak kasus korosi dengan mudah terjadi dilingkungan yang lembab atau mengandung banyak air. Air yang mengandung ions dan menghantarkan listrik.
5. Oksigen: Sebenernya keempat faktor diatas sudah cukup untuk menghasilkan korosi, tetapi kecepatan korosi yang dihasilkan lambat. Di dalam banyak hal oksigen adalah penyebab percepatan korosi. Jadi ada literatur yang menjelaskannnya sebagai faktor kelima (dalam tanda kutip).

Oksigen dalam proses korosi dapat diperoleh udara sekitar, larut didalam air, atau bagian dari atmosfer.

2.2.4 Jenis-jenis Korosi

Dibawah ini merupakan beberapa jenis dari korosi berdasarkan penyebabnya :

1. **Korosi seragam (*Uniform attack)***

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

2. **Korosi sumur (*Pitting corrosion)***

   Korosi sumuran adalah korosi lokal dari permukaan logam yang dibatasi pada satu titik atau area kecil, dan membentuk bentuk rongga. Korosi sumuran adalah salah paling merusak dari korosi, karena sulit terlihat kerusakaanya jika tanpa alat bantu.

3. **Korosi erosi *(Errosion Corrosion)***

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

4. **Korosi galvanis (*Galvanis corrosion)***

   Galvanic atau *bimetalic corrosion* adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda berkontak secara langsung dalam media korosif. Dimana elektron mengalir dari metal kurang mulia (Anodik) menuju metal yang lebih mulia (Katodik), akibatnya metal yang kurang

mulia berubah menjadi ion – ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion negatif yang berada di dalam elektrolit menjadi garam metal.

5. **Korosi Tegangan (*Stress Corrosion)***

   Korosi yang terjadi karena tegangan dan regangan dari suatu material dan media korosif secara langsung

6. **Korosi Celah (Crevice Corrosion)**

   Korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain atau non logam dan diantaranya terdapat celah yang dapat menahan kotoran dan air sebagai sumber terjadinya korosi. Konsentrasi Oksigen pada mulut lebih kaya dibandingkan pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian mulut menjadi katodik. Maka terjadi aliran arus dari dalam menuju mulut logam yang menimbulkan korosi. Atau juga perbedaan konsenrasi zat asam.

7. **Korosi Lubang/Kavitasi (*Cavitation Corrosion)***

   Terjadi karena tingginya kecepatan cairan menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada permukaan peralatan dimana cairan tersebut mengalir. Maka terjadilah gelembung-gelembung uap air pada permukaan tersebut, yang apabila pecah kembali menjadi cairan akan menimbulkan pukulan pada permukaan yang cukup besar untuk memecahkan film oksida pelindung permukaan

8. **Korosi Kelelahan (*Fatigue Corrosion)***

Terjadi karena adanya beban siklik terhadap suatu logam yang dikombinasi dengan korosi. Korosi *fatigue* terjadi pada daerah yang mendapat beban, bagian las dan lainnya.

9. **Korosi Biologi (*Biological Corrosion)***

Korosi biologi adalah proses korosi yang terjadi akibat pengaruh makroorganisme atau mikroorganisme hidup.

2.2.5 Korosi Biologi (*Biological Corrosion*)

Fenomena korosi yang disebabkan oleh aktifitas organisme sudah termasuk dalam korosi mayor, karena akibat yang timbul sangat signifikan, seperti pada kaki-kaki pada suatu platform, jembatan, dan dermaga di pelabuhan. Korosi jenis ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Macro fouling

   Korosi biologi ini disebabkan oleh aktifitas organisme makro atau organisme yang masih dapat dilihat kasat mata, seperti kerang-kerangan

2. Micro Fouling

   Korosi biologi jenis ini disebabkan oleh aktifitas organisme *micro* atau organisme yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.Banyak pula yang menyebutnya dengan *MIC (Microbiologically Influenced Corrosion)*.

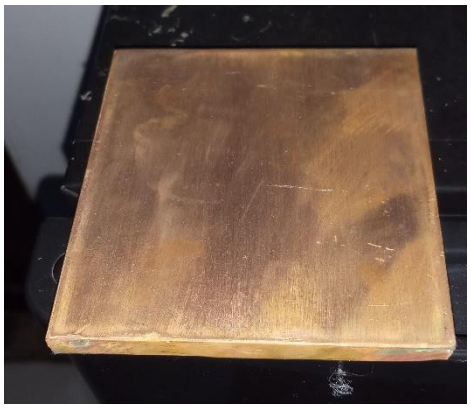
2.2.6 Tembaga (*Copper*)

Tembaga adalah salah satu logam yang sangat penting dan berperan besar dalam sejarah manusia dan termasuk logam yang pertama kali ditambang. Tembaga sudah digunakan sejak 10.000 tahun yang lalu. Sebuah kalung tembaga yang ditemukan di Irak diperkirakan dibuat pada masa 9500 SM.

Tembaga (Cuprum) memperoleh namanya dari bahasa Latin, Cyprium, yang berasal dari nama pulau Siprus di mana ia pertama kali dihasilkan. Cyprium kemudian disingkat menjadi Cuprum.

Tembaga berperan besar dalam peradaban manusia terutama pada Zaman Perunggu (3000-1000 SM). Pada masa tersebut tembaga dipadukan dengan timah menjadi perunggu. Perunggu kemudian diolah menjadi berbagai macam peralatan, senjata, koin, instrumen musik dan perhiasan.

Tembaga telah terbukti mengurangi keberhasilan reproduksi, tingkat pertumbuhan dan kelimpahan banyak spesies (Hall, Scott and Killen 1998).



Gambar 2.2 Tembaga/ *Copper*

2.2.7 Penghambatan Korosi akibat Organisme atau *Bio-Fouling*

Fouling terjadi saat struktur atau kapal yang terendam secara terus menerus dalam kurun waktu yang tidak terlalu lama. Fouling umumnya terjadi ketika kapal dalam kondisi stasioner (artinya tidak bergerak), sehingga untuk struktur atau bangunan yang terendam air secara terus menerus dengan tidak bergerak akan membuat tempat berkembang biak bagi organisme fouling dengan cepat, hal ini merupakan makanan dan tempat tinggal bagi organisme laut. Fouling tidak terjadi pada bawah lambung kapal saja tetapi dapat menyerang structure

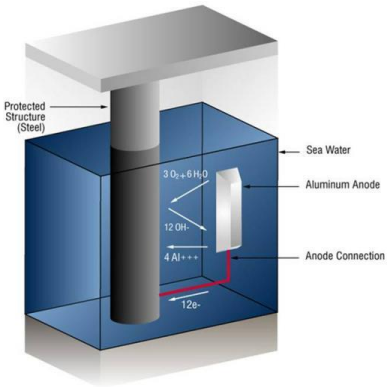
atau material lain yang terendam air secara terus menerus tanpa adanya pencegahan.

Biofouling dapat terjadi pada setiap permukaan yang terendam dalam perairan. Biofouling yang terjadi pada media yang tidak dikehendaki dapat menjadi masalah besar yang harus ditangani (Marhaeni, 2012).

2.2.8 *Sacrificial Anodes*

Penghambatan laju korosi dengan cara ini sudah umum dilakukan didunia teknik dan perindustrian. Penggunaan anoda korban untuk sistem pengendalian korosi dapat berbentuk lapisan di seluruh permukaan logam seperti pada baja yang digalvanisasi atau ditempel secara menyebar. Anoda yang ditempelkan akan menyebabkan distribusi arus tidak merata pada permukaan rogam yang dilindungi.

Anoda yang dipasang bersifat lebih anodik dari logam yang dilindungi, karena logam anodik akan terkorosi lebih dahulu. Pemilihan anoda korban didasarkan pada konduktivitas lingkungan. Logam yang umum digunakan sebagai anoda korban adalah Zinc, Almunium dan Magnesium.



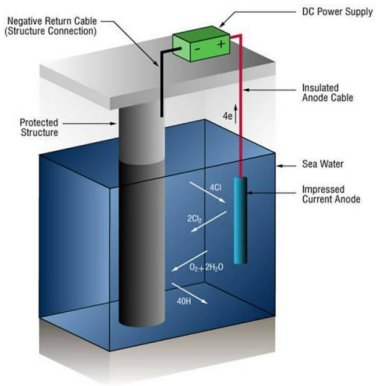
Gambar 2.1 Sistem Anoda Korban

(Sumber: https://stoprust.com/technical-library-items/cp-101/, diakses 18 februari 2020)

2.2.9 ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*)

Impressed Current adalah metode perlindungan katodik dengan menggunakan sumber arus listrik dari luar. Berbeda dengan anoda korban, jenis anoda yang digunakan oleh system impressed current adalah anoda dengan nilai potensial logam jauh lebih positif dari logam yang dilindungi. Sebisa mungkin anoda impressed current tidak terdegradasi. Jadi anoda ini hanya berfungsi sebagai *auxulary anode* atau anode pelengkap sebuah sel korosi. Walaupun secara teori tidak terdegradasi, namun pada kenyataannya tetap saja electron yang mengalir pada pipa tetap disuply dari anoda impressed current. Anode system ICCP ini dapat berbentuk batangan tubular dari berbagai material khusus, seperti: high silicon cast iron, grafit, campuran logam oksida, platina dan niobium. Metode ini biasanya digunakan untuk mem- proteksi fasilitas - fasilitas yang besar.

Metode ICCP harus dihubungkan dengan arus listrik DC, jika arus listik nya AC maka harus dihubungkan dengan rectifier (penyearah arus) arena fungsi dari sumber listrik DC ini adalah untuk mengarahkan elektron yang terkosidasi dari anode menuju ke logam yang dilindungi sehingga logam tersebut tidak mudah untuk teroksidasi (korosi) karena kehilangan elektronnya.

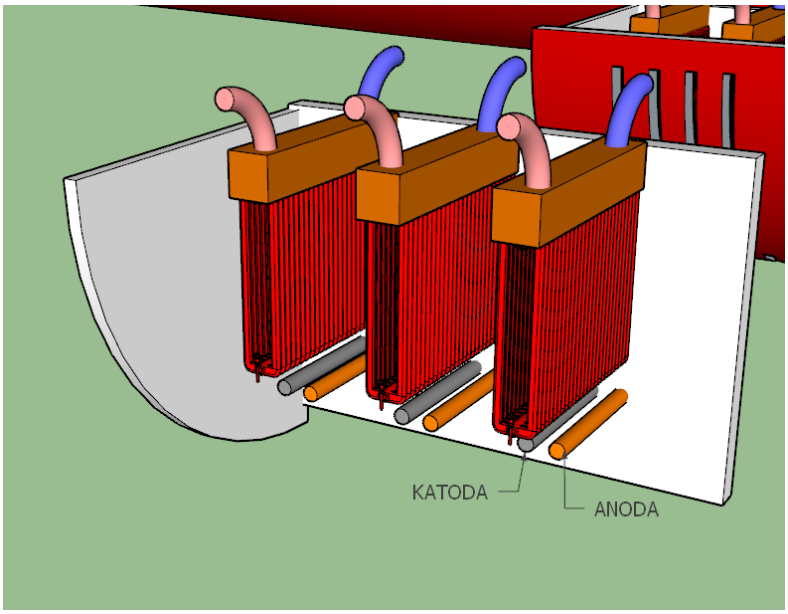


Gambar 2.2 Sistem Arus Paksa

(Sumber: https://stoprust.com/technical-library-items/cp-101/, diakses 18 februari 2020)

2.2.10 ICAF (*Impressed Current Anti Fouling*)

Pada umumnya, cara kerja *ICAF* dengan *ICCP* sangat serupa, namun perbedaan terletak pada tempat aplikasi dari *ICAF* ini yaitu pada daerah lambung kapal, sistem pendingin kapal, jaringan pipa – pipa yang rawan terserang korosi akibat dari organisme, terutama mikroorganisme. ICCP lebih berfokus pada korosi akibat selain dari organisme hidup pada dasarnya.



Gambar 2.3 Ilustrasi ICAF pada sistem pendingin di *Seachest* Kapal

Gambar diatas merupakan gambar umum dari ICAF.Anoda dan Katoda yang terletak dibawah *coolertubes* dialirkan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik pada suatu kapal melalui kabel yang terpasang. Intinya adalah karena

anoda – anoda tersebut akan mengeluarkan ion – ion untuk membunuh segala jenis *fouling* yang masuk dari *inlet* kapal, sehingga tidak membuat *cooler tubes* pada *sea chest* kapal terjangkit *fouling*.

Gambar 2.4 Anoda Tembaga

Sumber:https://evac.com/solutions/marine-growth-prevention/technology/,diakses 20 februari 2020)

Kebutuhan Arus pada ICAF sebagai Proteksi Pada sistem ICAF yang akan memberikan proteksi terhadap plat yang akan dilindungi diperlukan kebutuhan arus yang akan menyuplai ke tiap anoda dan katoda yang terpasang. Arus tersebut disebut sebagai arus proteksi. Besarnya arus tersebut dapat dihitungdengan rumusan (Chandler, 1985)

$Ip = Ax \frac{cd}{1000}$ ..... (2.1)

Keterangan :

Ip: Kebutuhan arus proteksi (A)

A: Luas penampang bagian yang dilindungi (m^2)

Cd: Densitas arus minimum (mA/m^2)

2.2.11 Anoda Proteksi

Menentukan besar dan jenis dari anoda proteksi disesuaikan dengan jangka waktu proteksi yang direncanakan. Untuk itu digunakan rumusan sebagai berikut, (*Gurrappa, 2004*)

$$L = \frac{(Wo \times u) - W}{I \times C} \quad \text{..... 2.4)}$$

Dimana :

L : Anode Life Time (Y)

Wo : Berat Awal Anoda (kg)

W : Berat Akhir Anoda (kg)

u : Utilization Factor : 0.8 – 0.9

I : Arus yang mengalir pada anoda (A)

C : *Anode Consumption Rate* (kg/A.Y)

Anode Consumption Rate adalah berat anoda yang hilang akibat adanya aliran arus listrik dalam setahun. Laju konsumsi anoda tergantung dari jenis anoda yang digunakan.

2.2.12 Kerang teritip *Chthamalus stellatus*

Teritip adalah invertebrata yang hidup dilaut, dimana kehidupannya melalui dua stadium yaitu stadium larva yang bersifat planktonis dan stadium dewasa yang bersifat menempel.

Seluruh tubuh teritip diselubungi oleh cangkang. Pada teritip dewasa, cangkang tersebut terbentuk dari zat kapur, sedang-kan pada stadium larva terbentuk dari zat tanduk. Bentuk cangkang pada stadium larva nauplii seperti segitiga dan larva cypris ber-bentuk bivalva. Pada bagian anterior dari larva cypris terdapat mata yang sederhana, kelenjar penghasil "cement" dan "antenula" yang berguna untuk mengikatkan tu-buh ke suatu substrat saat dimulai-nya stadium dewasa, dan dibagian posterior-nya dilengkapi dengan pasangan "cirri" atau organ tambahan. Cangkang dewasa tumbuh setelah cangkang bivalva hilang. Cangkang dewasa berupa mantel yang mengelilingi

tubuhnya, dan mantel tersebut terdiri dari beberapa bagian yang saling bersambungan. Bagian-bagian itu adalah carina, carina lateral, lateral dan rostrum. Pada bagian atas dari mantel terdapat sepasang "terga" dan sepasang "scuta" yang membuka dan menutup sewaktu teritip menangkap makanannya.

Arus yang kuat dapat menggagalkan penempelan larva cypris pada suatu substrat, sehingga marga tersebut tidak mencapai stadium dewasa. Persaingan dalam mendapatkan tempat me-nempel akan mengganggu perkembangan dari marga Balanus. Individu yang tertempel tidak dapat hidup karena pasangan terga dan pasangan scuta tertutup sehingga organ tambahan atau pasangan cirri tak dapat keluar untuk menangkap makanan. kematian marga Balanus sering. terjadi pada stadium larva nauplii, sewaktu pergantian kulit pertama dan kedua karena pada saat itu Balanus sangat lemah dan masih terlalu muda (Ermaitis 1984).

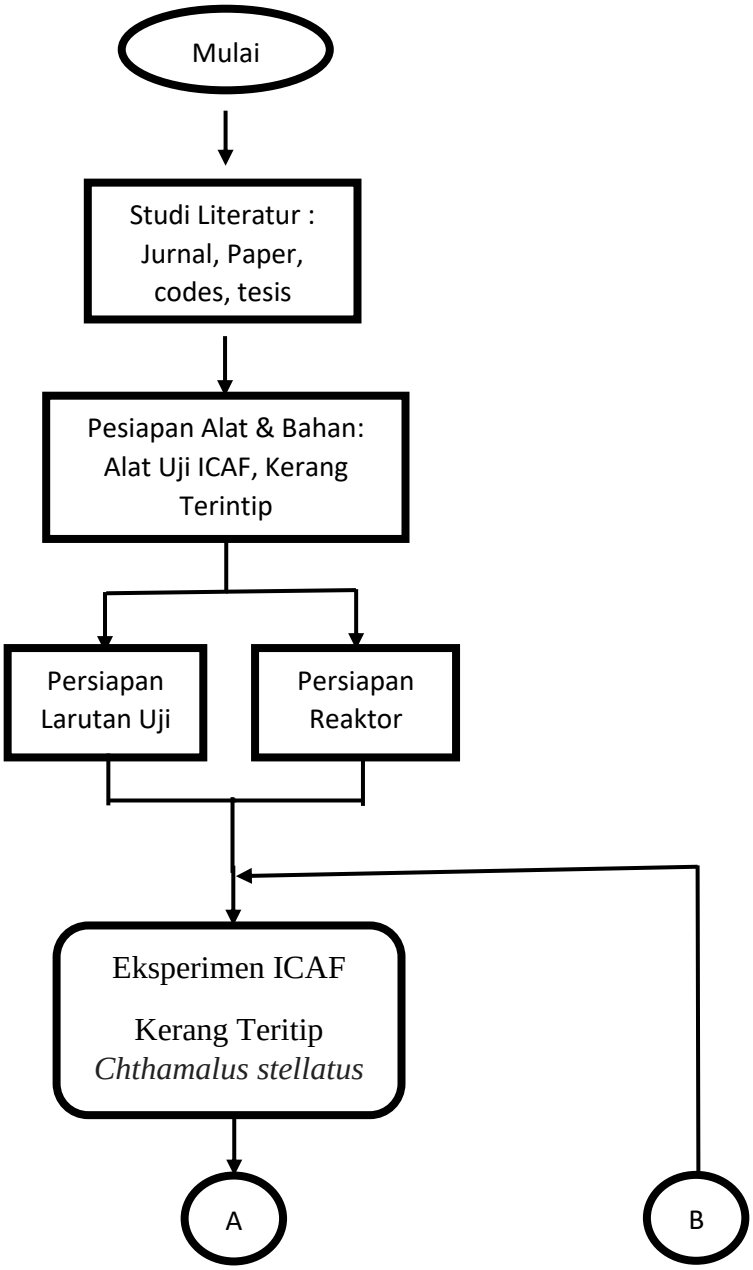
Penempelan yang menetap pada tingkat dewasa menyebabkan pengotoran pada substratnya. Pengotoran tersebut dapat mengganggu usaha perkapalan dan pembangunan di perairan pantai, muara dan teluk. Seperti yang dilaporkan oleh (Romimoharto 1977) bahwa kecepatan kapal dapat berkurang setelah ditempeli oleh marga Balanus, dan pipa-pipa saluran pendingin sistim pendingin pada pabrik, saluran sistim pendingin pembangkit listrik tenaga uap dapat berkurang kapasitasnya karena tersumbat oleh penempelan marga tersebut. (Darsono 1979) menyatakan bahwa penempelan Balanus dapat mempercepat pelapukan pada konstruksi kayu dan juga mempercepat korosi berbagai bahan kapal dan bangunan.

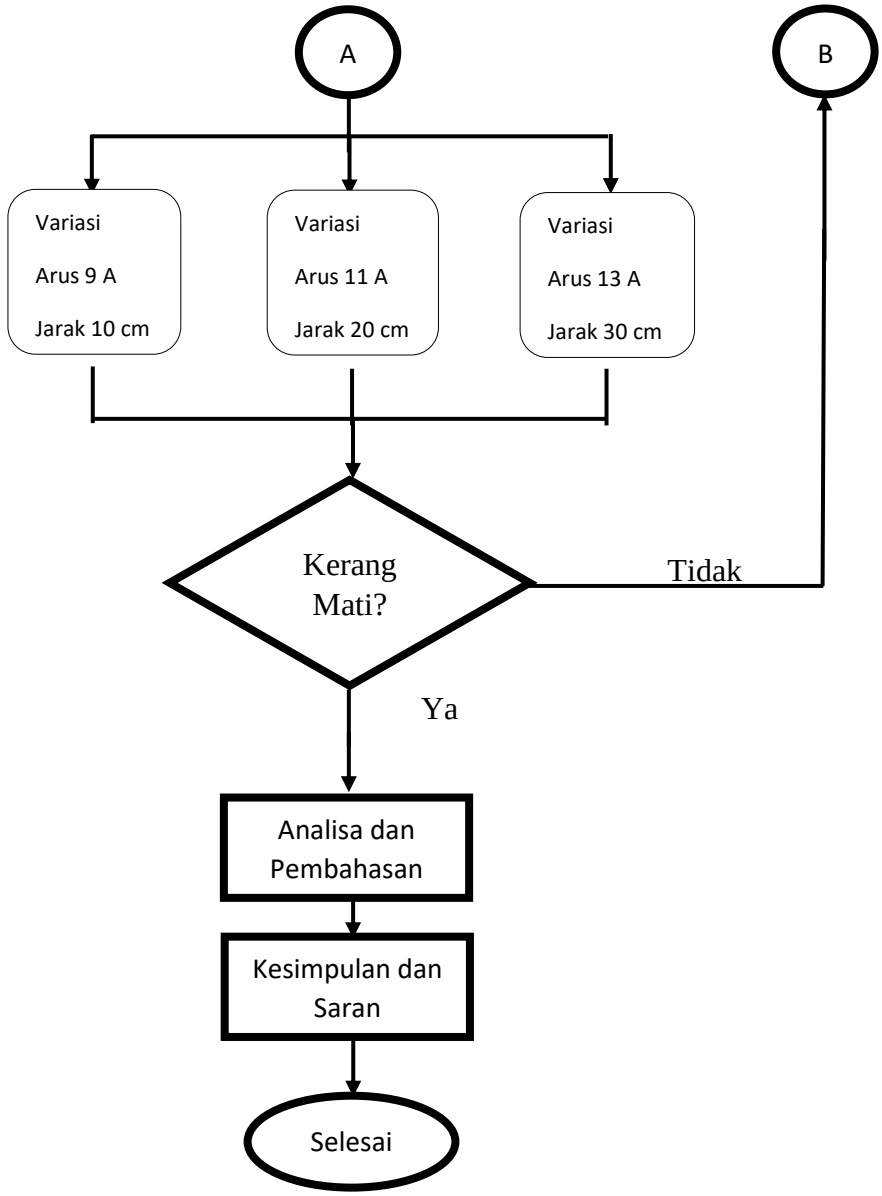
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Berikut langkah-langkah sesuai dengan flowchart pada Gambar 3.1 di bawah ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Penjelesan Diagram Alir Penelitian

Dari diagram Alir Penelitian diatas, maka langkah-langkah untuk pengerjaan sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Melakukan pencarian dengan mempelajari beberapa referensi berupa jurnal, paper, tesis, codes dan literatur lain yang memiliki keterkaitan dengan Tugas Akhir ini.

3.2.2 Persiapan Alat dan Bahan Eksperimen

Saat melakukan suatu penelitian, Maka diperlukan peralatan untuk membantu prosedur penelitian yang tersedia dan bahan sebagai objek atau subjek.

- Alat ICAF Sederhana
- Alkohol 70%
- Gelas Ukur
- *Erlenmeyer tube* 1000 ml
- Tisu
- Gunting
- Sikat
- Plat Tembaga
- Plat baja AH 36
- Bak plastik
- Nacl
- Penggaris
- *Aerator*
- Wadah Reaktor Eksperimen

3.2.5 Eksperimen ICAF

Kerang teritip yang digunakan pada penelitian kali ini adalah kerang *Chthamalus stellatus.* Berikut cara pembersihan kerrang teritip:

1) Siapkan kerang teritip lalu diletakkan pada wadah yang berbeda dengan mencampurkan Air dengan salinitas 3,5% dengan menggunakan Nacl untuk menghindari kerang teritip mati dikarenakan tidak terkena air laut.

Gambar 3.2 kerang *Chthamalus stellatus*

2) Setelah itu ambil kerang teritip dan bersihkan sela-sela yang terkena lumut menggunakan sikat, hal ini dilakukan agar jumlah kerang dapat diketahui.
3) Jika sudah selesai dibersihkan diamkan kerang pada air salintas 3.5%

4) Lalu pasang selang Aerator agar kerang mendapatkan oksigen.

5) Diamkan selama 24 jam agar kerang beradaptasi terlebih dahulu.

3.2.6 Pengujian ICAF

Pengujian ICAF dilakukan dengan bakteri yang sudah aktif kedalam reaktor dengan larutan air laut buatan untuk elektrolitnya.

1. Siapkan alat ICAF beserta katoda dan anoda lalu dimasukkan pada larutan air laut (air salinitas).

Gambar 3.3 Alat ICAF

2. Siapkan kerang teritip yang telah didiamkan selama 24 jam lalu masukan kedalam wadah.
3. Masukkan baja HSLA AH 36 sebagai katoda dan tembaga sebagai anoda yang sudah terhubung dengan alat uji ICAF kedalam wadah uji sampai tercelup air.
4. Berikan jarak antara katoda dan anoda dengan ukuran 10cm, 20cm dan 30cm.

5. Nyalakan arus listriknya dengan arus listrik yang terkecil terlebih dahulu yaitu 9 *ampere*, 11 *ampere* dan 13 *ampere*.
6. Ulangi langkah 1 sampai 5 dengan memvariasikan arus listrik dan jarak untuk melihat konsentrasi biofouling tersebut.
7. Ambil sampling kerang teritip .
8. Matikan arus listrik pada alat ICAF, Lalu hitung kerang teritip.

3.2.7 Perhitungan kerang teritip

Selanjutnya kerang akan dihitung jumlahnya setelah melakukan eksperimen.

1. Siapkan sampel dari hasil eksperimen pada variasi arus dan jarak tertentu.
2. Ambil kerang dengan variasi jarak dan arus terkecil terlebih dahulu sampai yang terbesar (disini yang terkecil adalah jarak 10cm dan arus listrik 9 *ampere*).
3. Lalu beri label (A, B dan C)
4. Label A untuk yang terkecil jarak dan arus listrik, Label B untuk yang sedang, Label C untuk yang besar untuk jarak dan arus listriknya.
5. Hitung kerang label A, B dan C yang mati berapa dengan menghitung awal kerang dikurangi hasil eksperimen kerang.

3.2.8 Analisa Data Eksperimen

Setelah dilakukan eksperimen diatas dapat diketahui, maka data-data tersebut dianalisa untuk mendapatkan jawaban pada rumusan masalah sebagai tujuan penelitian ini.

3.2.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap pengambilan kesimpulan akhir atas penelitian yang dilakukan dari hasil yang di dapatkan. Dari kesimpulan tersebut maka diharapkan susunan saran-saran yang membantu sebagai referensi pada penelitian dan eksperimen selanjutnya.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Impressed Current Anti Fouling *(ICAF)*

Sistem alat ICAF sederhana ini memiliki bentuk seperti *power supply* dengan menggunakan komponen SMD yang merupakan komponen elektronika yang pada perakitannya ditempatkan langsung pada sisi solder (selanjutnya kita gunakan istilah "Solder Side") dari PCB. Artinya komponen SMD langsung bersentuhan dengan permukaan tembaga dari PCB. Berbeda dengan komponen elektronika konvensional biasa yang memiliki kawat atau logam khusus sebagai kaki-kakinya, maka SMD memiliki dua atau lebih sisi/bagian yang permukaannya berupa logam khusus yang berfungsi layaknya kaki komponen konvensional. Bentuknya pun jauh lebih kecil dibandingkan dengan komponen konvensional, Sedangkan *Power supply* merupakan alat atau sistem yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari tegangan tinggi AC, diturunkan menjadi tegangan arus rendah DC, atau arus searah. menstabilkan tegangan DC, yang terdiri atas *transformator*, *dioda* dan kapasitor/*condensator* (Putu Nopa Gunawan. 2011).

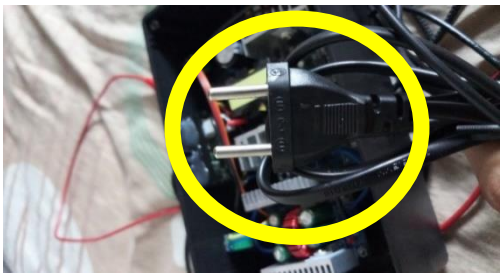
Berikut adalah komponen - komponen utama dari *Power supply* ICAF ini :

1. Steker
2. Saklar
3. *Fuse* / Sekering
4. *Transformator* / Trafo
5. *Dioda Bridge* / Kiprok
6. *Capacitor*

7. *Transistor*
8. *IC*
9. Regulator Tegangan
10. Lampu LED
11. Digital Controller
12. Trimpot / Potensiometer
13. Kabel dan capit buaya

4.1.1 Steker

Steker adalah pencocok yang dipasang pada ujung kabel listrik yang ditusukkan pada lubang aliran listrik untuk menyalakan alat elektronik. Steker digunakan sebagai saluran untuk sumber daya listrik. Steker adalah dua buah colokan berbahan logam yang dipasang pada ujung kabel listrik yang berfungsi untuk menghubungkan peralatan listrik dengan aliran listrik.



Gambar 4.1 Steker dari ICAF sederhana (lingkaran kuning)

4.1.2 Sakelar

Sakelar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik. Jadi saklar pada dasarnya adalah suatu alat yang dapat atau berfungsi menghubungkan atau pemutus aliran listrik (arus listrik) baik itu pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah. Secara

sederhana, saklar terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung *(on)* atau putus *(off)* dalam rangkaian itu.

Sakelar yang digunakan pada rangkaian ini adalah Sakelar *Rotary* yang terdapat pada potensio saklar *Rotary* adalah tipe sakelar yang menghubungkan aliran listrik sesaat saja saat diputar searah jarum jam untuk posisi (on) dan diputar berlawanan arah jarum jam sampai terdengar bunyi klik untuk posisi (off). Sakelar tipe ini banyak digunakan pada rangkaian elektronika.

Gambar 4.2 Sakelar dari ICAF sederhana berupa Sakelar *Rotary* (lingkaran kuning).

4.1.3 *Fuse* / Sekering

Sekering atau *fuse* adalah alat yang dapat memutuskan arus listrik pada saat terjadi hubung singkat *(short)* atau arus berlebih *(over current)* pada rangkaian listrik, seperti pada kendaraan, instalasi dirumah, rangkaian elektronik dll. Ada banyak jenis sekering/*fuse* namun yang umum dipakai di kalangan masyarakat adalah jenis sekering *glass tube*, di dalamnya ada selembar kawat khusus, besarnya kawat dalam sekering ditentukan dari besarnya arus listrik.

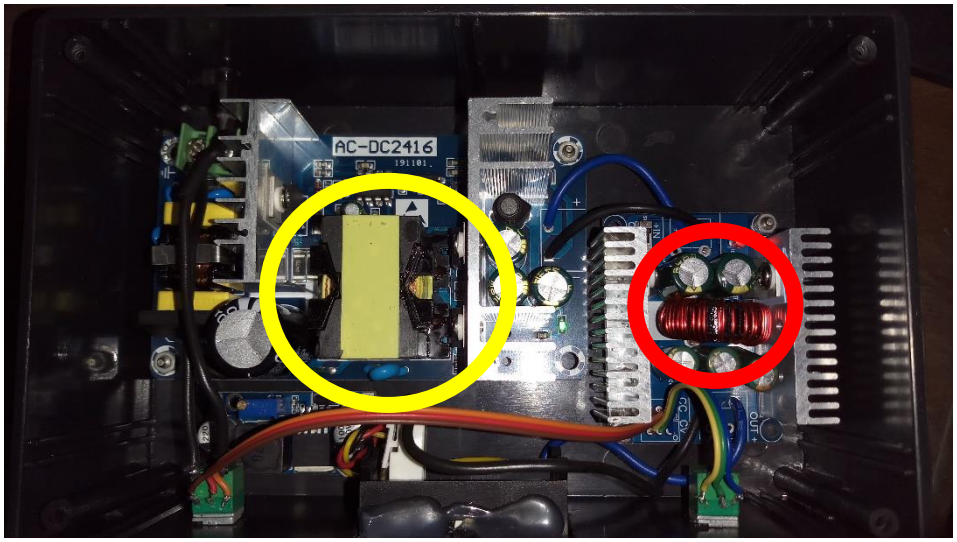
Gambar 4.3 *Fuse Glass Tube* (lingkaran merah)

4.1.4 *Transformator* / Trafo

Transformator adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Trafo berperan dalam menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan yang rendah atau sebaliknya, namun dengan frekuensi yang sama. Oleh karena itu pula transformator merupakan piranti listrik yang termasuk ke dalam golongan mesin listrik statis. Transformator berbentuk empat persegi panjang dimana di dalamnya terdapat susunan pelat baja berbentuk huruf E. Transformator terbuat dari bahan kawat tembaga *(email)* berukuran kecil yang melilit pelat tersebut yang membentuklilitan primer dan lilitan sekunder. *Transformator* bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik. Dimana apabila terjadi suatu perubahan fluks magnet pada kumparan primer, maka akan diteruskan ke kumparan sekunder dan menghasilkan suatu gaya gerak listrik induksi dan arus induksi. Agar selalu terjadi perubahan fluks magnet, maka arus yang masuk *(input)* ini harus berupa arus bolak balik *(AC*).

Trafo yang digunakan dalam rangkaian ini adalah Trafo *step – down. Tranformator step - down* mengubah tegangan listrik dari tingkat tinggi menjadi turun ke tingkat yang lebih rendah. Pada rangkaian ini menggunakan dua jenis trafo yaitu Trafo Induk 220VAC turun menjadi 24VDC dan Trafo primer 24VDC menjadi 16VDC.

Hal ini sangat diperlukan apabila menginginkan daya arus *Ampere* yang tinggi dengan bentuk yang kecil dan ringkas pada alat ICAF. Pada alat *power supply* umumnya menggunakan satu buah jenis trafo, ini sangat tidak efisien mengingat ukuran trafo 13 *Ampere* mempunyai bentuk yang sangat besar dan tidak ringkas jika diterapkan pada Alat ICAF. Dalam rangkaian ini menggunakan 2 buah trafo membagi tegangan menjadi dua step 24VDC dan 16VDC ini merupakan cara efektif dan efisien agar tidak tidak memakan banyak tempat.



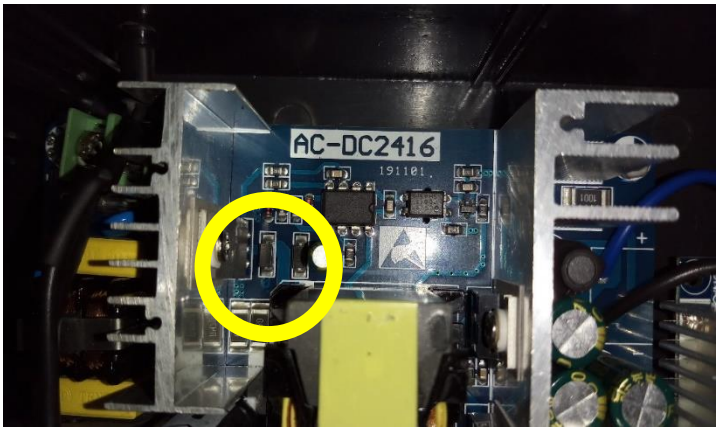
Gambar 4.4 Trafo Induk (lingkaran kuning) dan Trafo Primer (lingkaran merah)

4.1.5 *Dioda Bridge/ Rectifier*

Rectifier adalah penyearah aliran listrik dari aliran listrik bolak - balik (AC) menjadi aliran listrik searah (DC). Komponen utama dari rectifier adalah dioda. Penerapan dioda yang paling banyak dijumpai adalah sebagai penyearah. Penyearah berarti mengubah arus bolak-balik (ac) menjadi arus searah (dc). Sebagian besar peralatan elektronik membutuhkan sumber daya yang berupa arus searah. Untuk kebutuhan daya dan tegangan yang kecil biasanya cukup digunakan

baterai atau accu, namun untuk lebih dari itu diperlukan power supply yang berupa penyearah (Surjono 2007).

Rangkaian ini menggunakan 2 buah diode penyearah dengan ukuran arus listrik sebesar 2 *ampere*, karena pada diode tipe ini paling besar hanya 2 *ampere.*



Gambar 4.5 *Dioda Bridge/ Rectifier* 2 buah (lingkaran kuning)

4.1.6 Kapasitor/ *Elco*

Model kapasitor pertama diciptakan di Belanda, tepatnya di kota Leyden pada abad ke-18 oleh para eksperimentalis fisika. Kapasitor adalah alat (komponen) yang mampu menyimpan muatan listrik yang besar untuk sementara waktu. Kapasitor terdiri atas keping-keping logam yang disekat satu sama lain dengan isolator. Isolator penyekat tersebut disebut dengan zat dielektrik (M Chanif, Ir. Sardono, dan Eddy 2014). Simbol yang digunakan untuk menampilkan sebuah kapasitor dalam suatu rangkaian listrik adalah Beberapa kegunaan kapasitor adalah sebagai berikut:

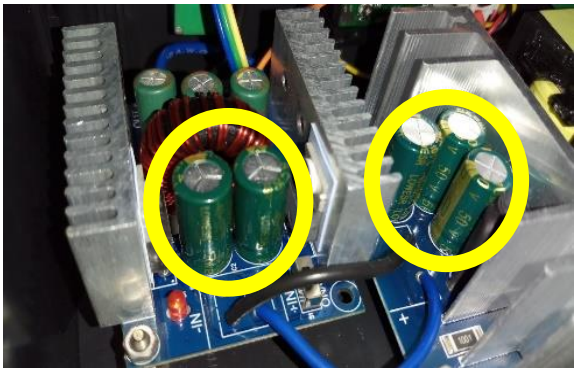
a) Menyimpan muatan listrik

b) Memilih gelombang radio (tuning)

c) Perata arus pada rectifier

d) Sebagai filter dalam catu daya (power supply)

Kapasitor yang digunakan pada rangkaian listrik ICAF dari penelitian ini adalah *Elco* yang berfungsi sebagai penghemat atau penyimpan energi listrik untuk penggunaan sistem tersebut.



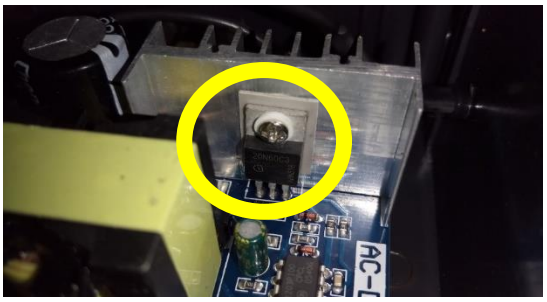
Gambar 4.6 Elco *atau kapasitor* pada alat ICAF (lingkaran kuning)

4.1.7 *Transistor*

Transistor dapat diartikan sebagai suatu pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi penghantar pada suhu atau keadaan tertentu. Transistor berfungsi sebagai penguat (*amplifier)*, pemutus atau penyambung aliran atau sirkuit (*switching)*, stabilisasi tegangan (*stabilisator)*, penahan sekaligus penguat arus, menaikan atau menurunkan arus, modulasi sinyal dan lainnya.

Penguat daya (power amplifier) berfungsi untuk memperkuat atau memperbesar sinyal masukan. Di dalam bidang audio, penguat daya akan menguatkan sinyal suara sehinggaoutputnya akan menjadi sinyal yang lebih besar lagi (Darmana & koerniawan 2017).

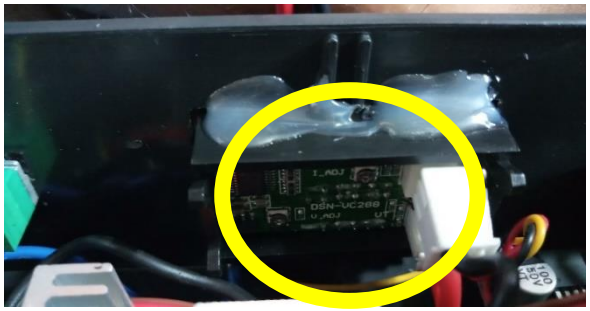
Dalam rangkaian ICAF ini menggunakan 5 buah *Transistor* yaitu: 3 buah Transistor menurunkan tegangan arus listrik dan 2 buah Transistor menaikkan tegangan arus listrik.



Gambar 4.7 salah satu bentuk Transistor yang dipakai pada alat ICAF (lingkaran kuning)

4.1.8 *Digital Controller*

Seperti namanya, *digital controller* adalah suatu rangkaian kecil didalam sistem ICAF ini yang berfungsi untuk mengatur output berupa layar digital untuk menunjukan informasi kepada pemakai mengenai besar arus dan voltase yang akan dipakai.



Gambar 4.8 Rangkaian *Digital Controller* (lingkaran kuning)

Gambar 4.9 *Display Digital Controller*

4.1.9 *Potensiometer*

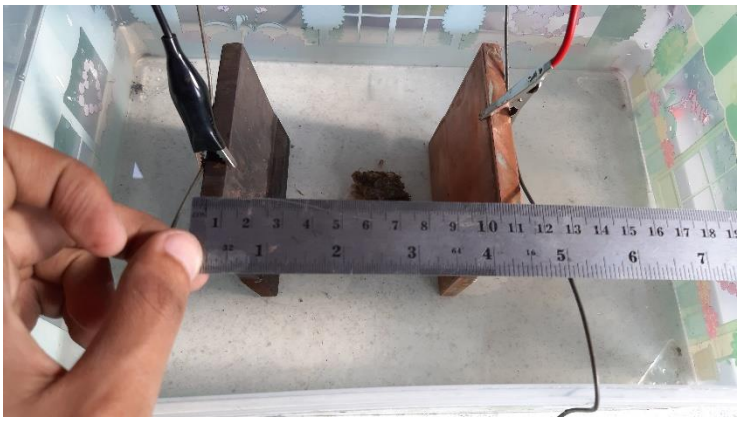
Potensiometer yang digunakan dalam rangkaian listrik ICAF ini adalah *potensiometer rotary* yaitu dapat diatur dengan cara diputar oleh pemakai. Sedangkan *trimpot* pada rangkaian ini berfungsi untuk membatasi arus dan voltase terendah hingga terbesar pada *potensiometer*, agar variasi arus dan voltase untuk penelitian dapat dikeluarkan dengan baik.

Gambar 4.10 Letak *potensiometer* pada ICAF penelitian (lingkaran merah pengatur *Ampere*) dan (lingkaran kuning pengatur *voltage*)

1.2 Hasil Eksperimen

Setelah dilakukan semua proses eksperimen ICAF yang sesuia dengan urutan variasi besar arus listrik dan jarak seperti pada metodologi di BAB 3. Hasil yang ditampilkan berupa sampel kerang teritip yang telah mati pada durasi waktu yang telah diketahui. Berikut adalah hasil-hasil eksperimen ICAF terhadap kerang *Chthamalus stellatus* sesuai dengan urutan metodologi :

4.2.1 Hasil uji ICAF pada jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere



Gambar 4.11 jarak 10 cm

Jumlah kerang teritip berkisar 16 ekor dalam satu koloni, penempatan kerang diantara anoda dan katoda.

Gambar 4.12 arus lisrik

Besaran arus listrik yang digunakan adalah 9 ampere, dapat dilihat pada gambar diatas.

4.2.1.1 Hasil Eksperimen jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere

Pada jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere, Untuk dapat mengetahui kerang teritip mati, penulis menggunakan metode direct observation secara langsung. Hal ini dapat dibuktikan dengan menyentuh kerang teritip dengan sebuah jarum, apabila tidak ada pergerakan secara visual maka dapat dipastikan kerang tersebut mati.

4.2.2 Hasil uji ICAF pada jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere

Gambar 4.13 jarak 20 cm

Jumlah kerang teritip berkisar 17 ekor dalam satu koloni, penempatan kerang diantara anoda dan katoda.

Gambar 4.14 arus listrik

Besaran arus listrik yang digunakan adalah 11 ampere, dapat dilihat pada gambar diatas.

4.2.2.1 Hasil Eksperimen jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere

Pada jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere, Untuk dapat mengetahui kerang teritip mati, penulis menggunakan metode direct observation secara langsung. Hal ini dapat dibuktikan dengan menyentuh kerang teritip dengan sebuah jarum, apabila tidak ada pergerakan secara visual maka dapat dipastikan kerang tersebut mati.

4.2.3 Hasil uji ICAF pada jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere

Gambar 4.15 jarak 30 cm

Jumlah kerang teritip berkisar 20 ekor dalam satu koloni, penempatan kerang diantara anoda dan katoda.

Gambar 4.16 arus listrik

Besaran arus listrik yang digunakan adalah 13 ampere, dapat dilihat pada gambar diatas.

4.2.3.1 Hasil Eksperimen jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere

Pada jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere, Untuk dapat mengetahui kerang teritip mati, penulis menggunakan metode direct observation secara langsung. Hal ini dapat dibuktikan dengan menyentuh kerang teritip dengan sebuah jarum, apabila tidak ada pergerakan secara visual maka dapat dipastikan kerang tersebut mati.

1.3 Tabel dan Grafik hasil eksperimen

Semua hasil akan diinput kedalam tabel dan grafik guna mendapatkan variabel mana yang paling besar efekivitasnya serta pada segi efisiensinya terhadap jarak dan arus listrik yang digunakan sebagai input dalam eksperimen tugas akhir ini.

4.1 Tabel jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere

Waktu (menit)	Kerang mati
1	16
2	14
3	11
4	9
5	7
6	4
7	3
8	0

Pada uji eksperimen ICAF dengan jarak 10 cm, arus listrik 9 ampere didapatkan durasi waktu 8 menit untuk mematikan kerang teritip. Dari hasil tersebut dapat dilihat dari menit 0 sampai menit 8 kerang mati antara (2-3) per-menitnya.

4.2 Tabel jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere

Waktu (menit)	Kerang mati
1	17
2	17
3	16
4	16
5	15
6	15
7	14
8	13
9	11
10	9
11	8
12	7
13	6
14	4
15	3
16	3
17	2
18	0

Pada uji eksperimen ICAF dengan jarak 20 cm, arus listrik 11 ampere didapatkan durasi waktu 18 menit untuk mematikan kerang teritip. Dari hasil tersebut dapat dilihat dari menit 0 sampai menit 18 kerang mati antara (1-2) per-menitnya.

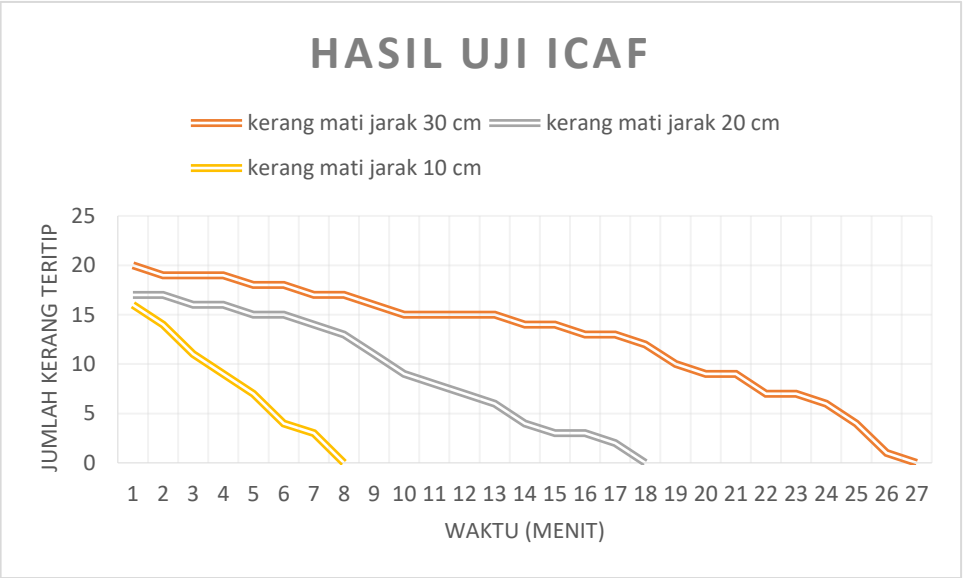
4.3 Tabel jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere

Waktu (menit)	Kerang mati
1	20
2	19
3	19
4	19
5	18
6	18
7	17
8	17
9	16
10	15
11	15
12	15
13	15
14	14
15	14
16	13
17	13
18	12
19	10
20	9
21	9
22	7
23	7
24	6
25	4
26	1
27	0

Pada uji eksperimen ICAF dengan jarak 30 cm, arus listrik 13 ampere didapatkan durasi waktu 27 menit untuk mematikan kerang teritip. Dari hasil tersebut dapat dilihat dari menit 0 sampai menit 27 kerang mati antara (1-2) per-menitnya.

4.3.1 Perbandingan jarak dan arus listrik pada waktu kerang teritip mati

setelah dilakukan uji ICAF dan didapatkan hasil berupa waktu mati kerang teritip secara keseluruhan



Gambar 4.17 perbandingan waktu

Pada gambar diatas dapat dilihat semakin jauh jarak katoda dan anoda maka semakin lama untuk mematikan kerang teritip. Walaupun dengan penambahan 2 ampere setiap 10 cm sangat berpengaruh sekali pada waktu mematikan kerang teritip.

4.4 Tabel kerang mati per-menit jarak 10 cm

Waktu (menit)	Kerang mati	kerang mati per-menit
1	16	2
2	14	3
3	11	2
4	9	2
5	7	3
6	4	1
7	3	3
8	0	0

Jika pada jarak 10 cm kerang teritip mati (1-3) ekor per-menitnya.

4.5 Tabel kerang mati per-menitnya jarak 20 cm

Waktu (menit)	Kerang mati	kerang mati per-menit
1	17	0
2	17	1
3	16	0
4	16	1
5	15	0
6	15	1
7	14	1
8	13	2
9	11	2
10	9	1
11	8	1
12	7	1
13	6	2
14	4	1
15	3	0
16	3	1
17	2	2
18	0	0

Pada jarak 20 cm kerang teritip mati antara (1-2) ekor per-menitnya.

4.6 Tabel kerang mati per-menitnya jarak 30 cm

Waktu (menit)	Kerang mati	kerang mati per-menit
1	20	1
2	19	0
3	19	0
4	19	1
5	18	0
6	18	1
7	17	0
8	17	1
9	16	1
10	15	0
11	15	0
12	15	0
13	15	1
14	14	0
15	14	1
16	13	0
17	13	1
18	12	2
19	10	1
20	9	0
21	9	2
22	7	0
23	7	1
24	6	2
25	4	3
26	1	1
27	0	0

Pada jarak 30 cm kerang teritip mati antara (0-3) ekor nol disini sangat dominan sekali terhadap uji coba ICAF pada jarak 30 cm, hal ini dikarenakan Ion Cu pada tembaga/*copper* membutuhkan waktu yang lama untuk mengenai kerang teritip tersebut. Apabila arus yang digunakan lebih dari 13 ampere dapat dimungkinkan kerang mati dengan waktu yang sangat cepat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa eksperimen ICAF yang dilakukan sesuai dengan metodologi, disertai dengan dasar teori yang saling berkaitan dan jurnal – jurnal sebagai referensi esensial sebagai acuan dari laporan tugas akhir ini, berikut adalah kesimpulan – kesimpulan yang dapat diambil :

1. Waktu yang paling efektif dalam membunuh kerang teririp berjenis *Chthamalus stellatus* dengan jarak 10 cm paling cepat dan paling efektif untuk arus yang digunakan hanya sebesar 9 ampere. Sedangkan uji ICAF pada jarak 20 cm membutuhkan waktu 18 menit dan uji ICAF pada jarak 30 cm membutuhkan waktu paling lama yaitu 27 menit.
2. Berdasarkan hasil pengujian ICAF diatas didapatkan pada jarak 10 cm dengan arus listrik 9 ampere membutuhkan waktu yang paling cepat dan paling efektif dalam penggunaan arus listrik diantara uji ICAF di atas. Hal ini dikarenakan jarak tembaga/*copper* yang mengeluarkan ion cu membutuhkan waktu yang lama untuk mengenai kerang teritip.

5.2 Saran

Mulai dari awal proses pengerjaan laporan Tugas Akhir sampai penyelesaian hal tersebut, tentunya saran sangat dibutuhkan agar kesalahan – kesalahan, maupun beberapa koreksi untuk penelitian kedepannya dapat

berjalan dengan lebih mulus. Oleh karena itu, berikut merupakan saran – saran dari penulis untuk penelitian kedepannya :

1. Kerang yang akan di uji dapat digantikan dengan jenis biota laut lain yang terdapat pada body kapal dengan alasan yang jelas bahwa biota tersebut memang merusak bagian kapal atau konstruksi bangunan yang ada di laut.
2. Dalam proses uji eksperimen katoda dan anoda dapat di gantikan dengan bahan yang lain.
3. Diharapkan air yang digunakan adalah air laut alami yang diambil disekitar kerang agar menambah validitas.
4. Penjelasan secara teori saat terjadi penempelan kerang pada body kapal atau struktur sampai kerang mati saat dilakukan ekperimen.
5. Uji luasan yang akan diproteksi dengan alat ICAF.
6. Perhitungan fungsi luasan, waktu dan jumlah kerang harus ada korelasi agar perhitungan semakin valid.

`

DAFTAR PUSTAKA

Alois Schonmetz, Karl Gruber. 1985**.** *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angakasa.

Appanna, V.D., Gazso, L.G., dan St. Pierre M. 1996. Multiple-metal Tolerance in Pseudomonas fluorescens and Biotechnological Significance**.** *Journal of Biotechnology*, 52 (1), 75-80.

ASM Handbook Vol.13 A,. 2003. *Corrosion: Fundamental, Testing, and Protection.* USA

Ciferri, O. 1983. Spirulina The Edible Microorganisme. *Microbial Review*. American Society.

Chamberlain, J.,Trethewey, K.R., 1991. *Korosi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Court, F.H. Vries, H.J. 1973. *Advances in Fouling Prevention*. Progress in Organic Coatings.

Darmana, T., & Koerniawan, T. 2017. Perancangan Rangkain Penguat Daya Dengan Transistor. *Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik*, 7(2), 69–132.

Darsono, P. 1979. Catatan tentang sifat dan daur hidup teritip (barnacle). *Pewarta Oseana*, V (3): 16-19.

Ermaitis. 1984. Beberapa Catatan Tentang Marga Balanus, *CIRRIPEDIA*, IX(3), 96–101.

Evelyne, J. R. dan Ravisankar, V. 2014. Bioremediation of Chromium Contamination– A Review. *Journal of Research in Earth & Environmental Science*, 1(6), 20-26.

Eyres, DJ. 2007. *Corrosion Control and Anti-fouling Systems.* Ship Construction (Sixth Edition)

Ferianto, Marison.2012. *Analisa Penggunaan Impressed Current Anti Fouling (ICAF) sebagai Pencegahan Fouling di Linier Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut*.Jurusan Teknik Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Gaudy, A. F. dan Gaudy, E.T. 1980. *Microbiology for Environmental Scientists and Engineers.*McGraw-Hill, USA.

Gurrappa, I. 2005. Cathodic Protection of Cooling Water Systems and Selection of Appropriate Materials**.** *Journal of Materials Processing Technology*.

Hall Jr., L. W., Scott, M. C. and Killen, W. D. 1998 Ecological risk assessment Of coper and cadmium in surface waters of Chesapeake Bay, wateshed. *Enviromental toxicology and chemistry* 17 (06) 1172-1189.

Ibrahim, H. 2012. *Fouling in Heat Exchangers Chapter 3*. Homs : Al-Baath University.

Ishak, Isa dan Retnowati Y.2014. *Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Bioleaching Limbah Logam Berat.* Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.

Kumar, A., Bisht, B.S., dan Joshi, V.D. 2010. Biosorption of Heavy Metals by Four Microbial Species, Bacillus spp., Pseudomonas spp., Staphylococcus spp., and Aspergillus niger**.** *Journal of Biology Environmental Science***,** 4 (12), 97-108.

Kumar, V., Singh, S., Manhas, A., Negi, P., Singla, S., Kaur, P., Bhadrecha, P., Datta, S., Kalia, A., Joshi, R., Singh, J., Sharma, S., dan Upadhyay, N. 2014. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon by Using Pseudomonas Species Isolated from Petroleum Contaminated Soil. *Oriental Journal of Chemistry,* 30 (4), 1771-1776.

Kenneth, A. C. 1985. *Marine and Offshore Corrosion***.** Butteworth 4th Edition. England.

Marhaeni, B. 2012. *Permukaan kasar dan Halus (Biofouling at smooth and rough surface substrates)*. Purwokerto : Tugas Akhir Jurusan Perikanan Dan Kelautan Fakultas Sains Dan Teknik. Universitas Soedirman Purwokerto.

Mahardika, G. R. 2018. *Analisis Ketahanan Microalga Pada Material Baja AH 36 dengan Menggunakan Metode Impressed Current Anti Fouling (ICAF).* Surabaya : Tugas Akhir Teknik Kelautan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

McKellar, R.C. 2007. Role of Nutrient Limitation in the Competition between Pseudomonas fluorescens and Escherichia coli O157:H7. *Journal of Food Protection*, 70(7), 1739-1743.

Mulyono, P Rizky. 2017. *Perancangan Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal pada Pipa Baja API 5L Grade B dengan Variasi Jumlah Coating yang Dipasang di dalam Tanah*. Surabaya : Tugas Akhir Teknik Material dan Metalurgi FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pratikno,H. dan Titah, H.S. 2017. “Bio-corrosion on Aluminium 6063 by Escherichia coli in Marine Environment”. *The Journal for Technology and Science.*

Romimohtarto, K. 1977. Beberapa catatan tentang teritip (Balanus spp) sebagai binatang "pengotor" di laut. *Osea- nologi di Indonesia*, 1 : 25 - 42.

Sudrajat, A.T. 1990. Peningkatan kekuatan dan ketangguhan baja HSLA Grade AH36 untuk aplikasi lambung kapal perang melalui proses perlakuan panas = Improvement of strength and toughness of AH36 Grade HSLA steel by heat treatment process for warship hull. *Jurnal Universitas Diponegoro.*

Surjono, H. D. 2007. *Elektronika: Teori dan Penerapan*. Jember: Penerbit Cerdas Ulet Kreatif.

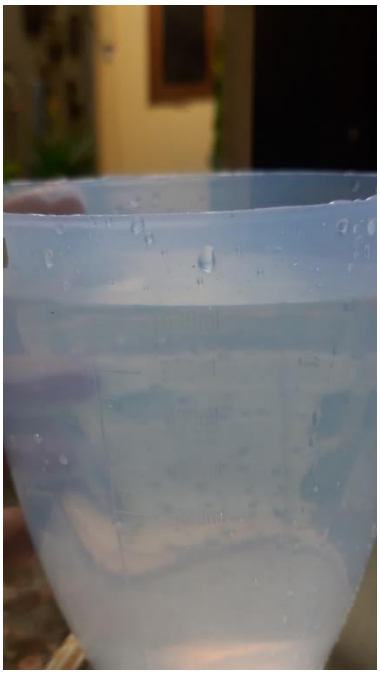
Supardi, R., 1997**.** *Korosi*, Penerbit Tarsito Bandung.

Wiludin, A., & Soepomo, H. 2013. Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Dibandingkan dengan Sacrificial Anode dalam Proses Pencegahan Korosi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2(1), 23–27.

LAMPIRAN

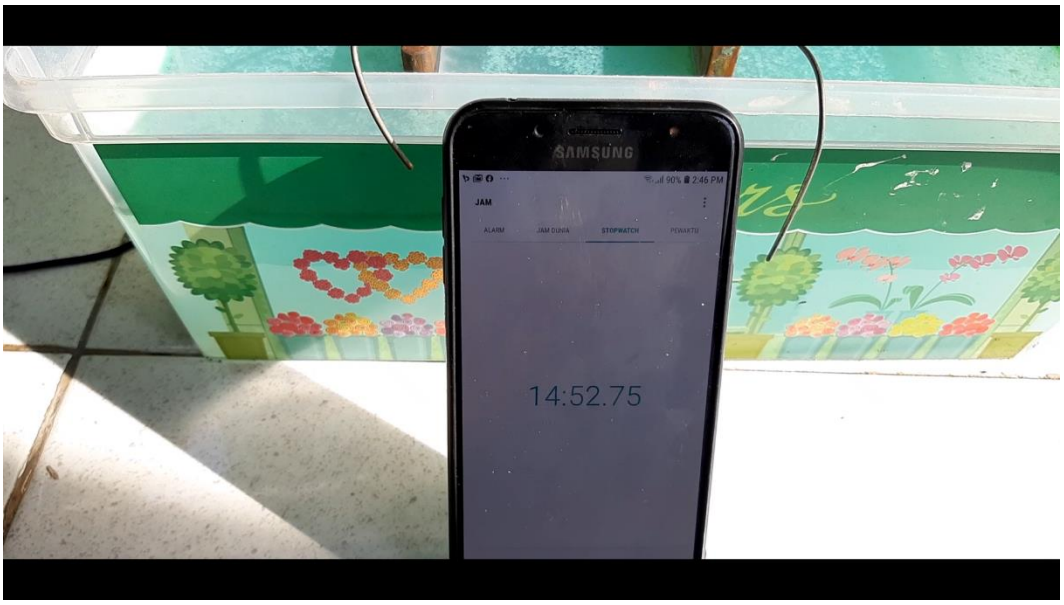
DOKUMENTASI EKSPERIMEN

Timbangan Untuk Garam Nacl



Gelas Ukur 1000 ml

Pengujian ICAF



Ponsel Untuk Timer

Lokasi pengambilan kerang teritip pada body kapal

Novian Andika Pratama dilahirkan di Pasuruan pada tanggal 05 November 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan oleh pasangan Anwar Mustofa dan Ratih Eka Prihatini. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Cikande 1 Tangerang, kemudian dilanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Grati Pasuruan. Menginjak pendidikan menengah akhir penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Grati Pasuruan. Pada tahun 2015 setelah lulus dari SMA, Penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan diantaranya LKMM Pra-DTD, LKMM TD, Lomba ROV tingkat internasional. Pada tahun 2019 penulis berkesempatan melaksanakan kerja praktek di perusahaan PERTAMINA HULU ENERGY ONWJ selama 2 bulan jakarta. Di akhir masa perkuliahan, penulis memfokuskan diri pada bidang korosi dan juga *anti-fouling.* Jika pembaca ingin mengetahui lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini silahkan menghubungi penulis via email.

Kontak Penulis :

Email : pratamanovianandika@gmail.com

Telepon : 082164211386