

Analisis Ketahanan *Microalga* pada Material Baja AH 36 dengan Menggunakan Metode *Impressed Current Anti Fouling* (ICAF)

Gilang Rezha Mahardika, Herman Pratikno, dan Harmin Sulistiyaning Titah

Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: hermanp@its.ac.id

Abstrak—*Biofouling* merupakan salah satu penyebab korosi yang tidak dapat dihindarkan lagi khususnya pada daerah yang terkena lingkungan (air dan udara) secara langsung. Penyebab dari *fouling* ini juga bermacam-macam dan dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *macrofouling* dan *microfouling*. *Macrofouling* contohnya kerang, jamur dan sebagainya. Sedangkan *microfouling* contohnya bakteri, alga, dan sebagainya yang mana keduanya sama-sama menjadi penyebab utama korosi. Maka pada penelitian kali ini akan diuji ketahanan *fouling* yang diakibatkan oleh mikroalga pada umumnya terjadi pada sistem pendingin kapal dan sistem ballasting menggunakan metode *Impressed Current Anti Fouling* (ICAF). Objek yang digunakan pada penelitian kali ini adalah 2 mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* yang pada kasus di lapangannya kedua mikroalga ini sering menjadi penghambat masuknya air laut kedalam sistem pendingin kapal dan menyebabkan korosi pada logam didalamnya. Penelitian kali ini menggunakan air laut komersil yang sudah di filter yang memiliki salinitas sebesar 35 ppt dan menumbuhkan kedua mikroalga tersebut selama 10 hari. Pada penelitian kali ini digunakan variasi arus listrik dan waktu yaitu 0,3, 0,5 dan 1 A untuk arus listrik nya dan 5, 7 dan 10 menit untuk waktu nya yang mana setelah reaktor ICAF diaktifkan katoda yang berupa baja HSLA 36 dan anoda yang berupa tembaga dimasukan kedalam wadah yang sudah terisi oleh mikroalga aktif. Hasil eksperimen ICAF dengan mikroalga menunjukan bahwa reaktor sederhana yang menggunakan sistem ICAF ini berhasil membunuh mikroalga *chlorella vulgaris* dengan persentase tertinggi sebesar 99,98% untuk arus 1 A waktu 10 menit terkecil 97,57% untuk arus 0,3 A waktu 5 menit, sedangkan untuk *spirulina platensis* persentase tertinggi sebesar 99,17% untuk arus 1 A waktu 10 menit terkecil 77,50% untuk arus 0,3 A waktu 5 menit. Maka dari itu semakin besar arus dan lama waktunya maka semakin efektif pula pemakaian dari sistem ICAF tersebut.

Kata Kunci—*Biofouling*, ICAF, Korosi, Mikroalga.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi khususnya dalam bidang kemaritiman baik onshore maupun offshore terus dikembangkan dengan pesat. Meningkatnya kebutuhan ketersediaan energi membuat permintaan akan sumber daya alam maritim yang salah satunya berupa minyak bumi dan gas alam juga kian meningkat. Namun sayangnya, penggunaan teknologi pada bidang *offshore* ini juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satu kekurangan yang hingga saat ini masih menjadi polemik adalah timbulnya kerusakan bagian-bagian yang disebabkan oleh faktor korosi air laut. Laju korosi yang terjadi pada lingkungan laut relatif sangat cepat. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam zat yang terlarut dalam air

laut yang mampu melarutkan zat lainnya antara lain seperti gas-gas terlarut, senyawa-senyawa organik dari organisme hidup, serta garam-garam anorganik yang memiliki konsentrasi lebih besar daripada zat cair lainnya [1] yang mana menyebabkan konstruksi baja yang ditempatkan di laut sebagai tiang pancang juga dapat mengalami korosi yang disebabkan oleh adanya mikroba yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen [2].

Penyebab utama terjadinya korosi pada beberapa bagian kapal diakibatkan oleh *biofouling*. *Biofouling* sendiri merupakan akumulasi materi biologis yang tidak diinginkan dan terjadi pada permukaan suatu material. Hal ini diakibatkan baik oleh makroorganisme (*macrofouling*) maupun akibat dari adanya produksi biofilm yang mana biasanya disebabkan oleh beberapa mikroorganisme seperti bakteri pereduksi sulfat, bakteri pengoksidasi sulfur-sulfida, bakteri besi mangan oksida, jamur, mikroalga, dan protozoa [3]. Adanya *biofouling* khususnya pada bagian lambung kapal sangatlah merugikan karena dapat meningkatkan tahanan kapal yang berujung pada tingginya penggunaan bahan bakar, biaya pemeliharaan, dan proses interferensi parameter [4]. Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian pencegahan korosi dengan sistem *Impressed Current Anti Fouling* (ICAF) yang mana pada sistem ini digunakan reaktor sederhana dengan baja HSLA AH36 sebagai katodanya dan tembaga sebagai anoda nya. Tembaga disini dipilih karena diketahui dapat menjadi inhibit bagi pertumbuhan *biofouling* [5]. Kuat arus dan waktu menjadi perlakuan utama pada penelitian ini dan mikroalga yang digunakan adalah jenis *chlorella vulgaris* dan *spirulina platensis* yang merupakan mikroalga dominan yang terdapat pada air laut terutama di wilayah beriklim tropis hingga sedang [6].

II. URAIAN PENELITIAN

A. Baja

Pada dasarnya baja adalah logam paduan besi, karbon dan juga unsur lainnya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1 % berat sesuai grade-nya. Fungsi dari unsur karbon disini sendiri adalah sebagai penguat dan materi pengisi celah-celah yang ada di dalam baja agar semakin kuat. Baja merupakan material yang sudah umum dipakai dalam berbagai tipe seperti pipa, plat, lembaran, dan sebagainya pada struktur maupun bangunan baik itu *onshore* atau *offshore*. Secara umum baja karbon dapat dibedakan menurut komposisi nya antara lain:

Tabel 1.

Kandungan Baja Karbon Berdasarkan Komposisinya	
Kelas	Kandungan Karbon
Baja Karbon Rendah	0.05%-0.35%
Baja Karbon Menengah	0.35%-0.50%
Baja Karbon Tinggi	0.50%-1.70%

Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (hardness) dan kekuatan tariknya (tensile strength), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility).

Baja HSLA (High Steel Low Alloy) adalah jenis baja paduan rendah yang memiliki kekuatan tinggi dan mudah untuk dibentuk dan biasanya digunakan pada kapal. Baja HSLA ini juga memiliki unsur-unsur paduan yang konsentrasinya hanya sebesar 0.1%. dan tembaga, nikel, niobium, nitrogen, vanadium, kromium, molibdenum, titanium, kalsium, unsur tanah jarang, atau zirconium. Secara umum, karakteristik dari baja HSLA ini adalah sebagai berikut:

- Mempunyai keuletan dan juga kekuatan yang tinggi daripada baja biasanya
- Mempunyai struktur mikro ferit (ferrite) sebagai fasa penyusun utamanya
- Mempunyai ketahanan terhadap patah getas
- Mempunyai kekuatan luluh sekitar >250 Mpa
- Mengandung kadar karbon yang rendah sekitar <0.2% yang mana baik untuk sifat mampu las dan juga mudah dibentuk

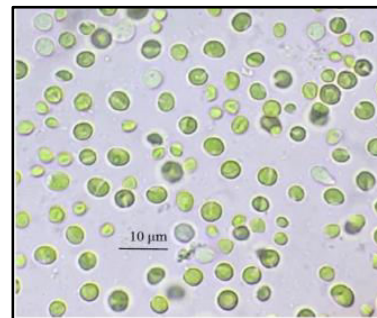
B. Korosi

Korosi adalah proses pengrusakan bahan yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekelilingnya [7] Korosi juga merupakan proses elektrokimia, maksudnya adalah proses reaksi kimia yang melibatkan aliran listrik menuju kesetimbangan termodinamika suatu sistem. faktor lingkungan sendiri dibagi menjadi 2 yaitu kimia dan fisika. Untuk kimia penyebabnya seperti garam terlarut, pH, gas terlarut, oksidizer, mikroorganisme. Sedangkan untuk factor fisika nya antara lain kecepatan aliran, suhu, luas permukaan bidang material, *galvanic coupling* (2 metal yang mempunyai potensial berbeda bertemu).

MIC (*Microbiologically Influenced Corrosion*)

Korosi ini disebabkan oleh aktifitas metabolisme mikroorganisme seperti mikroalga, bakteri dan juga jamur yang mana menyebabkan berkurangnya daya tahan suatu material logam. Bakteri maupun mikroalga ini dapat diklasifikasikan secara luas sebagai *aerobic* (membutuhkan oksigen untuk menjadi aktif) atau *anaerob* (oksigen beracun bagi bakteri dan mikroalga).

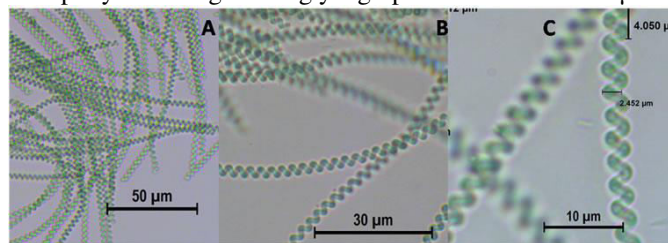
C. *Chlorella Vulgaris*

Gambar 1. *Chlorella vulgaris* [16].

Jenis mikroorganisme ini termasuk kedalam filum Chlorophyta atau yang sering kita kenal sebagai mikroalga hijau. Mikroalga ini jenis mikroalga berbentuk bola berukuran dengan diameter 2-10 μm , bergantung pada jenis spesiesnya.

D. *Spirulina Platensis*

Merupakan jenis mikroalga spiral yang menyebar secara luas, dapat ditemukan di berbagai tipe lingkungan, baik di perairan payau, laut dan tawar [8]. Bentuk dari *Spirulina platensis* ini seperti benang yang berbentuk silindris dan mempunyai dinding-dinding yang tipis berdiameter 1-12 μm .

Gambar 2. *Spirulina platensis* [9].

E. ICAF (*Impressed Current Anti Fouling*)

ICAF biasanya digunakan untuk melindungi beberapa komponen pada kapal dan bangunan lepas pantai seperti sistem pendingin kapal pada *seachest* serta jaringan pipa yang menjadi tempat potensial tumbuhnya korosi akibat mikroorganisme seperti jamur, mikroalga, bakteri dan sejenisnya. Prinsip kerja yang terjadi adalah perbedaan tegangan yang dipicu secara artifisial antara anoda dengan katoda yang sesuai sehingga menyebabkan arus listrik kecil mengalir dari anoda sehingga terbagi pada tingkatan tertentu. Komponen ini biasanya ditempatkan pada lambung kapal (*seachest*) dan berfungsi untuk men-supply air laut yang dibutuhkan sebagai pendingin mesin, sistem ballast dan juga untuk sistem pemadam kebakaran. Pada alat sederhana ICAF yang akan dipakai nantinya juga tidak mengeluarkan arus listrik yang besar, hanya sekitar 1-5 Ampere dan daya dibawah 100 Volt, hal ini sesuai dengan regulasi dari DSB (*Norwegian Directorate for Civil Protection*) yang mengatur tentang batas maksimal voltase yang boleh digunakan pada bangunan laut maupun kapal.

F. Hemocytometer

Hemocytometer merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk dapat melakukan perhitungan jumlah sel secara cepat dan akurat [10].

G. Kamar hitung Improve Neubauer

Kamar hitung *improve neubauer* sendiri merupakan metode kamar hitung yang paling banyak digunakan dikarenakan penggunaannya untuk menghitung jumlah sel yang relative mudah dan cepat. Kamar hitung *improve neubauer* ini mempunyai luas 9 mm² yang terdiri dari 9 kotak besar masing-masing luasnya sebesar 1 mm². Kemudian kotak besar tersebut dibagi lagi menjadi 16 kotak sedang yang luasnya masing-masing 0.25x0.25 mm². Sedangkan 1 kotak besar yang berada di tengah dibagi menjadi 25 kotak sedang dan kemudian 1 kotak sedang dibagi kembali menjadi 16 bidang kecil. Sehingga, total kotak kecil pada bidang tengah berjumlah 400 buah yang memiliki luas 0.05x0.05 mm². Berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah sel yang diawali dengan menghitung jumlah sel pada kamar yang telah ditentukan:

$$\text{Rata-rata sel: } \frac{\text{sel terlihat}}{5 \text{ kotak}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Faktor Pengenceran: } \frac{\text{Volume akhir setelah ditambah pengencer}}{\text{Volume inokulum yang diencerkan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Kepadatan sel (sel/mL) : Rata-rata sel x Faktor pengenceran x } 10^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

H. Persiapan Material Uji

Pada penelitian kali ini, digunakan material uji yang berbahan baja HSLA AH 36 dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 1 cm yang mana pada pengaplikasiannya dalam bidang bangunan laut ataupun kapal. Baja kali ini bertindak sebagai katoda dari alat ICAF sederhana. Disini plat tembaga dipilih sebagai anoda dikarenakan katoda yang dipakai pada penelitian kali ini adalah menggunakan baja HSLA AH 36 sebagai contoh pelat kapal yang digunakan pada praktek di lapangannya. Pelat tembaga ini berukuran 15 cm x 15 cm x 1 cm yang mana ukuran dari anoda tembaga ini mengikuti ukuran dari baja HSLA AH 36 sebagai katodanya.

I. Persiapan Mikroalga Uji

Mikroalga yang digunakan pada penelitian kali ini ialah mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama 10 hari ditumbuhkan dengan media dicampur dengan vitamin dan ditambah aerator dan juga disinari lampu dengan tingkat LUX 6000-8000 selama 12 jam mati 12 jam hidup.

J. Persiapan Larutan Uji

Larutan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah air salinitas dengan kadar 35 ppt pada kedalaman yang dangkal dikarenakan pada prakteknya nantinya sistem pendingin letaknya di bawah yang cukup dangkal. Pada penelitian kali ini menggunakan air laut yang sudah di filtrasi dan di sterilisasi.

K. Pengujian menggunakan alat ICAF

Pengujian menggunakan alat ICAF ini dilakukan dengan mengaliri aliran listrik dari reactor melalui 2 buah kabel negatif dan positif dan di tempelkan kepada katoda (Baja HSLA AH 36) dan anoda (Tembaga) di dalam wadah yang sudah terisi dengan mikroalga yang sudah aktif. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan variasi arus dan waktu yang mana untuk mengetahui di arus dan waktu manakah efektifitas

terbesar yang berhasil membunuh mikroalga penyebab korosi tersebut. variasi arus listrik yang dipakai adalah 0,3, 0,5 dan 1 A. Sedangkan untuk waktu yang dipakai adalah 5, 7, dan 10 menit.

L. Perhitungan mikroalga dengan menggunakan metode Hemocytometer

Setelah dilakukan pengujian, tahapan selanjutnya adalah menghitung mikroalga tersebut dengan menggunakan *Hemocytometer neubauer improved* dengan bantuan mikroskop perbesaran 100 kali (lensa objektif x lensa okuler), alcohol 70% untuk mmebersihkan *hemocytometer*, kaca preparat untuk memperjelas visual mikroalga, *micropipette*, dan *tip pipet* untuk mengambil sample.

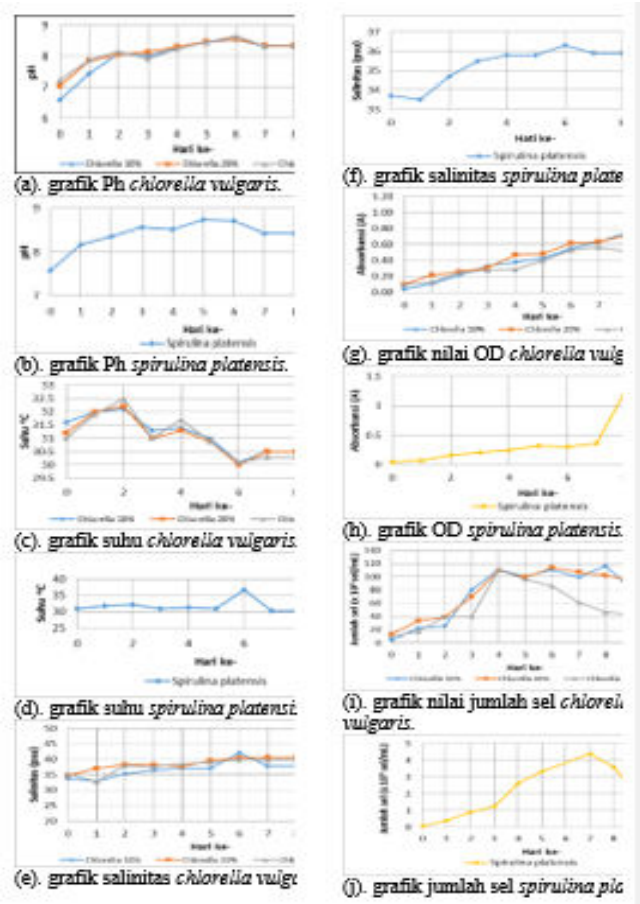
III. HASIL DAN ANALISIS

A. Uji laju pertumbuhan chlorella vulgaris dan spirulina platensis

Uji laju pertumbuhan ini dilakukan selama 10 hari dengan pengambilan sample sebanyak 30 mLselama 24 jam sekali dengan pengaerasian selama 24 jam dan lampu 6000-8000 lux dinyalakan selama 12 jam dalam sehari dengan perbandingan antara air laut dengan media mikroalga sebesar 30:70.

B. Uji parameter Chlorella Vulgaris dan Spirulina Platensis

Parameter yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain pH, Suhu, Salinitas, nilai Optical Density dan jumlah sel.



Tujuan dari menghitung pH, Suhu, Salinitas, nilai Optical Density dan jumlah sel adalah untuk mengetahui nilai laju tren dari mikroorganisme pada hari ke berapakah nilai tersebut menunjukkan tertinggi dan juga keadaan terbaik (fase eksponensial). Dan untuk *chlorella vulgaris* berada pada hari ke 4 sedangkan untuk *spirulina platensis* pada hari ke 7.

C. Hasil uji ketahanan *chlorella vulgaris*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 500 mL media aktif *chlorella vulgaris*. Lalu diambil sample sebanyak 30 mL untuk dihitung jumlah sel nya sebelum terkena paparan. Dan setelah dihitung menggunakan *hemocytometer* didapatkan sejumlah 8550 x 10³ sel/ mL.

1. Hasil eksperimen arus 0.3 A durasi 5, 10 dan 15 menit

Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 208 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 24 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 10 x 10³ sel/ mL.

Tabel 2.

Eksperimen arus listrik 0.3 ampere dengan variasi waktu	
Arus 0.3 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	208
7 menit	24
10 menit	10

2. Hasil eksperimen arus 0.5 A durasi 5, 10 dan 15 menit

Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 168 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 20 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 8 x 10³ sel/ mL.

Tabel 3.

tabel hasil eksperimen arus listrik 0.5 ampere dengan variasi waktu	
Arus 0.5 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	168
7 menit	20
10 menit	8

3. Hasil eksperimen arus 1 A durasi 5, 10 dan 15 menit

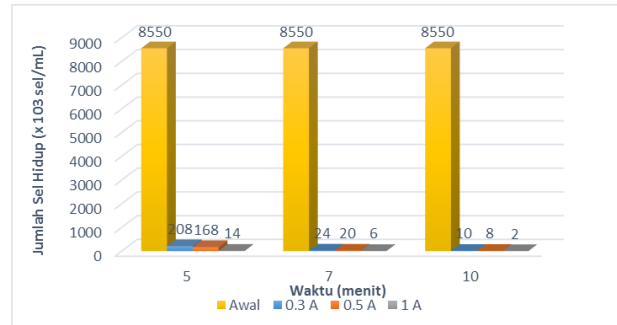
Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 14 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 6 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 2 x 10³ sel/ mL.

Tabel 4.

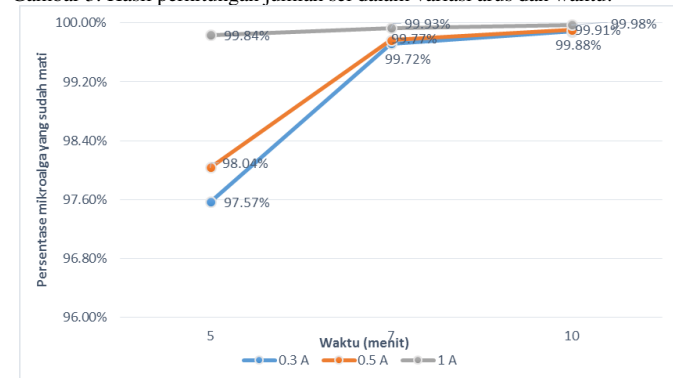
Tabel hasil eksperimen arus listrik 0.1 ampere dengan variasi waktu	
Arus 1 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	14
7 menit	6

D. Grafik jumlah *chlorella vulgaris* hasil eksperimen

Setelah didapatkan hasil perhitungan, maka hasil-hasil tersebut dimasukkan kedalam grafik yang bertujuan untuk mempermudah dan juga mencari manakah variasi arus dan waktu yang paling efektif.



Gambar 3. Hasil perhitungan jumlah sel dalam variasi arus dan waktu.



Gambar 4. Persentase *chlorella vulgaris* yang sudah mati dalam variasi arus dan waktu.

E. Hasil uji ketahanan *spirulina platensis*

Pada pengujian ini sama seperti pada pengujian *chlorella vulgaris*. Pertama-tama tetap menggunakan 500 mL media aktif *spirulina platensis*. Lalu diambil sample sebanyak 30 mL untuk dihitung jumlah sel nya sebelum terkena paparan. Dan setelah dihitung menggunakan *hemocytometer* didapatkan sejumlah 240 x 10³ sel/ mL

1. Hasil eksperimen arus 0.3 A durasi 5, 10 dan 15 menit

Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 54 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 24 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 8 x 10³ sel/ mL.

Tabel 5.

Tabel hasil eksperimen arus listrik 0.3 ampere dengan variasi waktu	
Arus 0.3 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	54
7 menit	24
10 menit	8

2. Hasil eksperimen arus 0.5 A durasi 5, 10 dan 15 menit

Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah

sel hidup sebanyak 14 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 8 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 6 x 10³ sel/ mL.

Tabel 6.
Hasil eksperimen arus listrik 0.5 ampere dengan variasi waktu

Arus 0.5 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	14
7 menit	8
10 menit	6

3. Hasil eksperimen arus 1 A durasi 5, 10 dan 15 menit

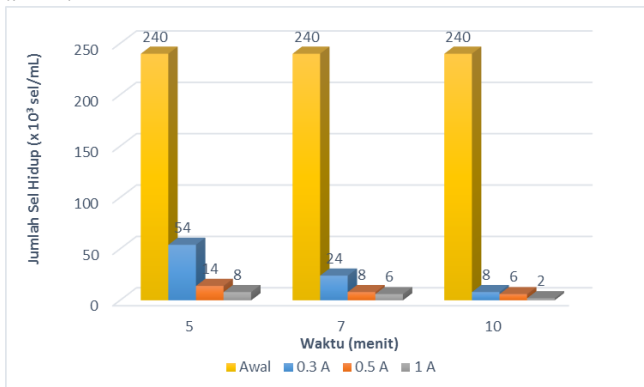
Setelah pengujian dengan variasi waktu tersebut, sample diambil masing-masing 30 mL untuk setelah itu dihitung menggunakan Hemocytometer. Hasil yang didapatkan adalah dengan waktu 5 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 8 x 10³ sel/ mL, untuk 7 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 6 x 10³ sel/ mL, dan untuk waktu 10 menit didapatkan jumlah sel hidup sebanyak 2 x 10³ sel/ mL.

Tabel 6.
hasil eksperimen arus listrik 0.1 ampere dengan variasi waktu

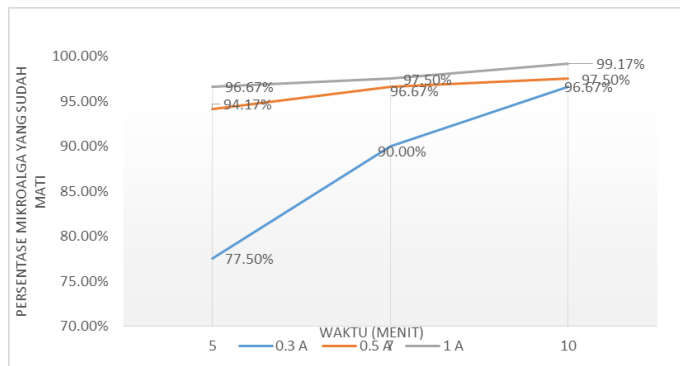
Arus 1 A	Jumlah sel hidup (x10 ³)
5 menit	8
7 menit	6
10 menit	2

F. Grafik jumlah spirulina platensis hasil eksperimen

Setelah didapatkan hasil perhitungan jumlah sel dengan menggunakan hemocytometer, maka hasil-hasil tersebut dimasukan kedalam grafik untuk mencari manakah variasi arus dan waktu yang paling efektif dalam penelitian kali ini.



Gambar 5. Hasil perhitungan jumlah sel dalam variasi arus dan waktu.



Gambar 6. Persentase spirulina platensis yang sudah mati dalam variasi arus dan waktu.

G. Uji AAS (Atomic Absorption Spectrophotometers)

Pengujian AAS ini dilakukan pada Laboratorium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS, Surabaya Jawa Timur menggunakan alat AAS merk Hitachi seri Z-2000. Tujuan dari uji AAS ini adalah untuk mengukur kandungan total dari tembaga (Cu) dari hasil paparan tembaga sebagai anoda dari penelitian ini. Berikut hasil uji AAS dengan sample chlorella vulgaris dan spirulina platensis (semua hasil uji dibawah menggunakan satuan ppm atau part per million).

Tabel 7.
Tabel hasil uji AAS Chlorella vulgaris

Arus	Waktu		
	5 menit	7 menit	10 menit
0.3 A	20.52	20.16	20.80
0.5 A	19.59	20.79	39.94
1.0 A	19	18.91	17.85

Tabel 8.
Tabel hasil uji AAS Chlorella vulgaris

Arus	Waktu		
	5 menit	7 menit	10 menit
0.3 A	10.76	12.91	8.78
0.5 A	10.57	14.50	81.06
1.0 A	11.46	8.47	7.77

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian ICAF ini adalah:

1. Variasi arus dan juga waktu pada uji ICAF ini berdampak pada kematian sel mikroalga. Dari ketiga variasi arus dan waktu setelah dilakukan pengujian didapatkan efektifitas tertinggi dari waktu dan arus dalam hal membunuh mikroalga chlorella vulgaris dan spirulina platensis adalah waktu selama 10 menit dan besar arus listrik sebesar 1 A. Dari hasil pengujian ICAF diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lama waktu paparannya, semakin baik juga dalam hal membunuh mikroalga penyebab fouling.
2. Persentase jumlah sel yang mati dari tiap mikroalga juga didapatkan setelah pengujian ICAF untuk chlorella vulgaris persentase sel mati terbesar pada waktu 10 menit dan arus 1 A adalah sebesar 99.98% yang terkecil pada arus 0.3 A waktu 5 menit sebesar 97.57% sedangkan untuk spirulina platensis didapatkan persentase sel mati terbesar pada waktu 10 menit dan arus 1 A sebesar 99.17% dan terkecil pada arus 0.3 A dengan waktu 5 menit sebesar 77.50%.
3. Berdasarkan hasil pengujian ICAF diatas didapatkan jenis mikroalga yang tidak dapat bertahan adalah chlorella vulgaris dengan persentase kematian jumlah sel sebesar 99,98%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. D. Bixler and B. Bhusnan, "Biofouling: Lessons From Nature," *Phil. Trans. R. Soc.*, vol. 370, 2012.
- [2] T. Briggs and M. O. Eseonu, "Efficiency of Corrosion Inhibitors on Cathodic Protection System," *IJETT*, vol. 8, no. 3, 2014.
- [3] J. Chamberlain and K. Trethewey, *KOROSI (Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1991.
- [4] O. Ciferri, "Spirulina The Edible Microorganism. Microbial Review," 1983.
- [5] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [6] M. Feriandi, "Analisa Penggunaan Impressed Current Anti Fouling (ICAF) sebagai Pencegahan Fouling di Linier Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Lau," Surabaya, 2012.
- [7] K. Hanssen *et al.*, *The Bromotyrosine Derivative Ianthelline Isolated From The Arctic Marine Sponge Stryphnus Fortis Inhibits Marine Micro and Macrobiofouling*. New York: Springer Science & Business Media, 2014.
- [8] K. Irianto, *Mikrobiologi Umum*. Bandung: CV. Yrama Widya, 2007.
- [9] M. Prasad, Shekhar, and A. P. Babhulkar, "Antibacterial Activity of seaweed (Kappaphycus) Extracts Against Infectious Pathogens," *African J. Biotechnol.*, vol. 12, no. 20, pp. 2968–2971, 2013.
- [10] J. M. Maligan, V. T. Widayanti, and E. Zubaidah, "Identifikasi Senyawa Antimikroba Ekstrak Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii* (Kajian Metode Ekstraksi Maserasi, Jenis Pelarut, dan Waktu Ekstraksi)," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 16, no. 3, pp. 195–206, 2015.