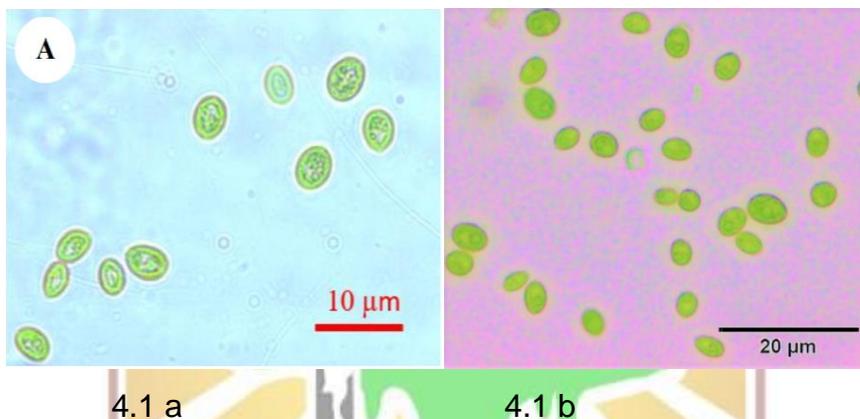


BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Morfologi Mikroalga *Chlorella emersonii*

Uji morfologi dilakukan untuk memastikan bahwa kultur mikroalga yang digunakan pada penelitian merupakan kultur murni dari mikroalga *Chlorella emersonii*. Morfologi mikroalga *Chlorella emersonii* dilihat dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x. Hasil uji kemurnian kultur mikroalga *Chlorella emersonii* dapat dilihat dengan membandingkan antara morfologi literatur (gambar 4.1.a) dengan hasil kultur (gambar 4.1.b) dan dari visualisasinya terdapat keseragaman bentuk sel. Hasil dari perbandingan ini menunjukkan bahwa mikroalga yang ditumbuhkan benar merupakan *Chlorella emersonii*.

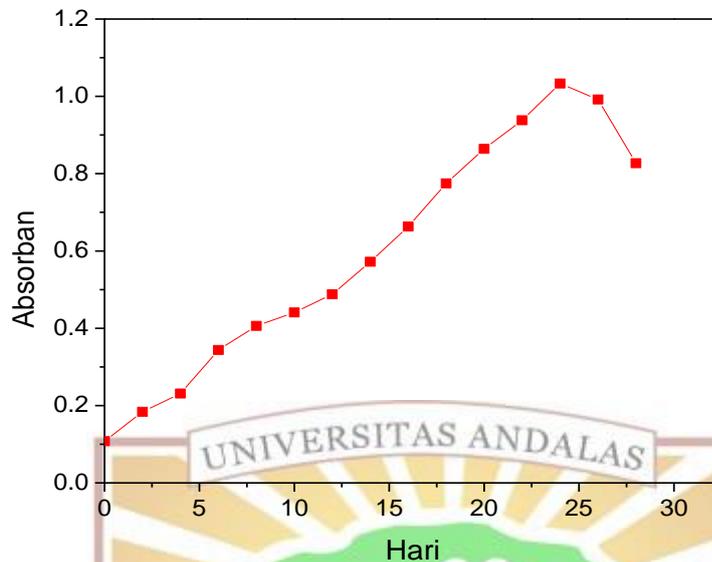


Gambar 4.1 a. Morfologi mikroalga *Chlorella emersonii* (Sumber: Bayu¹⁷); b. Morfologi mikroalga *Chlorella emersonii* hasil pengamatan (perbesaran 400 kali)

4.2 Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella emersonii*

Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella emersonii* diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-vis yang didasarkan pada nilai absorban dari kultur. Absorban yang diukur adalah pada panjang gelombang 680 nm. Pengukuran absorban dilakukan dari hari ke-0 hingga hari ke-24. Pertumbuhan mikroalga ditandai dengan bertambahnya nilai absorban yang menandakan jumlah produksi sel bertambah dan juga ditandai dari warna hijau pada kultur yang semakin hari semakin pekat dibandingkan dari awal kultivasi. Mikroalga memiliki beberapa fase pertumbuhan. Pertama adalah fase lag, dimana mikroalga pada fase ini beradaptasi dengan lingkungan barunya sehingga pertumbuhan pada mikroalga sangat sedikit sekali pada fase ini dan juga teramati bahwa kultur mikroalga berwarna hijau muda. Setelah isolat kultur yang digunakan beradaptasi dengan medium maka mikroalga memasuki fase logaritmik. Selanjutnya mikroalga mengalami fase eksponensial, dimana pada fase ini terjadi pertumbuhan sel yang meningkat secara signifikan. Kemudian mikroalga mulai memasuki fase stasioner yang ditandai dengan mulai berkurangnya

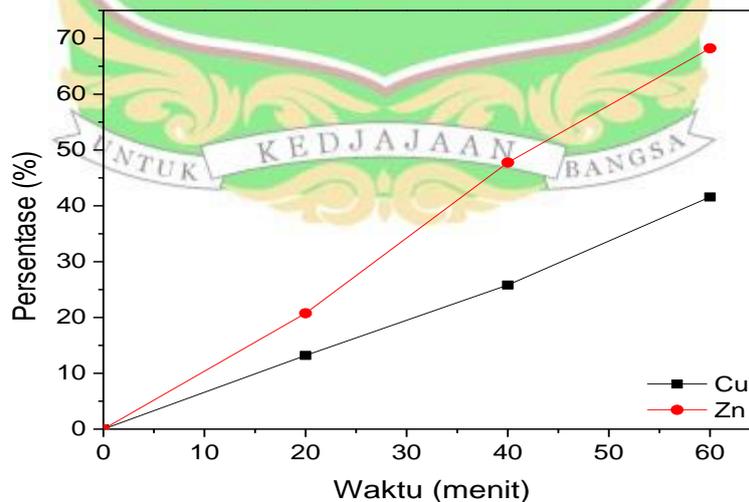
pertumbuhan mikroalga dibandingkan sebelumnya. Fase pertumbuhan mikroalga *Chlorella emersonii* dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2. Grafik Pertumbuhan *Chlorella emersonii*

4.3 Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Hasil Pemanenan

Berdasarkan dari hasil pengamatan, bahan elektroda memainkan peran penting pada efisiensi proses pemanenan²¹. Pada studi ini, dua jenis bahan elektroda yang berbeda dipelajari. Bahan elektroda yang digunakan adalah logam Cu dan Zn. Hasil pengujian bahan elektroda dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik penentuan bahan elektroda

Kondisi pemanenan: Efisiensi pemanenan mikroalga sebagai fungsi waktu ECF menggunakan bahan elektroda yang berbeda. Kondisi kerapatan arus 1.5 mA/cm², kecepatan pengadukan 100 rpm, jarak antar elektroda 1 cm, waktu

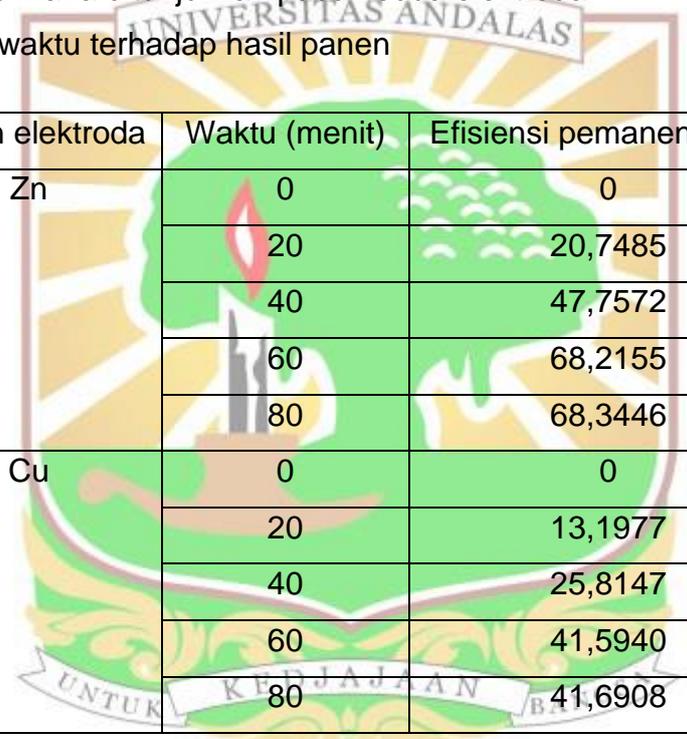
elektrolisis 60 menit.

Pada prinsipnya, logam Zn lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan logam Cu sehingga Zn dapat menghasilkan elektron lebih banyak, hal ini mendorong cepatnya proses penggumpalan mikroalga *Chlorella emersonii* sehingga efisiensi pemanenan meningkat [lampiran 5]. Pemanenan mikroalga *Chlorella emersonii* dengan elektroda Zn menghasilkan efisiensi sebesar 68,4736 % sementara Cu 41,6585 % [lampiran 6].

4.4 Pengaruh Waktu Terhadap Hasil Pemanenan

Waktu elektrolisis juga akan mempengaruhi terhadap besarnya hasil elektrolisis⁴⁰. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 4.1 seiring dengan bertambahnya waktu maka jumlah pemanenan semakin meningkat dimana ditunjukkan pada kedua elektroda.

Tabel 4.1 Pengaruh waktu terhadap hasil panen



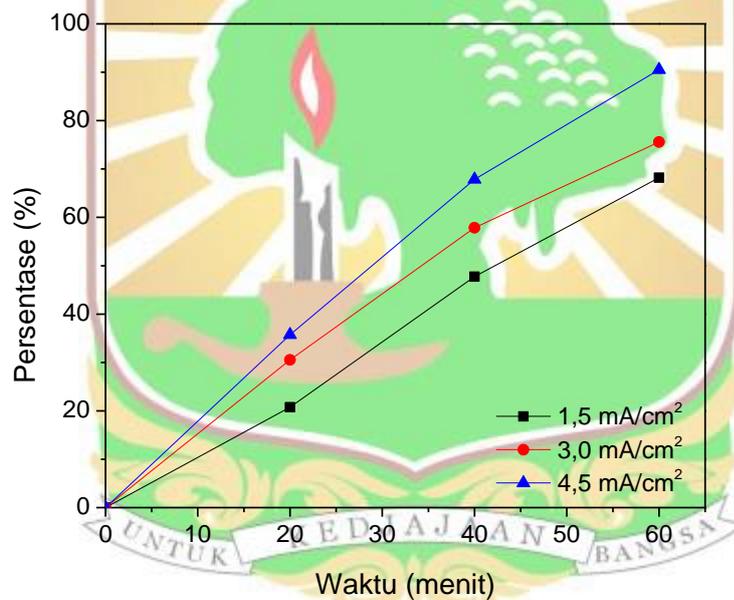
Bahan elektroda	Waktu (menit)	Efisiensi pemanenan (%)
Zn	0	0
	20	20,7485
	40	47,7572
	60	68,2155
	80	68,3446
Cu	0	0
	20	13,1977
	40	25,8147
	60	41,5940
	80	41,6908

Berdasarkan pada studi ini efisiensi pemanenan terbaik diperoleh dengan menggunakan elektroda Zn dibandingkan elektroda Cu dengan persentase pemanenan sebesar 68,2155% dan 41,5940 % [lampiran 7]. Pemanenan maksimal diambil pada waktu 60 menit, hal ini disebabkan pada waktu 80 menit didapatkan hasil persentase pemanenan yang tidak jauh berbeda nilainya. Pemanenan dilakukan dengan menggunakan metoda modifikasi ECF (berbasis elektrolisis). Proses elektrolisis dari H₂O menghasilkan produk gas H₂ dan O₂ (reaksi elektrolisis H₂O) yang membantu proses penggumpalan mikroalga dan proses flokulasi. Produk gas yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah elektron yang terjadi dalam reaksi. Jumlah elektron tersebut berhubungan dengan luas permukaan elektroda, jarak antar elektroda, kuat arus listrik yang diberikan, dan bahan elektroda. Hal ini sesuai

dengan studi yang dilakukan oleh Fayad et al., 2017 menunjukkan bahwa efisiensi pemanenan mikroalga *Chlorella emersonii* sebagai fungsi pengaturan waktu dengan elektroda Al dan Fe menunjukkan elektroda Al menghasilkan efisiensi pemanenan yang lebih tinggi dengan nilai sebesar $99\pm 1\%$ ⁷. Pemanenan yang dilakukan dengan logam Zn nilai persentase pemanenannya lebih rendah bila dibandingkan dengan pemanenan yang menggunakan logam Al, hal ini diduga karena logam Al lebih reaktif dibandingkan logam Zn bila di lihat dari deret volta sehingga logam Al lebih mudah teroksidasi.

4.5 Pengaruh Kerapatan Arus Listrik Terhadap Hasil Pemanenan

Arus listrik merupakan parameter penting dalam proses pemanenan dengan menggunakan metoda EKF, karena tidak hanya mengatur efisiensi panen, tetapi juga konsumsi listrik, tingkat koagulasi dan tingkat kerapatan gelembung mikro⁴¹. Hasil pengujian pengaruh arus listrik dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh arus listrik terhadap pemanenan

Kondisi pemanenan: elektroda Zn, kecepatan pengadukan 100 rpm, jarak antar-elektroda 1 cm, waktu elektrolisis 60 menit.

Hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa pengaruh arus listrik dengan variasi arus 0,05 A; 0,10 A; 0,15 A dimana kerapatan arusnya adalah 1.5 mA/cm²; 3 mA/cm² dan 4.5 mA/cm² didapatkan hasil rata-rata efisiensi panen selama 60 menit sebesar 68.2155 %, 75.5727 %, 90.3516 % [lampiran 8]. Efisiensi pemanenan akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kerapatan arus listrik secara konsisten⁴². Efisiensi panen yang lebih tinggi pada kerapatan arus yang lebih tinggi dapat

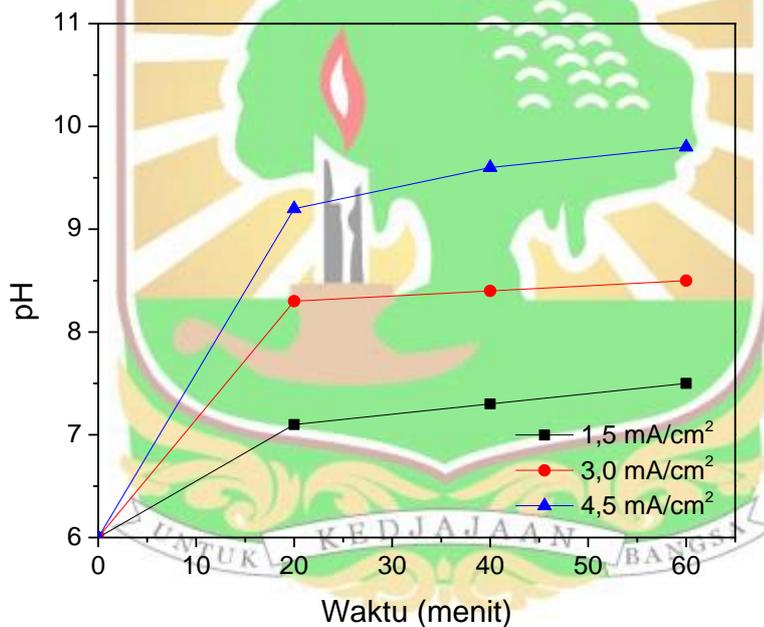
dijelaskan dari hukum Faraday:

$$W = \Phi \cdot \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F} \quad (5)$$

Dalam persamaan ini, F adalah konstanta Faraday ($F = 96.487 \text{ C / mol}$), M adalah berat molekul logam yang diberikan (g / mol), n jumlah elektron dipertukarkan di permukaan elektroda ($n = 2$ untuk seng), I arus (A), t waktu elektrolisis (s), Φ adalah hasil faradaic, dan W memperkirakan massa logam terlarut (g). Berdasarkan hukum Faraday, jumlah koagulan yang dilepaskan hampir secara proporsional dengan kerapatan arus⁴³.

4.6 Pengaruh Kerapatan Arus Listrik Terhadap Nilai pH

Pemanenan pada studi ini, akan dipelajari pengaruh kerapatan arus listrik terhadap nilai pH. Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Nilai pH terhadap fungsi kerapatan arus.

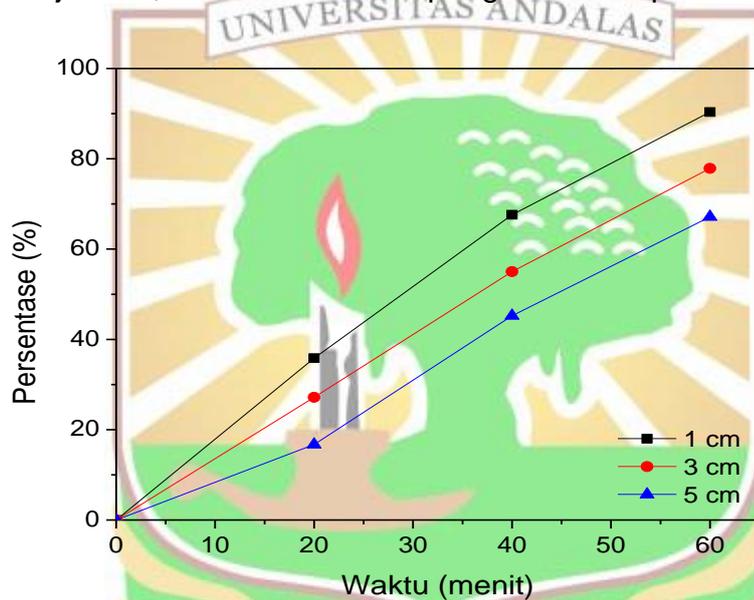
Kondisi pemanenan: kecepatan pengadukan 100 rpm, jarak antar-elektroda 1 cm, waktu elektrolisis 60 menit.

Variabel pH merupakan salah satu yang mempengaruhi proses kinerja ECF, karena menentukan spesiasi logam elektrodanya⁴⁴. Berdasarkan reaksi elektrolisis produknya adalah ion OH^- , hal ini akan berpengaruh pada proses dan waktu panen. Bahan elektroda yang dialiri listrik akan menghasilkan kation dan mikroalga yang bermuatan negatif akan dinetralkan, sehingga memungkinkan terjadinya pemanenan mikroalga. Pada studi ini, nilai

kerapatan arus yang digunakan adalah 1.5 mA/cm^2 ; 3 mA/cm^2 dan 4.5 mA/cm^2 masing-masingnya. Hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan arus menyebabkan peningkatan terhadap nilai pH. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat nilai pH pada kerapatan arus listrik dengan variasi kerapatan 1.5 mA/cm^2 ; 3 mA/cm^2 dan 4.5 mA/cm^2 didapatkan nilai pH maksimal selama elektrolisis 60 menit adalah sebesar 7.5, 8.5 dan 9.8 [lampiran 9]

4.7 Pengaruh Jarak Antar Elektroda Terhadap Hasil Pemanenan

Jarak antar elektroda berhubungan dengan laju proses elektrolisis. Pada studi ini, tiga jarak antar elektroda yang berbeda dipelajari. Perbandingan antara elektroda anoda dan katoda divariasikan pada jarak 1, 3 dan 5 cm. Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh jarak antar elektroda

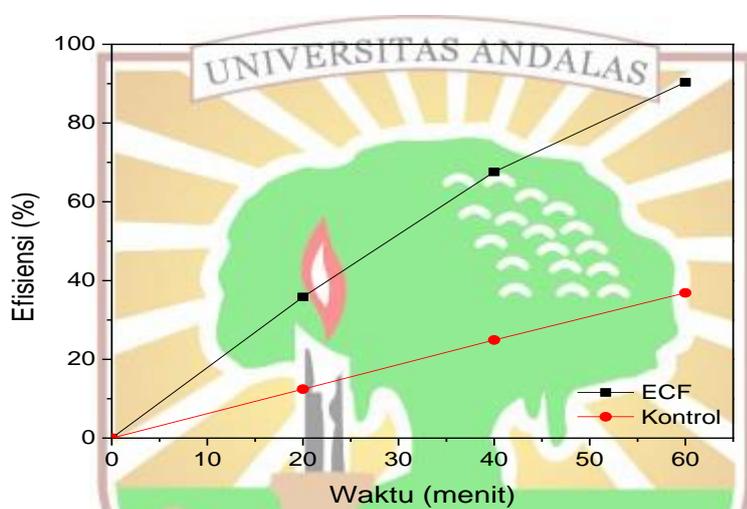
Kondisi pemanenan: pH 9, kerapatan arus 4.5 mA/cm^2 , kecepatan pengadukan 100 rpm, waktu elektrolisis 60 menit. elektroda Zn.

Pada gambar 4.6 dapat dilihat perbandingan jarak antar elektroda, menunjukkan jarak elektroda 1 cm menghasilkan efisiensi yang tertinggi dibandingkan dengan jarak 3 cm, dan 5 cm, maka didapatkan kesimpulan bahwa efisiensi pemanenan akan semakin menurun jika jarak antar elektroda semakin jauh dan sebaliknya efisiensi pemanenan akan meningkat bila jarak antar elektroda semakin dekat. Hasil ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa ketika jarak meningkat, hasil faradaic Φ berkurang, sehingga jumlah koagulan yang dilepaskan dengan waktu berkurang⁴⁵. Hasil eksperimen ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Valero et al 2015 yang menemukan bahwa jarak elektroda 5.5 cm sekitar 3 % lebih efektif daripada jarak elektroda 7 cm⁴⁶. Hal ini juga konsisten pada penelitian ini dengan nilai

efisiensi pemanenan yang didapatkan pada jarak 1 cm, 2 cm, 3 cm diperoleh persentase pemanenan sebesar 90,3516 %, 77.8637 %, 67,1506 % [Lampiran 10] dimana efisiensi pemanenan yang paling baik didapatkan pada jarak 1 cm sebagai jarak yang paling dekat diantara variasi jarak yang lain sehingga jauh lebih baik untuk digunakan dalam proses pemanenan mikrolaga *Chlorella emersonii*.

4.8 Perbandingan Pemanenan Mikroalga dengan Metoda EKF dan Konvensional

Pemanenan mikroalga dengan metoda modifikasi EKF akan dibandingkan efisiensi pemanenannya dengan metoda konvensional. Hasil pengujian efisiensi pemanenan dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Efisiensi pemanenan mikroalga menggunakan metoda ECF dan konvensional

Pada gambar 4.7 ditunjukkan perbandingan pemanenan mikroalga dengan EKF dan pemanenan konvensional (Kontrol). Hasil uji terbaik pada parameter sebelumnya diterapkan pada metode pemanenan EKF dengan menggunakan elektroda Zn, waktu 60 menit, pH 9.8, kerapatan arus 4.5 mA/cm^2 , dan jarak antara elektroda sebesar 1 cm sedangkan pemanenan dengan cara konvensional dipanen dengan cara diendapkan biasa tanpa menggunakan alat. Ketika pemanenan dengan metode EKF tersebut dibandingkan dengan metode konvensional, diperoleh hasil efisiensi maksimal sebesar 90,3516 % dan 36,8828% [Lampiran 11].

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa metode Elektro-Koagulasi-Flokulasi (EKF) dapat digunakan untuk pemanenan mikroalga *Chlorella emersonii*. Pengaruh parameter (bahan elektroda, waktu, arus listrik, pH dan jarak antar elektroda) dari metode modifikasi EKF dapat meningkatkan efisiensi pemanenan mikroalga *Chlorella emersonii*. Kondisi optimum pada proses pemanenan menggunakan elektroda Zn, waktu elektrolisis 60 menit, kerapatan arus $4,5 \text{ mA/cm}^2$, pH 9.8, jarak antar elektroda 1 cm. Hasil pemanenan mikroalga *Chlorella emersonii* lebih efisien dengan menggunakan metode EKF dibandingkan dengan metode konvensional dimana didapatkan hasil persentase efisiensi pemanenan maksimal dari kedua metode sebesar 90,3516 % dan 36,8828%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan uji coba menggunakan elektroda lain yang lebih reaktif
2. Melakukan uji coba dengan menggunakan volume kultur mikroalga yang lebih besar (1 L)

