

Integrasi mikroalga ke dalam *Microbial Fuel Cell* (MFC), yang dikenal sebagai *Algae Fuel Cell* (AFC), menawarkan solusi berkelanjutan untuk krisis energi dan pengolahan limbah. Namun, kinerja AFC sering kali terhambat oleh keterbatasan material elektroda dan parameter operasional yang belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja bioelektrik AFC dengan mengaplikasikan *Biochar Modified Electrode* (BME) dan mengoptimalkan dua parameter kritis: dosis nutrisi (sodium asetat) dan jarak penyinaran. Studi ini menggunakan sistem *dual-chamber* dengan *Chlorella vulgaris* sebagai biokatalis katodik dan lumpur aktif pada anoda. *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain *Central Composite Design* (CCD) diterapkan untuk mengevaluasi pengaruh interaksi antara dosis sodium asetat (1–3 mL) dan jarak penyinaran (5–15 cm) terhadap kinerja sistem. Elektroda grafit dimodifikasi dengan biochar untuk meningkatkan luas permukaan aktif dan memfasilitasi transfer elektron. Analisis statistik menunjukkan bahwa model kuadratik yang dibangun sangat signifikan ($p < 0,05$) dalam memprediksi respons sistem, dengan koefisien determinasi (R^2) untuk *power density* dan *current density* mencapai nilai di atas 0,83. Optimasi parameter menghasilkan peningkatan kinerja yang substansial, di mana sistem BME-AFC mencapai *power density* maksimum sebesar 32,47 mW/m² dan *current density* sebesar 63,65 mA/m² pada kondisi operasi optimum. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi elektroda termodifikasi biochar dengan pengaturan jarak penyinaran dan nutrisi yang presisi dapat meningkatkan produksi bioenergi secara signifikan. Temuan ini memberikan wawasan strategis untuk pengembangan sistem AFC skala besar yang efisien dan hemat biaya.

Kata Kunci: *Algae Fuel Cell* (AFC); *Biochar Modified Electrode*; *Response Surface Methodology* (RSM); *Chlorella vulgaris*; Energi Terbarukan.

ABSTRACT

*The integration of microalgae into Microbial Fuel Cells (MFCs), known as Algae Fuel Cells (AFCs), presents a sustainable pathway for simultaneous bioelectricity generation and wastewater treatment. However, the system's efficiency is often constrained by electrode material limitations and suboptimal operational parameters. This study aims to enhance AFC bioelectric performance by utilizing a Biochar Modified Electrode (BME) and optimizing two critical factors: sodium acetate concentration (nutrient dosage) and light distance. A dual-chamber AFC system was constructed using *Chlorella vulgaris* as the cathodic biocatalyst and activated sludge as the anodic inoculum. Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD) was employed to evaluate the interactive effects of sodium acetate dosage (1–3 mL) and light distance (5–15 cm) on system performance. Graphite electrodes were modified with biochar to increase the active surface area and facilitate electron transfer. Statistical analysis indicated that the developed quadratic model was highly significant ($p < 0.05$) in predicting system responses, with determination coefficients (R^2) for power density and current density exceeding 0.83. The optimization process resulted in substantial performance improvements, with the BME-AFC system achieving a maximum power density of 32.47 mW/m² and a current density of 63.65 mA/m² under optimum operating conditions. This research demonstrates that integrating biochar-modified electrodes with precise control of light and nutrient parameters significantly improves bioenergy production in AFCs. These findings provide strategic insights for developing cost-effective and high-efficiency scalable AFC systems.*

Keywords: *Algae Fuel Cell (AFC); Biochar Modified Electrode; Response Surface Methodology (RSM); *Chlorella vulgaris*; Renewable Energy.*