

Liquid digestate of palm oil mill effluent (LDP) merupakan produk samping kaya nutrisi dari proses biogas yang berasal dari *palm oil mill effluent* (POME). Namun, LDP pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan sering dilepaskan ke lingkungan tanpa pengolahan lanjutan, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah cair ini sebagai media pertumbuhan *Euglena gracilis* dapat memberikan keuntungan ganda, yaitu mengurangi beban pencemar sekaligus menyediakan sumber nutrisi berbiaya rendah untuk produksi biomassa. Dalam penelitian ini, pertumbuhan *Euglena gracilis* dan pengaruhnya terhadap dekomposisi kontaminan organik dalam LDP dikaji dengan memvariasikan konsentrasi LDP (15, 35, dan 45%), lama penyinaran (0, 12, dan 24 jam), serta durasi aerasi *intermittent* (2, 4, dan 6 jam *on* / 0,5 jam *off*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi LDP memberikan pengaruh negatif yang signifikan terhadap berat kering biomassa dengan koefisien regresi sebesar -0,735, yang mengindikasikan terjadinya inhibisi pertumbuhan pada konsentrasi LDP yang lebih tinggi, sementara efek gabungan antara lama penyinaran dan aerasi *intermittent* juga secara signifikan menurunkan produksi biomassa dengan koefisien -0,351. Pada respon penyisihan COD, faktor tunggal tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan; namun, interaksi antara konsentrasi LDP dan aerasi *intermittent* menunjukkan koefisien positif sebesar +10,018, yang mengindikasikan peningkatan efisiensi penyisihan COD pada kombinasi kondisi tertentu. Penyisihan BOD dipengaruhi secara signifikan oleh lama penyinaran dengan koefisien negatif sebesar -11,118, yang menunjukkan bahwa peningkatan durasi penyinaran menurunkan efisiensi penyisihan BOD, sedangkan interaksi antara konsentrasi LDP dan aerasi *intermittent* memberikan kontribusi positif terhadap penyisihan BOD dengan koefisien sebesar +10,145. Optimasi menggunakan *response surface methodology* (RSM) menghasilkan kondisi operasi optimum pada konsentrasi LDP 15%, lama penyinaran 22 jam, dan aerasi *intermittent* 2 jam *on* / 0,5 jam *off*. Analisis kinetika menunjukkan bahwa pertumbuhan pada kondisi terang mengikuti model Contois ($R_X^2 = 0,6001$ dan $R_S^2 = 0,9176$) dengan nilai Y_{XS} sebesar 3,4807 gX/gS, μ_{max} sebesar 1,2519 hari⁻¹, K_S sebesar 1,6566 g/L, dan K_d sebesar 0,0125 hari⁻¹, sedangkan pertumbuhan pada kondisi gelap mengikuti Model Monod ($R_X^2 = 0,6456$ dan $R_S^2 = 0,8242$) dengan nilai Y_{XS} sebesar 3,0690 gX/gS, μ_{max} sebesar 0,5372 hari⁻¹, K_S sebesar 0,1133 g/L, dan K_d sebesar 0,2379 hari⁻¹. Pada kondisi terang, *Euglena gracilis* berinteraksi secara sinergis dengan komunitas bakteri melalui pertukaran oksigen dan karbon dioksida, sedangkan pada kondisi gelap aktivitas fotosintesis terhambat sehingga interaksi simbiotik melemah dan kompetisi nutrisi menjadi lebih intens. Analisis LC-HRMS mengidentifikasi asam stearat sebagai senyawa residu dominan dalam LDP, di mana kondisi terang mempertahankan dominasinya, sedangkan kondisi gelap mendorong diversifikasi metabolit. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pengaturan terpadu konsentrasi LDP, lama penyinaran, dan aerasi *intermittent* berperan penting dalam mengendalikan pertumbuhan biomassa, dinamika interaksi mikroba, perilaku kinetika, serta transformasi kontaminan organik selama kultivasi *Euglena gracilis* dalam LDP.

Kata kunci: *Euglena gracilis*; *Liquid digestate of palm oil mill effluent*; Kultivasi; Bioremediasi; *Response surface methodology*.

ABSTRACT

Liquid digestate of palm oil mill effluent (LDP) is a nutrient rich byproduct of the biogas process from palm oil mill effluent (POME). However, the LDP is often discharged without further purification, and hence may consequently lead to serious environmental issues. Therefore, utilization of the liquid waste as a growth medium for *Euglena gracilis* can offer a dual advantage: reducing pollutant load, while simultaneously providing low-cost nutrients for biomass production. In this study, we investigated growth of *Euglena gracilis* and its impact on organic contaminant decomposition in LDP by varying LDP concentrations (15, 35, and 45%), photoperiods (0, 12, and 24 h), and intermittent aeration durations (2, 4, and 6 h on / 0.5 h off). The results showed that increasing LDP concentration exerted a significant negative effect on dry biomass, with a regression coefficient of -0.735, indicating growth inhibition at higher LDP levels, while the combined effect of photoperiod and intermittent aeration also significantly reduced biomass production, as reflected by a coefficient of -0.351. For COD removal, individual factors were not statistically significant; however, the interaction between LDP concentration and intermittent aeration exhibited a positive coefficient of +10.018, suggesting enhanced COD removal under appropriate combined conditions. BOD removal was significantly affected by photoperiod, which showed a negative coefficient of -11.118 and indicated reduced removal efficiency with prolonged illumination, whereas the interaction between LDP concentration and intermittent aeration contributed positively to BOD removal with a coefficient of +10.145. RSM optimization identified optimal operating conditions at 15% LDP concentration, a 22 h photoperiod, and intermittent aeration of 2 h on/0.5 h off. Kinetic analysis showed that growth under illuminated conditions followed the Contois model ($R_X^2 = 0.6001$ and $R_S^2 = 0.9176$) with Y_{XS} of 3.4807 gX/gS , μ_{max} of 1.2519 day^{-1} , K_s of 1.6566 g/L , and K_d of 0.0125 day^{-1} , while growth under dark conditions followed the Monod model ($R_X^2 = 0.6456$ and $R_S^2 = 0.8242$) with Y_{XS} of 3.0690 gX/gS , μ_{max} of 0.5372 day^{-1} , K_s of 0.1133 g/L , and K_d of 0.2379 day^{-1} . Under illuminated conditions, *Euglena gracilis* interacted synergistically with bacterial communities through oxygen and carbon dioxide exchange, whereas under dark conditions, photosynthetic activity was inhibited, leading to weakened symbiotic interactions and intensified nutrient competition. LC-HRMS analysis identified stearic acid as the dominant residual compound in LDP, with light conditions maintaining its dominance, while dark conditions promoted metabolite diversification. Overall, these results demonstrate that the combined regulation of LDP concentration, photoperiod, and intermittent aeration governs biomass growth, microbial interaction dynamics, kinetic behavior, and organic contaminant transformation during *Euglena gracilis* cultivation in LDP.

Keywords: *Euglena gracilis*; Liquid digestate of palm oil mill effluent; Cultivation; Bioremediation; Response surface methodology