Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 24, No 2 (2024): Juli, 1424-1428
DOI: 10.33087/jiubj.v24i2.5369

Analisis Kinetika Pertumbuhan Mikroalga Spirulina Sp. Menggunakan Pemodelan Richard dan Gompertz pada Fotobioreaktor Algaetree

Arief Eko Setiantoro[1], Nugroho Dewayanto[2], Arief Budiman[3]
[1]Master Program in System Engineering, Gadjah Mada University
[2,3]Center of Excellence For Microalgae Biorefinery, Gadjah Mada University
Correspondence: arief.eko.setiantoro@mail.ugm.ac.id; nugrohodewayanto@ugm.ac.id; abudiman@ugm.ac.id

Abstrak. Algaetree merupakan sistem kultivasi tertutup berjenis *photobioreactor* yang dibuat oleh Universitas Gadjah Mada berkolaborasi dengan Institut Seni Indonesia Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat efektifitas kinetika pertumbuhan mikroalga jenis *Spirulina* sp. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi pengambilan sampel data pada 3 (tiga) titik tempat pertumbuhan mikroalga di Algaetree. Dosis sebanyak 10 ml menggunakan metode sampling kemudian diambil 2 ml untuk diperiksa menggunakan mikroskop dan dihitung jumlah sel mikroalga yang terdapat pada *haemocytometer*. Sel mikroalga yang diteliti dan dihitung pada 4 kolom *haemocytometer* kemudian diakumulasikan jumlah selnya dan dihitung standar deviasi serta kinetika pertumbuhannya menggunakan *microsoft excel* dan *software python*. Hasil, diperoleh bahwa jumlah sel tertinggi mikroalga pada Algaetree sebesar 69166,67 sel/ml, dengan standar deviasi sebesar 4249,18, sementara kinetika pertumbuhan maksimal mikroalga pada algaetree dengan model Richard dan model Gompertz nilai yang paling signifikan ialah model Richard yaitu sebesar (*miumax*) 1,9958, *curve fitting parameter (A)* 6,8700, fase stasioner *(V)* 397,43, dan r-square (R^2) mendekati angka 1 yaitu 0,9674. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat kecocokan data yang diolah dengan sistem kultivasi yang dipakai. Hasil proses kultivasi tersebut dapat dilihat bahwa kinetika pertumbuhan mikroalga cukup signifikan artinya mikroalga jenis spirulina dapat tumbuh dengan baik pada alat yang disebut *Algaetree.* Pada proses berikutnya *Algaetree* dapat dijadikan sebagai objek rujukan pembanding pertumbuhan mikroalga dari sistem kultivasi tertutup dengan sistem kultivasi terbuka.

Kata Kunci: Algaetree, Kinetics Growth, Photobioreactor, Phyton, Spirullina Sp.

Abstract. *Algaetree is a closed cultivation system with a photobioreactor type created by Gadjah Mada University in collaboration with the Indonesian Institute of Arts Yogyakarta. The aim of this research was to see the effectiveness of the growth kinetics of the microalgae type Spirulina sp. The research was carried out by carrying out variations in data sampling at 3 (three) points where microalgae grow in Algaetree. The dose was 10 ml using the sampling method, then 2 ml was taken to be examined using a microscope and the number of microalgae cells found on the haemocytometer was counted. The microalgae cells were studied and counted on 4 haemocytometer columns, then the number of cells was accumulated and the standard deviation and growth kinetics were calculated using Microsoft Excel and Python software. As a result, it was found that the highest cell number of microalgae on the Algaetree was 69166.67 cells/ml, with a standard deviation of 4249.18, while the maximum growth kinetics of microalgae on the Algaetree with the Richard model and the Gompertz model, the most significant value was the Richard model, namely (miumax) 1.9958, curve fitting parameter (A) 6.8700, stationary phase (V) 397.43, and r-square (R^2) close to 1, namely 0.9674. This value shows that there is a match between the data processed and the cultivation system used. The results of the cultivation process can be seen that the kinetics of microalgae growth is quite significant, meaning that spirulina type microalgae can grow well in a tool called Algaetree. In the next process, Algaetree can be used as a reference object for comparing microalgae growth from a closed cultivation system with an open cultivation system.*

Keywords: *Algaetree, Kinetics Growth, Photobioreactor, Phyton, Spirullina Sp.*

PENDAHULUAN

Mikroalga adalah suatu mikro organisme yang mempunyai ukuran satu sampai ratusan mikrometer dan mempunyai klorofil, mampu hidup di air tawar ataupun air laut, memerlukan karbondioksida dan beberapa nutrien serta cahaya untuk berfotosintesis. Secara struktur mikroalga seperti layaknya tumbuhan yang bersel banyak namun tidak mempunyai akar, daun dan batang untuk berfotosintesis. Sel mikro yang terdapat pada mikroalga mampu mengubah karbon dioksida menjadi material potensial seperti pangan, biofuel dan biomaterial melalui energi matahari

(Hadiyanto & Azim, 2012). Terdapat jutaan jenis mikroalga di dunia, sebagian besar dari mikroalga belum dapat dikenali dan juga belum bisa untuk di kultivasi (dikembangbiakkan sendiri). Perkiraan spesies mikroalga yang hidup di alam sekitar 200.000 - 800.000 dengan 35.000 spesies mikroalga telah dikenali dan sekitar 15.000 komponen penyusun biomasanya telah diketahui (Hadiyanto, et al. 2012). Bahkan mikroalga sebagian besar menghasilkan produk seperti enzim, polimer, peptida, karotenoid, antioksidan, asam lemak dan racun yang dapat mematikan (Cardozo, et al. 2007).

Secara struktur diameter mikroalga sangatlah kecil yaitu sekitar 3-30 µm, mikroalga ber sel tunggal, berbentuk benang maupun koloni sering kali di sebut sebagai fitoplankton yang mudah berkembang biak di wilayah perairan laut maupun tawar. Mikroalga memiliki sifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik berwarna hijau (klorofil), biru kehijauan (fikobilin), coklat (fikosantin) dan merah (fikoeritrin). Olehnya mikroalga sering kali banyak terlihat pada permukaan air yang masih dapat tertembus oleh sinar matahari (Reynold, 2006). Mikroalga mampu melakukan fiksasi CO2 dengan tingkat 10–50 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis tumbuhan darat olehnya pada sel mikroalga terdapat kandungan 50% karbon dimana setiap 1,8 kg CO2 dapat ditangkap untuk dikonversi menjadi 0,9 kg biomassa (Chisti, 2007).

Pada penelitian lain setiap 1,8 pon CO2 yang ada pada air ataupun udara dan tertangkap oleh mikroalga maka dapat menghasilkan 1 pon biomassa (Elrayies, 2018). Olehnya untuk bisa melakukan proses penyerapan CO2, mikroalga membutuhkan media kultivasi yang tepat salah satunya dengan memakai sistem kultivasi terbuka ataupun tertutup. Sistem kultivasi tertutup (fotobioreaktor) merupakan suatu sistem kultur yang tidak menyentuh secara langsung permukaan kulturnya, sistem kultur ini biasanya memerlukan perantara berupa dinding transparan pada suatu reaktor (Zittelli et al, 2012). Sementara sistem kultivasi terbuka merupakan suatu sistem kultur yang media kulturnya memanfaatkan lahan kosong untuk dapat dibuat menjadi kolam kultur mikroalga (Arbye, 2020). Pada kedua jenis sistem kultivasi tersebut terdapat kelemahan dan keunggulannya, untuk sistem kultivasi tertutup (fotobioreaktor) keunggulannya adalah optimalnya produksi biomassa, tidak memerlukan lahan yang luas dan rendah kontaminasi sementara pada kultivasi terbuka mempunyai kelemahan rentan terhadap kontaminasi bakteri namun rendah biaya produkssinya bila di bandingkan dengan fotobioreaktor (Kim, 2015). Untuk mikroalga jenis *Spirulina sp.* memiliki nilai optimum pertumbuhan pada suhu 35-40°C dengan nilai ketahanan suhu terendah sekitar 15°C dan kondisi alkalinitas sebesar pH 8,5-11 (Asthary et al, 2016). Bahkan pada penelitian lain menyatakan bahwa mikroalga *Spirulina sp.* dapat tumbuh pada nilai salinitas *10-40 Practical Salinity Units* (Saif, 2017).

METODE

Mikroorganisme dan Media

Pada penelitian ini bahan yang diperlukan adalah mikroalga jenis Spirulina sp. yang bisa diperoleh di lokasi Nogotirto Algae Park. Mikroalga yang telah ditambahkan nutrisi dengan takaran NaCl sebanyak 25 gram, Pupuk NPK 3 gram, Amonium sulfat 15 gram dan Soda ash dense 37,5 gram kemudian di pindahkan dari Nogotirto Algae Park menuju alat yang bernama Algaetree yang berada di Magister Teknik Sistem FT, UGM, Adapun volume mikroalga yang di pindahkan berkisar 500 Liter/m^2.

Cultivation

Proses kultivasi bertempat di Magister Teknik Sistem dengan memakai alat bernama Algaetree dan dilakukan selama 7 hari pada bejana bervolume 500 L/m^2 dengan metode pengambilan data pada tiga titik sampling setiap harinya menggunakan pipet tetes atau suntikan ± 1 mL selanjutnya sampel yang telah diambil di letakkan pada *microtube* kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengamatan kepadatan sel mikroalga menggunakan mikroskop.

Analytical and Statistical Procedures

Perhitungan kepadatan sel mikroalga *Spirulina* sp. dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat pertumbuhan sel mikroalga terjadi. Pengambilan sampel sel mikroalga dilakukan pada tiga titik sampling dengan masing-masing sebanyak 10 mL dan kemudian diambil 0,1 mL setiap titik sampling untuk diletakkan pada *haemocytometer* yang ditutup oleh *cover glass.* Selanjutnya sel mikroalga dapat dihitung dengan metode penghitungan yang berfokus pada empat sudut kotak, penghitungan sel berlaku hanya pada sel mikroalga yang ada pada dalam kotak tersebut setelah dihitung maka dilakukan rata-rata

dengan cara mecari rata-rata dari total jumlah sel yang terdapat pada empat kotak tersebut. Berikut ini persamaan untuk menghitung kepadatan sel mikroalga menurut (Iqbal & Ginting, 2021):

$A = N\, x\, \frac{25}{5}\, x\, 10^4$

Keterangan : A = Kepadatan sel (sel/ml); dan N = Jumlah sel yang teramati

Sementara untuk mempelajari kinetika pertumbuhan, model yang dipakai untuk menganalisis menggunakan model Gompertz dan Richard (Phukoetphim et al., 2017). Persamaan deferensial diselesaikan secara logaritmik menggunakan software phyton untuk meminimalkan jumlah kuadrat kesalahan (SSE). Berikut persamaan model Gompertz dan Richard:

Gompertz Model:

$$X = Xo + \left[X_{max}.\exp\left[-\exp\left(\left(\frac{r_m.\exp(1)}{X_{max}}\right)(t_L - t) + 1\right)\right]\right]$$

Richard Model

$$X = \left(1 + v\exp(1+v)\exp\left(\frac{\mu_m}{A}(1+v)\left(1+\frac{1}{v}\right)(tl - t)\right)\right)^{\left(\frac{-1}{v}\right)}$$

Keterangan: X = Kepadatan sel; X_0 = Kepadatan sel awal; X_{max} = Kepadatan sel maksimu; r_m = Produksi sel maksimum; t_L = *Lag time*; v = *Fase stasioner*; μ_m = Paremeter max. spesific *growth* rate; A = *Curve fitting* parameter.

HASIL

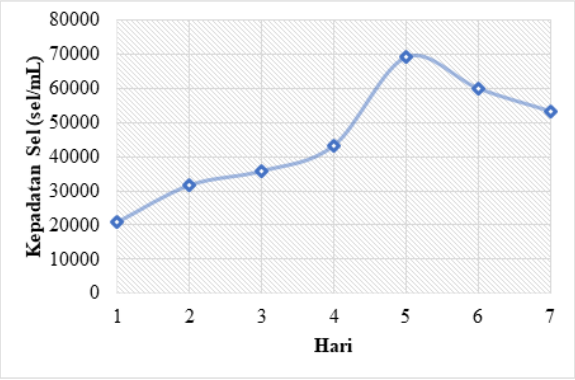
Kepadatan Spirulina sp.

Mikroalga mengalami lima fase yaitu fase lag, fase eksponensial, fase penurunan pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian (Kawaroe & Partono, 2010). Pada pertumbuhannya mikroalga juga memerlukan ketersediaan nutrisi, pH, cahaya, CO2, suhu, salinitas dan oksigen (Chowdury et al, 2020). Untuk menghitung kepadatan sel *Spirulina* sp. diperlukan pengamatan data dari hari pertama kultivasi sampai pada hari ketujuh pemanenan sehingga dapat diperoleh standar deviasi pada pertumbuhan sel *Spirulina* sp. Kepadatan sel *Spirulina* sp. dihitung menggunakan perantara alat mikroskop dan *Neubar Haemocytometer* guna menghitung kepadatan total sel *Spirulina* sp. Waktu puncak kepadatan sel *Spirulina* sp. dapat dilihat dari hasil pengamatan harian.

Tabel 1
Data Kepadatan Sel Spirulina sp. Pada Media Kultur Algaetree

Hari	Kepadatan Sel x 10^4			Hasil	sel/mL
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
Hari 1	2,50	2,25	1,50	2,08	20833,33
Hari 2	3,75	3,00	2,75	3,16	31666,67
Hari 3	3,25	4,50	3,00	3,58	35833,33
Hari 4	3,25	4,75	5,00	4,33	43333,33
Hari 5	6,50	6,75	7,50	6,91	69166,67
Hari 6	6,75	5,75	5,50	6,00	60000,00
Hari 7	6,25	4,50	5,25	5,33	53333,33

Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 1
Data Kepadatan Sel *Spirulina* sp. Pada Media Kultur Algaetree

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 1 menjelaskan hasil pengamatan diperoleh data sel mikroalga *Spirulina* sp. pada hari pertama sebanyak 2,83 x 10^4 artinya alga sudah mulai menyerap nutrisi yang diberi sehingga amat mudah beradaptasi dengan media tumbuh yang baru dan mulai meningkat secara signifikan sampai pada masa puncak hari kelima yaitu sebanyak 6,91 x 10^4. Pada masa puncak inilah proses fotosintesis terjadi secara masif, sehingga pembelahan sel mikroalga tumbuh sangat signifikan banyak. Setelahnya pada hari keenam sampai ketujuh mikroalga memasuki pada fase penurunan dimana alga sudah mulai kehilangan daya untuk bertumbuh hingga sel yang

diproduksi mengalami penurunan mencapai 5,33 10^4 sehingga memungkinkan untuk segera dilakukan pemanenan sebelum memasuki fase tidak mampu lagi untuk bertumbuh dan bertahan hidup sehingga mengakibatkan kematian.

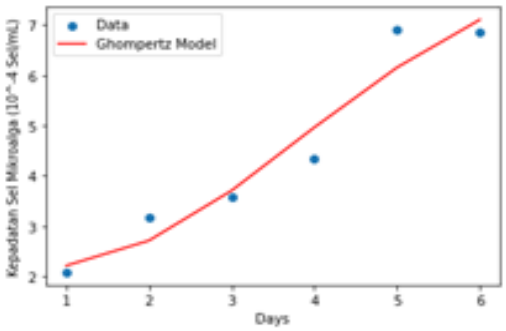
Kinetika Pertumbuhan Mikroalga Spirulina sp.

Perhitungan laju pertumbuhan dilakukan untuk memperkirakan hubungan berat kering biomassa dengan pertumbuhan mikroalga. Olehnya perlu adanya pendekatan secara empiris dengan menggunakan dua pemodelan yaitu dengan model Gompertz dan model Richard. Hasil perhitungan laju pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. menggunakan metode perhitungan logaritmik dengan memakai software phyton dan pendekatan model Gompertz, Richard dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2..

Tabel 2
Data Jumlah Sel *Spirulina* sp. Pada Algaetree

Hari	Sel/ml (hasil)
Hari 1	20833,33333
Hari 2	31666,66667
Hari 3	35833,33333
Hari 4	43333,33333
Hari 5	69166,66667
Hari 6	60000,00000
Hari 7	53333,33333

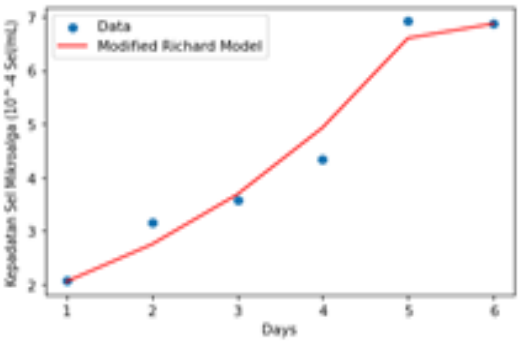
Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 2
Grafik Kinetika Model Gompertz

Tabel 2 dan Gambar 2 menjelaskan perhitungan kinetika pertumbuhan memakai metode logaritma phyton dengan pemodelan Gompertz diperoleh hasil nilai produksi sel maksimum (rm) sebesar 1,2818, lag time (tl) sebesar 1,7499 dan sum square error (r2) sebesar 0,9357.



Sumber: data olahan

Gambar 3
Grafik Kinetika Model Richard

Tabel 3 dan Gambar 3 menjelaskan perhitungan kinetika pertumbuhan memakai metode logaritma phyton dengan pemodelan Richard diperoleh hasil nilai miumax (μ_{max}) sebanyak 1,9958, curve fitting parameter (A) sebesar 6,8700, nilai fase stasioner (V) sebesar 397,43, lag time (tl) 1,6520 dan Sum Square Error (r2) sebesar 0,9674. Dapat dilihat nilai R-square error dari hasil perhitungan menggunanken pendekatan model Richard dan Gompertz yaitu sebesar 0,9357 dan 0,9674. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model mana yang paling sesuai dengan data yang diamati sehingga memungkinkan untuk mengetahui seberapa cocok prediksi model dengan nilai data yang sebenarnya. Semakin besar nilai R square errornya (mendekati angka 1), maka semakin sesuai model pendekatan yang digunakan.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil kepadatan sel tertinggi *Spirulina* sp. terdapat pada hari kelima yaitu sebesar 6,91 x 10^4 sementara penurunan sel alga sebelum mencapai kematian terdapat pada hari ketujuh sebesar 5,33 x 10^4. Sementara untuk nilai kinetika pertumbuhan mikroalga, pendekatan model logaritma yang lebih relevan digunakan yaitu model Richard. Sebab pendekatan model Richard nilai R-square lebih besar bila dibandingkan dengan nilai R-square model Gompertz yaitu sebesar 0,9674. Artinya nilai data eksperimen yang diperoleh tidak jauh beda dengan data hasil yang disimulasikan menggunakan logaritma Phyton.

DAFTAR PUSTAKA

Arbye, T. 2020. Perancangan Photobioreactor Mikroalga *(Chlorella sp.)* Sebagai Fasad pada Prototipe Bangunan Halte Bus di

Indonesia. *Tesis*. Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Asthary, P. B., Setiawan, Y., Surachman, A., & S. 2016. Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina platensis* dalam Efluen Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*, *3*(2), 97–102.

Cardozo, AP., Bersano, JGF. dan Amaral, WJA. 2007. Composition, Density and Biomass of Zooplankton in Culture Ponds of Litopenaeus Vannamei (Decapoda:Penaidae) in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 11(1), 13-20.

Chisti, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae. *Biotechnology Advances*. 25(3), 294-306.

Chowdury, Md. Kamrul & Nahar, Nurun & Deb, Ujjwal Kumar. 2020. The Growth Factors Involved in Microalgae Cultivation for Biofuel Production: A Review. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*. 9. 185-215.

Elrayies, G. M. 2018) Microalgae: Prospects for Greener Future Buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *81*, 1175–1191.

Hadiyanto, & Azzim, M. 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan.* Semarang: UPT UNDIP Press Semarang.

Hadiyanto, Samidjan, I., Kumoro, A.C., Silviana, 2012,, Produksi Mikroalga Berbiomasa Tinggi dalam Bioreaktor Open Pond, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta

Reynold, C. 2006. *Ecology of phytoplankton*. Cambrdige University Press, New York

Saif A, H. A. 2017. Indoor and Outdoor Culture of Spirulina (Arthrospira plantesis) Grown in Different Salinity in Sultanate of Oman. *Secheresse, 4*, 9-15.

Iqbal Maulana Ginting, E. A. 2022. The Effect of Liquid Organic Fertilizer "Bio Ferti" Application on the Growth Rate of Spirulina plantesis byUsing Haldane Model. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology, 7,* 1-16.

Phukoetphim, N., Salakkam, A., Laopaiboon, P., & Laopaiboon, L. 2017. Kinetic Models for Batch Ethanol Production from Sweet Sorghum Juice Under Normal and High Gravity Fermentations: Logistic and Modified Gompertz models. *Journal of Biotechnology*, *243*, 69-75.

Kawaroe, M. & Partono, T. 2010. *Mikroalga: Produksi dan Pemanfaatannya untuk Bio Bahan Bakar*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.

Kim, S.K. 2015. *Springer Handbook of Marine Biotechnoogy*. New York: Springer.

Zittelli, G. C., Rodolfi, L., Bassi, N., Biondi, N., & Tredici, M. R. 2012. Photobioreactors for Microalgal Biofuel Production. *Algae for Biofuels and Energy*, 115–131.