

JURNAL ILMIAH SAINS & TEKNOLOGI

Aloysius Yuli Widiyanto

Pengaruh Suhu Dan Laju Alir Volumetrik Reaktan pada Reaksi Hidrolisa Acetic Anhidrid

Lie Hwa

Aplikasi Teori Teknik Kimia dalam Mencari Model Matematis Pengurangan Berat Tomat Selama Penyimpanan

Tjie Kok

The Isolation-Purification of Caffeine Using Two Common Methods

Edy Purwanto, Yunus Fransiscus

Optimasi Produksi Biomassa Mikroalga *Scenedesmus dimorphus*

Natalia Suseno, Alasen Sembiring Milala, Maulinda Yosinaga, Dessy

Uji Sterilitas Kasa Steril dari Berbagai Jenis Pengemas yang Telah Dibuka Kemasan Sekundernya dan Disimpan Selama Tiga Hari

Joice Ruth Juliana

Studi Model Matematis Sistem Pemanas Air dengan Alat Pengumpul Panas Surya

**JURNAL ILMIAH
SAINS & TEKNOLOGI**
ISSN 0216-1540

Terbit dua kali setahun pada bulan Juni dan Desember. Berisi tulisan yang berasal dari hasil penelitian, kajian atau karya ilmiah di bidang Sains dan Teknologi.

Ketua Penyunting

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Penyunting Pelaksana

Benny Lianto
Nani Parfati

Staf Pelaksana

Tang Hamidy, Hadi Krisbiyanto, Sukono

Penerbit

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Surabaya

Alamat Penerbit/Redaksi

Gedung Perpustakaan Lt.IV, Universitas Surabaya
Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya, 60293
Telp. (031) 2981360, 2981365
Fax. (031) 2981373
Website : <http://lppm.ubaya.ac.id>
E-mail : lppm@ubaya.ac.id

Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi pernah terbit dengan nama *Unitas* (pertama kali terbit tahun 1992) oleh Lembaga Penelitian Universitas Surabaya.

Isi di luar tanggung jawab Percetakan.

**JURNAL ILMIAH
SAINS & TEKNOLOGI**
ISSN 0216-1540

Volume 5 Nomor 2, Juni 2012
Halaman 59-106

Aloysius Yuli Widiyanto

Pengaruh Suhu dan Laju Alir Volumetrik Reaktan pada Reaksi Hidrolisa
Acetic Anhidrid
(hal: 59-65)

Lie Hwa

Aplikasi Teori Teknik Kimia dalam Mencari Model Matematis
Pengurangan Berat Tomat Selama Penyimpanan
(hal: 66-74)

Tjie Kok

The Isolation-Purification of Caffeine Using Two Common Methods
(hal: 75-80)

Edy Purwanto, Yunus Fransiscus

Optimasi Produksi Biomassa Mikroalga *Scenedesmus dimorphus*
(hal: 81-90)

Natalia Suseno, Alasen Sembiring Milala, Maulinda Yosinaga, Dessy

Uji Sterilitas Kasa Steril dari Berbagai Jenis Pengemas yang Telah Dibuka Kemasan
Sekundernya dan Disimpan Selama Tiga Hari
(hal: 91-100)

Joice Ruth Juliana

Studi Model Matematis Sistem Pemanas Air dengan Alat Pengumpul Panas Surya
(hal: 101-106)

OPTIMASI PRODUKSI BIOMASSA MIKROALGA

Scenedesmus dimorphus

Edy Purwanto, Yunus Fransiscus

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

Abstract

Microalgae is a microphyta from eukaryotic unicellular has an average diameter of 20 μ m. Microalgae has potential as a raw material for biodiesel production as it contains a high amount of oil. Therefore, oil production from microalgae will rely on biomass concentration in the media. In this research, microalgae *Scenedesmus dimorphus* was cultivated in the glass reactor reactor then CO₂ gas at certain rate was bubbled into the reactor. A response surface method was performed to determine the influence of nitrogen concentration in the form of KNO₃, rate of CO₂ gas and pH on biomass concentration. In addition, the optimal operating conditions were determined indicated by high content of biomass. A central composite design, with three independent variables and one response function was utilized to determine the influence of the input variables. The biomass concentration increased with increasing concentration of KNO₃, rate of CO₂ gas and medium pH before reaching the maximum point and then monotonically decreases. The optimal operating condition indicated by maximum biomass content was achieved with a KNO₃ concentration of 1.98 g/L, a rate of CO₂ gas of 1.07 mL/min and at a pH medium of 8.37.

Keywords: microalgae, *Scenedesmus dimorphus*, biomass

PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan microphyta dari jenis spesies eukariotik bersel tunggal yang hidup secara individu, berantai dan berkelompok. Microalgae yang banyak dikembangkan secara umum adalah memiliki diameter rata-rata sekitar 20 μ m. Mikroalga merupakan jenis alga yang berfotosintesis sehingga membutuhkan cahaya dan CO₂ sebagai sumber karbon (Radaelly et al., 2009).

Mikroalga memiliki kandungan minyak yang bervariasi, sehingga bisa digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel. Karena harga minyak bumi yang semakin meningkat, cadangan minyak bumi yang semakin menipis dan isu global warming yang dihubungkan dengan pembakaran bahan bakar fosil maka penelitian mikroalga sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi perlu menjadi perhatian yang serius. Bila dibandingkan antara mikroalga dan sumber bahan baku

minyak nabati yang lain, mikroalga memberikan keuntungan diantaranya adalah minyak yang dihasilkan bisa mencapai 400 kali lipat untuk luasan lahan yang sama yang digunakan untuk kultivasi, sehingga semakin besar produksi biomassa maka akan menghasilkan minyak dalam jumlah yang lebih besar karena minyak terkandung di dalam biomassa mikroalga.

Mikroalga adalah salah satu organisme yang dapat tumbuh pada rentang kondisi yang luas dipermukaan bumi. Mikroalga biasanya ditemukan pada tempat-tempat yang lembab atau benda-benda yang sering terkena air dan banyak hidup pada lingkungan berair di permukaan bumi. Mikroalga dapat hidup di semua tempat yang memiliki cukup sinar matahari, air dan karbondioksida (Chisti, 2007). Mikroalga merupakan tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan CO₂ untuk keperluan

Tabel 3. CCD dan response kadar biomassa

Konsentrasi KNO ₃ (g/L)	Laju gas CO ₂ (mL/menit)	pH media	Kadar Biomassa (g/L)
X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁
-1	-1	-1	0,9781
1	-1	-1	0,9811
-1	1	1	0,9905
1	1	1	0,9806
-1	-1	1	1,0011
1	-1	1	0,9951
-1	1	1	0,9881
1	1	1	0,9744
-1,682	0	0	0,9882
1,682	0	0	0,9876
0	-1,682	0	0,9955
0	1,682	0	0,9696
0	0	-1,682	0,9777
0	0	1,682	0,9955
0	0	0	1,0056
0	0	0	1,0112
0	0	0	0,9896
0	0	0	1,0088
0	0	0	1,0006
0	0	0	1,0117

Tabel 4 merupakan hasil analisa regresi statistik menggunakan metode multiple linear regression untuk variabel output kadar biomassa.

Tabel 4. Regresi statistik konversi kadar biomassa

Regresi statistik	Kadar biomassa (Y)
Multiple R	0,925
R ²	0,855
Adjusted R ²	0,725
Standard Error	0,007
Observations	20,000

Tabel 5. Analysis of Variance (ANOVA) kadar biomassa

Source	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	9	0,00250	0,00029	6,56552	0,00347
Residual	10	0,00042	4,23E-05		
Total	19	0,00293			

Tabel 6. Signifikansi dari koefisien regresi konversi kadar biomassa

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	1,004604	0,003	378,426	0,000
X ₁	-0,001159	0,002	-0,591	0,568
X ₂	-0,006119	0,002	-2,898	0,016 ^b
X ₃	0,0064805	0,002	3,194	0,010 ^b
X ₁ ²	-0,006043	0,002	-3,425	0,006 ^a
X ₂ ²	-0,007934	0,002	-4,497	0,001 ^a
X ₃ ²	-0,006503	0,002	-3,685	0,004 ^a
X ₁ X ₂	-0,001103	0,003	-0,403	0,695
X ₁ X ₃	-0,002944	0,003	-0,994	0,344
X ₂ X ₃	-0,001928	0,003	-0,671	0,517

^a Significant at 1.0% (p<0.01)

^b Significant at 5.0% (p<0.05)

Suatu regresi yang signifikan mempunyai nilai $R^2 > 0,85$ dan nilai signifikansi $F < 0,05$. Nilai regresi statistik ditunjukkan oleh tabel 4, analisa ANOVA terletak pada tabel 5 dan koefisien regresi yang diperoleh dari hasil percobaan terdapat pada tabel 6.

Model menunjukkan korelasi yang bagus terhadap data hasil eksperimen seperti ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R^2) yang bagus untuk response kadar biomassa. Analisa data untuk regresi dilakukan menggunakan program Microsoft Excel dan software Matlab untuk plotting digunakan untuk visualisasi hasil yang diperoleh.

Hasil signifikansi kadar biomassa menunjukkan bahwa pembentukan biomassa mikroalga *Scenedesmus dimorphus* ketiga variabel input merupakan variabel

yang berpengaruh signifikan dan merupakan fungsi kuadrat dari konsentrasi KNO_3 , laju gas CO_2 dan pH media pada nilai signifikansi $p < 0,05$. Dari tabel 5 juga dapat dilihat bahwa laju gas CO_2 merupakan variabel yang berpengaruh paling signifikan terhadap pembentukan biomassa ditunjukkan dengan nilai p terkecil dibandingkan dengan pengaruh variabel-variabel independent yang lain.

Data eksperimen dari hasil central composite design dimodelkan dengan persamaan polynomial orde dua menggunakan multiple linear regresi. Korelasi antara kadar biomassa Y dan tiga variabel independent (konsentrasi KNO_3 , laju gas CO_2 dan pH media) dalam unit terkode dengan menerapkan metode

response surface dapat diwakili oleh persamaan:

$$Y_1 = 1,004604 - 0,001159X_1 - 0,00511X_2 + 0,005430X_3 - 0,006043X_1^2 - 0,007934X_2^2 - 0,006503X_3^2 - 0,001103X_1X_2 - 0,002944X_1X_3 - 0,001928X_2X_3$$

dimana Y (kadar biomassa dalam g/L) merupakan response; X_1 , X_2 dan X_3 merupakan nilai variabel independent terkode (konsentrasi KNO_3 , laju gas CO_2 dan pH media)

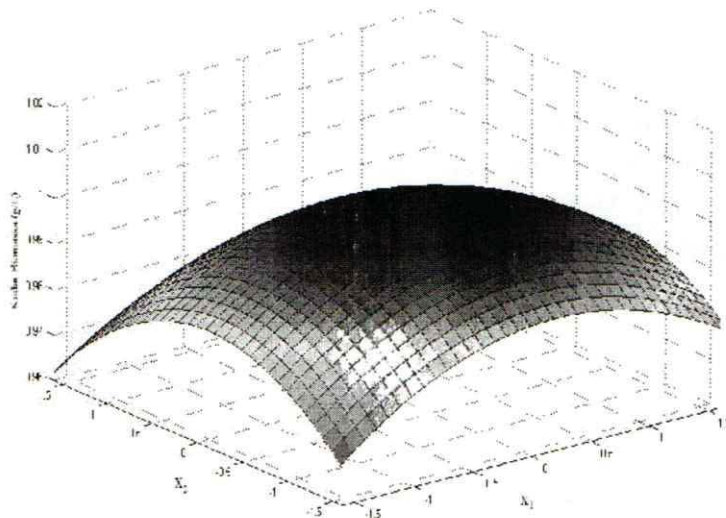
Kondisi optimum pembentukan biomassa mikroalga dapat diperoleh

dengan menurunkan persamaan Y menggunakan turunan parsial dan diperoleh nilai X_1 , X_2 dan X_3 adalah masing-masing sebesar -0,037; -0,325; dan 0,374. Nilai aktual dari variabel independent dapat diperoleh dengan mengkonversi nilai terkode tersebut

$$X_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x_i}$$

dan kondisi optimal untuk pertumbuhan biomassa mikroalga diperoleh pada konsentrasi KNO_3 sebesar 1,98 g/L, laju alir gas CO_2 sebesar 1,07 mL/menit, dan pH media sebesar 8,37.

Pengaruh Konsentrasi KNO_3 dan Laju Gas CO_2 Terhadap Kadar Biomassa



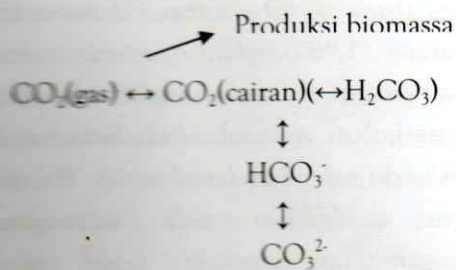
Gambar 1. Pengaruh konsentrasi KNO_3 dan laju gas CO_2 terhadap biomassa

Gambar 1 merupakan hasil analisa respons surface pada pengaruh konsentrasi KNO_3 (X_1) dan laju gas CO_2 (X_2) terhadap kadar biomassa pada kondisi pH 8,37 kondisi optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar biomassa meningkat dengan

bertambahnya konsentrasi KNO_3 dan laju gas CO_2 sampai titik optimal dan kemudian turun seiring dengan meningkatnya kadar KNO_3 dan laju gas CO_2 .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi KNO_3 dan laju gas

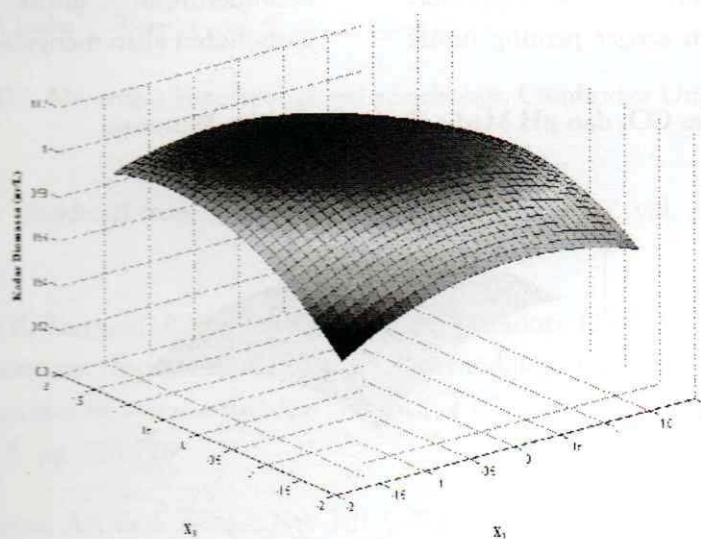
CO₂ mempengaruhi produktifitas pembentukan biomassa mikroalga. Peningkatan laju gas CO₂ sampai titik maksimum 1,07 mL/menit menunjukkan peningkatan produksi biomassa mikroalga namun peningkatan laju gas CO₂ berikutnya cenderung memberikan penurunan pada kadar biomassa yang terbentuk. Sorensen et al. (1996) menjelaskan mekanisme konversi CO₂ menjadi biomassa mengikuti alur sebagai berikut:



Penggunaan laju gas CO₂ yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan

pH larutan karena CO₂ ekse dapat menyebabkan konversi menjadi H₂CO₃ yang dapat menyebabkan penurunan pH media. Dengan kata lain, bila suplai gas CO₂ tidak mencukupi maka mikroalga akan menggunakan karbonate di dalam media untuk menjaga pertumbuhannya (Widjaja et al., 2009). Mikroalga membutuhkan sumber karbon anorganik untuk melakukan proses fotosintesis. Suplai gas CO₂ yang cukup adalah sangat penting bagi proses pertumbuhan mikroalga. Konsentrasi CO₂ secara alami di udara (0,03%) sudah tidak bisa mencukupi lagi kebutuhan karbon untuk pertumbuhan mikroalga sehingga memerlukan suplai dari luar. Secara umum jumlah CO₂ yang harus disuplai tidak melebihi jumlah optimal karena bisa menyebabkan terhambatnya pertumbuhan mikroalga.

Pengaruh Konsentrasi KNO₃ dan pH Media Terhadap Kadar Biomassa



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi KNO₃ dan pH Media Terhadap Kadar Biomassa

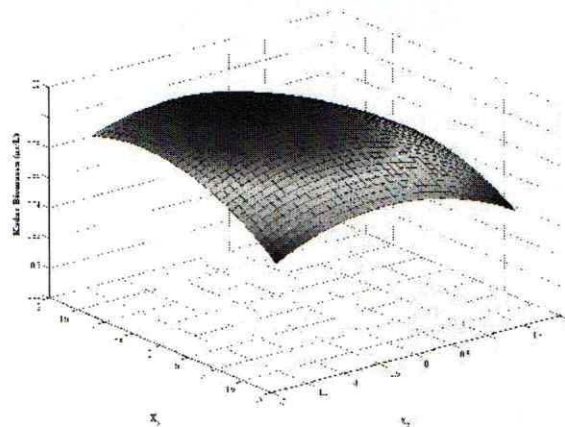
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar biomassa meningkat dengan bertambahnya konsentrasi KNO_3 dan pH media sampai titik optimal dan kemudian turun seiring dengan meningkatnya kadar KNO_3 dan pH media (gambar 2).

KNO_3 merupakan sumber nutrisi bagi mikroalga dalam bentuk nitrogen yang berguna bagi mikroalga untuk tumbuh dan berkembang biak. Penambahan nitrogen ke dalam media dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga. Konsentrasi KNO_3 sebesar 1,98 g/L pada pH 8,37 merupakan kondisi pertumbuhan yang optimal berdasarkan hasil penelitian tersebut. Nitrogen merupakan makronutrisi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga dalam aktifitas metabolisme sel yang meliputi kegiatan transportasi, katabolisme, asimilasi dan utamanya biosintesis. Nitrogen juga berperan dalam sintesis klorofil dan enzim yang mengontrol seluruh proses metabolisme. Nitrogen merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida, nukleotida, nukleoprotein dan sangat penting untuk

pembelahan sel sehingga nitrogen dibutuhkan dalam pertumbuhan (Gardner et al., 1991), sehingga apabila konsentrasi nitrogen di dalam media optimal maka kegiatan metabolisme sel akan berjalan dengan baik termasuk pembentukan klorofil. Dengan kandungan klorofil yang meningkat maka proses fotosintesis akan berjalan dengan optimal dan pertumbuhan mikroalga akan optimal.

Pertumbuhan sel mikroalga meningkat dengan bertambahnya konsentrasi KNO_3 sampai konsentrasi sebesar 1,98 g/L namun akan memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan mikroalga bila konsentrasi KNO_3 ditingkatkan (gambar 5). Hal ini dapat disebabkan oleh konsentrasi nitrogen yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan produksi biomassa dan kultur biakan akan cenderung mengakumulasi sejumlah besar minyak/lipid, protein dan asam nukleat (Becker et al., 1994), sehingga kecenderungan untuk pembentukan karbohidrat akan mengalami penurunan.

Pengaruh Laju Gas CO_2 dan pH Media Terhadap Kadar Biomassa



Gambar 3. Pengaruh laju gas CO_2 dan pH media terhadap biomassa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar biomassa meningkat dengan meningkatnya pH media dan laju gas CO₂ sampai mencapai titik maksimum kemudian turun dengan meningkatnya pH media dan laju gas CO₂ (gambar 3).

pH media merupakan faktor yang penting bagi pertumbuhan mikroalga. pH media yang biasanya digunakan bagi pertumbuhan mikroalga adalah netral atau sedikit asam dengan tujuan untuk mencegah presipitasi beberapa komponen penting di dalam media. Pada penelitian ini untuk pH melebihi 8,53 menunjukkan penurunan pembentukan biomassa mikroalga *Scenedesmus Dimorphus* yang dapat disebabkan oleh presipitasi fosfat dan sulfat yang menyebabkan pengurangan nutrisi di dalam media. Selain itu pH yang tinggi dapat menyebabkan mikroalga mengalami flokulasi sehingga pada saat pengukuran

kadar biomassa terlarut menjadi rendah (Becker, 2003).

KESIMPULAN

Konsentrasi nitrogen (KNO₃) media, laju alir gas CO₂ dan pH media memberikan pengaruh terhadap produksi biomassa mikroalga *Scenedesmus dimorphus*. Produksi biomassa merupakan fungsi kuadrat dari masing-masing variable input dan laju gas CO₂ memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap pertumbuhan biomassa. Produksi biomassa meningkat dengan meningkatnya konsentrasi KNO₃, laju gas CO₂ dan pH media sampai mencapai titik maksimum dan kemudian turun dengan meningkatnya nilai variable input. Kondisi optimum untuk pertumbuhan biomassa adalah konsentrasi KNO₃ sebesar 1,98 g/L, laju gas CO₂ 1,07 mL/menit dan pH media 8,37.

DAFTAR PUSTAKA

- Becker, EN & Venkataraman, LV. 1984. "Production and Utilization of the blue-green alga *Spirulina* in India", *Biomass*, vol. 4, no. 2, pp. 105-125.
- Becker, EW. 2003. *Microalgae biotechnology and microbiology*, Cambridge University Press 125-128.
- Chisti, Y. 2007. "Biodiesel from microalgae", *Biotechnology advances*, vol. 25, no. 3, pp. 294-306.
- Doddapaneni, KK, Tatineni, R, Potumarthi, R & Mangamoori, LN. 2007. "Optimization of media constituents through response surface methodology for improved production of alkaline proteases by *Serratia rubidea*", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 82, no. 8, pp. 721-729.
- Mata, TM, Martins, AA & Caetano, NS. 2010. "Microalgae for biodiesel production and other applications: a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 217-232.

- Myers, RH & Montgomery, DC. 1995. *Response surface methodology – Process and product optimization using designed experiments*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Radaelly G, Fleischer, D, Vick, B, Caspari, M, Weissman, J, & Rice, D. 2009. *Methods for concentrating microalgae*, United States Patent Application 12/339521.
- Riebessel, U, Revill, AT, Holdsworth, DG & Volkman, JK. 2000. "The effects of varying CO₂ concentration on lipid composition and carbon isotope fractionation in *Emiliana huxleyi*", *Geochimica et cosmochimica acta*, vol. 64, no. 24, pp. 4179-4192.
- Sorensen, BH, Nyhohn, N & Baun, A. 1996. "Algal toxicity tests with volatile and hazardous compounds in air-tight test flasks with CO₂ enriched headspace", *Chemosphere*, vol. 32, no. 8, pp. 1513-1526.
- Widjaja, A, Chien, CC & Ju, YH. 2009. "Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*", *Journal of the Taiwan institute of chemical engineers*, vol. 40, no. 1, pp. 13-20.